

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРНИК
СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ
ПРАЦЬ**

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

**№1
(17)**

2025

Вінницький національний аграрний університет

Збірник
студентських наукових праць
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ
№ 1(17), 2025

м. Вінниця 2025

**Збірник студентських наукових праць
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ
№ 1(17), 2025**

**Заснований у 2021 році у Вінницькому національному аграрному університеті під назвою
«Збірник студентських наукових праць. Сільськогосподарські науки»
на засіданні Вченої ради університету**

Засновник:

Вінницький національний аграрний університет

Редакційна колегія:

Головний редактор кандидат технічних наук, професор **Гулько І.В.**

Заступники головного редактора:

кандидат сільськогосподарських наук, професор **Дідур І.М.**;
кандидат технічних наук, доцент **Солоня О.В.**;
кандидат технічних наук, доцент **Яропуд В.М.**;

Члени редакційної колегії:

кандидат технічних наук, доцент **Холодюк О.В.**;
кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Овсієнко С.М.**;
кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Матусяк М.В.**;
доктор сільськогосподарських наук, професор **Ткачук О.П.**;
кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Рудська Н.О.**;
кандидат сільськогосподарських наук, ст. викладач **Забарна Т.А.**;
кандидат ветеринарних наук, доцент **Фаріоник Т.В.**;
кандидат технічних наук, доцент **Коляновська Л.М.**;
студент інженерно-технологічного факультету **Діброва І.В.**;
студент факультету агрономії, садівництва та захисту рослин **Шафорост В.В.**;
студентка факультету технології виробництва, переробки та робототехніки у
тваринництві **Процюк О.В.**

Адреса редакції: **21008, Вінниця, вул. Сонячна, 3, тел. 0432-46-01-05**
Сайт журналу: <https://vsau.org/studentamm/zhurnal-studentskix-naukovix-pracz>

Collection of student research papers
AGRICULTURAL SCIENCES
№ 1(17), 2025

Founded in 2021 at Vinnytsia National Agrarian University under the title «Collection of student research papers. Agricultural sciences» at a meeting of the Academic Council of the University

Founder:
Vinnytsia National Agrarian University

Editorial board:
Editor-in-Chief Candidate of Technical Sciences, Professor Hunko I.

Deputy Editors-in-Chief:
Candidate of Agricultural Sciences, Professor **Didur I.**;
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Solona O.**;
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Yaropud V.**;

Members of the Editorial Board:
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Kholodiuk O.**;
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor **Ovsienko S.**;
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor **Matusiak M.**;
Doctor of Agricultural Sciences, Professor **Tkachuk O.**;
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor **Rudska N.**;
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer **Zabarna T.**;
Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor **Farionyk T.**;
Candidate of Technical Sciences, Art. Teacher **Kolyanovska L.**;
student of the Faculty of Engineering and Technology **Dibrova I.**;
student of the Faculty of Agronomy, Horticulture and Zoology Roslin **Shaforost V.**;
student of the Faculty of Production Technology, Processing and Robotics in Animal Husbandry **Protsyuk O.**

Address of the Editorial Office: **3 Soniachna St. Vinnytsia, 21008, tel. 0432-46-01-05**
Web site of the Journal: <https://vsau.org/studentamm/zhurnal-studentskix-naukovix-pracz>

© Vinnytsia National Agrarian University, 2025

**Збірник студентських наукових праць
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ**

До друку приймаються статті за спеціальностями:

208 Агроінженерія, 133 Галузеве машинобудування, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 181 Харчові технології, 101 Екологія, 201 Агрономія, 202 Захист і карантин рослин, 203 Садівництво та виноградарство, 204 Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва, 205 Лісове господарство, 206 Садово-паркове господарство, 207 Водні біоресурси та аквакультура, 212 Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза, 132 Матеріалознавство.

**Збірник студентських наукових праць
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ
рекомендований для публікації студентських наукових робіт**

Матеріали друкуються українською та англійською мовами.

Номер схвалено і рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Вінницького національного аграрного університету,
протокол № 12 від 29 квітня 2025 року.

Усі права застережені. Тексти статей, таблиці, графічний матеріал, формули захищені законом про авторські права. Передрук і переклад статей дозволяється за згодою авторів. Відповідальність за зміст публікацій і достовірність наведених в них даних та іншої інформації несуть автори статей та їх наукові керівники. Висловлені у надрукованих статтях думки можуть не співпадати з точкою зору редакційної колегії і не покладають на неї ніяких зобов'язань.

Підписано до друку 29 квітня 2025 року

Формат 60x84/8.

Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум. Друк. арк. 59,8. Тираж 100. Зам. № __

Віддруковано у
ТОВ «Едельвейс» (м. Вінниця, вул. 600-річчя, 17)

Свідоцтво про внесення до державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5009 від 10.11.2015

**Collection of student research papers
AGRICULTURAL SCIENCES**

Articles by specialties are accepted for publication:

208 Agroengineering, 133 Mechanical Engineering, 141 Electricity, Electrical Engineering and Electromechanics, 181 Food Technologies, 101 Ecology, 201 Agronomy, 202 Plant Protection and Quarantine, 203 Horticulture and Viticulture, 204 Technology of Production and Processing of Livestock Products, 205 Forestry, 206 Horticulture, 207 Aquatic Bioresources and Aquaculture, 212 Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise, 132 Materials Science.

**Collection of student research papers
AGRICULTURAL SCIENCES
recommended for publication of student scientific works**

Materials are published in Ukrainian and English.

The issue was approved and recommended for publication by the decision of the Academic Council of Vinnytsia National Agrarian University, Minutes № 12 dated April 29, 2025.

All rights reserved. Texts of articles, tables, graphic material, formulas are protected by copyright law. Reprinting and translation of articles is permitted with the consent of the authors. The authors of articles and their supervisors are responsible for the content of publications and the accuracy of the data and other information provided in them. Opinions expressed in published articles may not coincide with the point of view of the editorial board and do not impose any obligations on it.

Signed for printing on April 29, 2025

Format 60x84/8.

Offset paper. Offset printing.

Mind. Printing. Ark. 59,8. Circulation 100. Deputy. No __

Printed at
LLC «Edelweiss» (Vinnytsia, 17, 600th Anniversary Street)

Certificate of entry into the State Register of Publishers, Manufacturers and Distributors of Publishing Products DK No 5009 dated 10/11/2015

ЗМІСТ

НАПРЯМ 1. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИЦТВА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ	16
Д. БАГРІЙ. ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОСТИМУЛЯТОРАМИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СХОЖОСТІ ТА ЖИТТЄЗДАТНОСТІ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН	16
В. БАНАХ. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ВНЕСЕННЯ ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО	23
О. БАСІСТІЙ. ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ ЯК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ ТА ЕКОНОМІЧНО ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ	29
А. БЕРЕЗОВА. КОРИСНІ КІМНАТНІ РОСЛИНИ	34
М. БІЛОСТЕГНЮК. ФІТОНЦИДНИЙ МЕТОД ЗАХИСТУ РОСЛИН	40
А. БОБЧАК. ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН І ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ	46
І. ВАРГА. ХВОЩЕПОДІБНІ, АБО ЕКВІЗЕТОФІТИ (EQUISETORNYTA): ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗНАЧЕННЯ	54
Д. ВОНСОВИЧ. ВПЛИВ ІНВАЗИВНИХ ВИДІВ КОМАХ НА МІСЦЕВІ ЕКОСИСТЕМИ	60
Б. ВОРОНА. ГЕНЕТИКА ОЗНАК ПРОСА	66
А. ГОЛОСКЕВИЧ-ВАСИЛЕЦЬ. АЛЕЛОПАТІЯ: ЯК РОСЛИНИ ВПЛИВАЮТЬ ОДНА НА ОДНУ ЧЕРЕЗ ХІМІЧНІ СПОЛУКИ	72
А. ГРИГОРУК. ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ ТА НАКОПИЧЕННЯ ЇХ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ	78
В. ДЕРКАЧ. ВИКОРИСТАННЯ ФІТОНЦИДНИХ РОСЛИН ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЛЮДЕЙ	84
А. ЗАДНІПРЯК. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	90
Р. ЗАЯЦЬ. МІКРООГРАНІЗМИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	97
Д. КАЛІНА. ОХОРОНА ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ	102
Л. КАПШИЦЬКА. ПЕРСИКОВА ПЛОДОЖЕРКА	112
Б. КИРИЛЮК. РОЛЬ ҐРУНТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОСИСТЕМ	118
Д. КЛЕШКО. РОЛЬ СОВКИ ЛЮЦЕРНОВОЇ (<i>HELIOTHIS VIRIPLACA</i>) В ЕКОСИСТЕМАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР: БІОЛОГІЯ, ВПЛИВ НА ВРОЖАЇ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ	125
М. КОЗАР. МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ	134
О. КРАВЧУК. РОЛЬ ФІТОНЦИДНИХ РОСЛИН У ФІТОДИЗАЙНІ	141

Д. МАЙДАНОВ. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ТА УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ	147
В. МАНІЛКО. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ	155
О. МАЛЯРЕНКО. ВУЗЬКОЗЛАТКА ЯСЕНЕВА СМАРАГДОВА: ПОШИРЕННЯ ТА ШКОДОЧИНІСТЬ	162
Н. МЕЛЬНИК. КЛАСИФІКАЦІЯ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ	172
О. МЕЛЬНИК. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИДЕРАТИВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ПОТРЕБИ У МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВАХ	178
О. МИКИЧУР. ВПЛИВ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	185
О. МОСКАЛЮК. ТЕХНОЛОГІЯ STRIPTILL У ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ	192
Д. НАЛУЦИШЕНА. АНАЛІЗ СОРТІВ ГОРОХУ ЗА ПОХОДЖЕННЯМ В РЕЄСТРІ УКРАЇНИ НА 2024 РІК	198
М. ОПЛАКАНСЬКИЙ. МАРКЕР-АСОЦІЙОВАНА СЕЛЕКЦІЯ. ГЕНОМНІ МАРКЕРИ ЯК ВИД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ У СЕЛЕКЦІЇ РОСЛИН	204
А. ОПОЛЬСЬКИЙ. ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА В УМОВАХ ВІННИЧЧИНИ	210
В. ПРИСЯЖНЮК. «ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО»	218
В. ПРОТАСОВА. ВПЛИВ РІЗНИХ ВИДІВ ДОБРИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЧАСНИКУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	223
Я. РОМАНЕНКО. РОЛЬ АЗОТФІКСУЮЧИХ БАКТЕРІЙ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	229
В. РУДНЄВ. HOW TO WORK WITH PESTICIDES?	235
А. СВИСТУН. АНАЛІЗ СОРТОВОГО СКЛАДУ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В РЕЄСТРІ СОРТІВ РОСЛИН ПРИДАТНИХ ДЛЯ ПОШИРЕННЯ В УКРАЇНІ	240
Н. СИРОТЮК. ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ БУР'ЯНІВ НА КУЛЬТУРНІ РОСЛИНИ	246
В. СКАКУН. ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ: РОСЛИНИ ЯК ОЧИЩУВАЧІ ДОВКІЛЛЯ	251
Д. ТЕЛІЖИНСЬКИЙ. SOIL EROSION IN UKRAINE: CAUSES, CONSEQUENCES AND PROTECTION MEASURES	257
О. ТКАЧ. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ В ПОСІВАХ ПОЛЬВИХ КУЛЬТУР ШЛЯХОМ БЕЗПОЛИЦЕВОГО РОЗПУШУВАННЯ	263
М. ШЕСТОПАЛЬКО. ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ В УКРАЇНІ: СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЇ ТА ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ	271

М. ШТИПА. ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЗНАК ПШЕНИЦІ	277
НАПРЯМ 2. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЇ, ЛІСОВОГО ТА САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА	284
А. БЕВЗ. ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В МІСЬКИХ УМОВАХ	284
А. ГРИЦЮК. ВПЛИВ МІКРОПЛАСТИКА НА ХАРЧОВІ ЛАНЦЮГИ	288
Н. ДАВИДЕНКО. ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ	294
В. ЖУРБЕЛЮК. ВПЛИВ СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ЗДОРОВ'Я, ДОВКІЛЛЯ ТА АСТРОНОМІЮ: КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ	300
О. САНДУЛЯК. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ТИВРІВСЬКОГО ЛІСНИЦТВА	305
D. PŁAKIDA. ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF THE USE OF CHEMICAL WEAPONS	312
А. РУЖИЦЬКА. ЗДОРОВЕ ХАРЧУВАННЯ БЕЗ ШКОДИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ	317
І. СВЕРЛОВИЧ. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧОК ГНИЛОП'ЯТА ТА ПОСТОЛОВА В МЕЖАХ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	325
Ю. КРИВА. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ НАПРЯМОК МІНІМІЗАЦІЇ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	332
О. ТИМОЩУК. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ БІОТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	337
Б. ПОБЕРЕЖНИЙ. ОЦІНКА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	346
М. КЛИМЮК. ПРИЧИНИ ВСИХАННЯ ГРАБА ЗВИЧАЙНОГО ТА МЕТОДИ БОРОТЬБИ З НИМИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ	352
А. ЛУЦЕНКО. ПРОБЛЕМИ СТОВБУРОВИХ ШКІДНИКІВ В УКРАЇНІ	358
В. МЕЛЬНИК. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВИНИ	363
А. МОНАСТИРСЬКИЙ. ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ РОСЛИН У РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВАХ	371
Я. ДОВГАЛЮК. ЕУСТОМА: ПОПУЛЯРНІ СОРТИ ТА СЕРІЇ, ПЕРЕВАГИ СЕРЕД ІНШИХ, УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ТА РИЗИКИ	380
К. КРИМЕЦЬ. РІЗНОВИДИ ГАЗОННИХ ПОКРИТІВ, ВИДИ ТРАВ ДЛЯ ЇХ СТВОРЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ДОГЛЯДУ	384
З. ПЕРВАЧУК. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ В ОЗЕЛЕНЕННІ РОДУ ПЕТУНІЯ (PETUNIA)	392

А. ПУНЬКО. РОЛЬ БОТАНІЧНИХ САДІВ У ЗБЕРЕЖЕННІ БІОРИЗНОМАНІТТЯ	398
А. ТВЕРДОХЛІБ. ПСИХОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ КВІТІВ НА ЛЮДИНУ: КОЛОРИСТИКА ТА АРОМАТЕРАПІЯ	404
Є. ХЛОПКО. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ТРОЯНД НА ЗРІЗВ УКРАЇНІ ТРОЯНД НА ЗРІЗ В УКРАЇНІ	411
М. СТЕБЛИНА. ВИКОРИСТАННЯ КАМЕНЮ В ОЗЕЛЕНЕННІ ТА ЙОГО АЛЬТЕРНАТИВИ	418
С. СУШКО. ОФІСНІ РОСЛИНИ: ЯК ЗЕЛЕНИЙ ПРОСТІР ВПЛИВАЄ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ	423
М. ЩЕКАЛЬОВ. КИТАЙСЬКІ ТА ЯПОНСЬКІ ТРАДИЦІЇ ІНТЕР'ЄРНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ	428
Є. СІКОРСЬКА. АНАЛІЗ ТИПОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ М. ВІННИЦІ	433
Х. ПЕТЛІНСЬКА. КІМНАТНІ РОСЛИНИ, ЯКІ ОЧИЩУЮТЬ ПОВІТРЯ: ПРИРОДНІ ФІЛЬТРИ У ВАШОМУ ДОМІ	439
М. МАРЧЕНКО. ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЗНАК СОЇ ТА ЇЇ ПОТЕНЦІАЛ	444
 НАПРЯМ 3. ЕНЕРГООЩАДНІ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ	451
О. КОЧМАРУК. МЕТОДИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БЕЗПЕРЕБІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	451
О. МЕЛЬНИК. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ТЕСТУВАННЯ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ З ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ДЕФЕКТІВ МЕТОДОМ ІМПУЛЬСНОГО РЕФЛЕКТОМЕТРУ	458
М. НЕЗБУТНІЙ. ОЦІНКА ВПЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ ТА СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ	465
В. ОСАВОЛЮК. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ АГРОІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ СУШІННЯ ГНОЮ ТА ПОСЛІДУ	473
М. ПРИТОЛЮК. СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗНАЧЕННЯ У СУЧАСНОМУ СВІТІ	478
М. СТЕПАНЕНКО. USE OF MODERN AUTOMATED TECHNOLOGIES IN FARMING	486
О. СВІДЕРСЬКИЙ. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ІНЕРЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ПНЕВМАТИЧНОГО НАВАНТАЖУВАЧА КОНЮШИНИ	491
А. БЛАЩУК. ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗБОРУ ВРОЖАЮ	497
М.ЯЦЮК. КОМБІНОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МІСЦЕВОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ В ТВАРИННИЦЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ	501

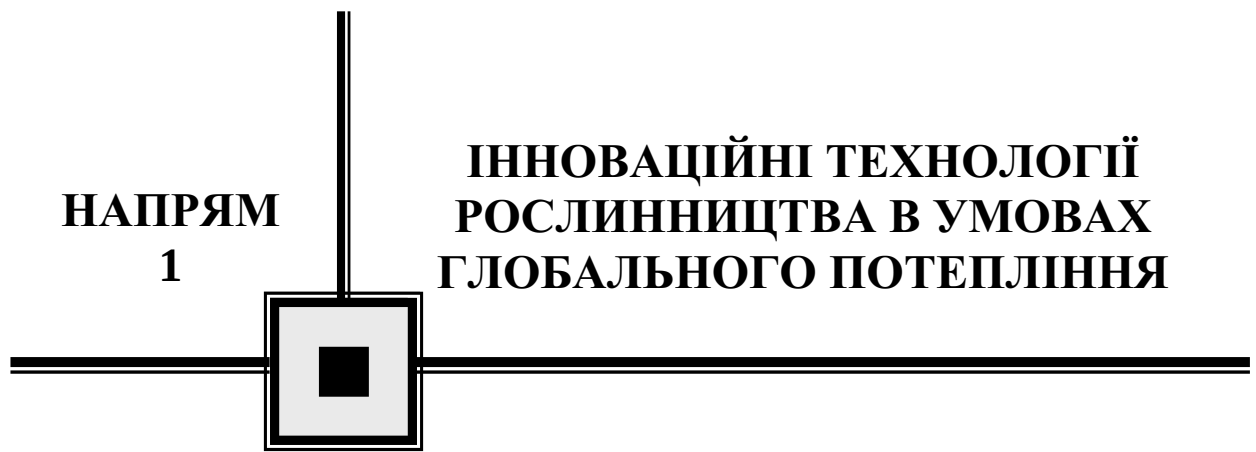
А. КОЖУХАР. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ	507
М. МИХАЙЛОВСЬКА. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	514
Т. ОСАДЧИЙ. ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ МОБІЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ В АГРОВИРОБНИЦТВІ	520
В. БАЗАЛИЦЬКИЙ. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПОДІЛЬНИКІВ ЗОЛОТНИКОВОГО ТИПУ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ	526
Б. БЕРЕЖНИЙ. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ: КРИВОШИПНО-ШАТУННИЙ МЕХАНІЗМ І ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВА ГРУПА	534
А. ДЯЧЕНКО. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИХ СИСТЕМ ПІДВІСКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА РІШЕННЯ	542
О. ДОВГАЛЮК. ВИКОРИСТАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ПІДЙОМНИКІВ У РЕМОНТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ: ВІД ПРОБЛЕМ ДО РІШЕНЬ	550
Л. ФАЙДЕВИЧ. ОЦІНКА КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР	558
Р. ГРОМЛЮК. МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У МІСЬКІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ	565
Н. ГАЛЬОМКО. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗНОСУ ЗАКОЧУВАЛЬНИХ РОЛИКІВ НА ЯКІСТЬ ШВА ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ ЗАКОЧУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В ПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	571
М. ІВАНОВ. АНАЛІЗ АЕРОДИНАМІКИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ТА ПНЕВМОМЕРЕЖІ	579
Л. САДКІВСЬКА. ДИЗЕЛЬНІ ДВИГУНИ: МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ ТА МАЙБУТНЄ	586
В. ШЕВЧУК. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ	592
В. ШКУТА. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ГІДРАВЛІЧНИМИ МЕХАНІЗМАМИ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ	600
В. ЯСІНСЬКИЙ. ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ НЕСИМЕТРІЄЮ РЕЖИМУ В ЧОТИРИПРОВІДНІЙ ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ЯК ЗАДАЧА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ	608
В. ЮЗЬКО. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ: YOLOV8N ТА SORT У ДІЇ	615
V. NAGORYANSKA. EXPEDIENCY OF USING FLAT-PUNCHED SIEVES IN GRAIN CLEANING MACHINES	620
О. БАНАХ. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПІДБОРУ ЯБЛУК З ЗЕМЛІ МЕТОДОМ ЗГРІБАННЯ	624

С. ЧЕПІЛЬ. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛОВИХ ВИТРАТ БУДІВЕЛЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	630
Р. КРАВЕЦЬ. ТРАНСФОРМАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ: ШЛЯХ ДО ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ТА АВТОНОМНОСТІ	637
М. GERMANOVSKYI. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	642
В. ХРИЩЕНЮК. АДАПТЕРИ ТА ПРИСТОСУВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКА	647
О. СОЛЯР. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	655
А. ДІДЕНКО. ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО: ОРГАНІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ТА ЙОГО ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ	661
В. ДОМОЖИРОВ. БЕЗПЛОТНИКИ: ВІД ФАНТАСТИКИ ДО РЕАЛЬНОСТІ - ЯК ДРОНИ ЗМІНЮЮТЬ СВІТ	666
О. ВАЛЬЧУК. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	671
НАПРЯМ 4. ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ СУЧАСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ.	678
О. ДАВИМОКА. ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНЖЕНЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	684
М. КЛЕКІТ. РОЗРОБКА ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ СХИЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ	690
І. МУЛЯР. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ ТРАКТОРАМИ	695
Д. РЕЗНІК. ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ: ПРИНЦИПИ ТА ЗАВДАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ	701
Е. СЕВАСТ'ЯНОВ. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СЕПАРАЦІЇ ВХІДНОГО ТРУБИ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА ПРОДУКТІВ БІОКОНВЕРСІЇ	710
І. ШКВАРИЛО. ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ І УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ШПАРУВАТОСТІ ҐРУНТУ	716
А. АРЦЕБАШЕВ. МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ПИТОМИХ ТИСКІВ КОЛІС ТРАКТОРА НА ҐРУНТ І ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ОПОРУ КОЧЕННЮ	722
І. ДІБРОВА. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СОШНИКА ДЛЯ РОЗПОДІЛУ ДОБРІВ ПО ШИРИНІ РЯДКА	728

В. ГАНЖА. ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КУТА РОЗХИЛУ ТРОСОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ КУЛЬТИВАТОРА	734
Є. ПОСНИЙ. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОШИРЕННЯ КОЛИВАНЬ У ҐРУНТІ ПІД ЧАС ВІБРАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА НЬОГО РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА	741
V. TRYMALYUK. TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGHS IN PLANT CULTIVATION FOR BETTER YIELDS USING THE EXAMPLE OF “SMART” GREENHOUSES	746
І. ЗАХАРЧУК. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ШАРІ ҐРУНТУ ПРИ НАГРІВАННІ УЛЬТРАВИСОКОЧАСТОТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ	753
В. БІЛИЙ. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАЛОГАБАРИТНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ	760
В. ДЕРУНЕЦЬ. ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК АГРЕГАТУ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОҐРУНТОВОГО ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ	767
М. КАРПЕНКО. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОНІТОРИНГУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ	772
В. ХОМЕНКО. ОЧИЩЕННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	780
М. КРАВЕЦЬ. ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЇ СЕГМЕНТІВ НА РОБОТУ СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВИХ РІЖУЧИХ АПАРАТІВ: ПРОБЛЕМИ ТА МОЖЛИВІ РІШЕННЯ	789
В. НАГОРЯНСЬКА. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА СТРІЧКОВИМИ ЗЕРНОМЕТАМИ	797
А. НАСОБКОВ. РОЗРАХУНОК ОБІГРІВУ ТЕПЛИЦІ ЗАВДЯКИ СОНЯЧНИМ ПАНЕЛЯМ	803
П. НАВАЖАНЮК. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНИХ СЕЛЕКЦІЙНИХ СІВАЛОК	809
М. ПАВЛИШИН. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	814
В. ПЛЯШКО. РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ	822
В. РОЄЦЬКИЙ. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ В УМОВАХ СУЧАСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА	830
Ю. РИСЮК. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ	834
Ю. ЗЕЛІНСЬКА. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ПОТОКУ В АГРЕГАТІ ДЛЯ АЕРОЗОЛЬНОЇ ОБРОБКИ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР	841

В. КРИСТОФОРОВ. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМА ПОЗНАЧЕНЬ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ	847
М. ШИНКАРУК. ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМИ ТОЧНОГО ТВАРИННИЦТВА	855
A. SLOBODYANYUK. STRUCTURE OF THE DEVICE FOR CLEANING SEEDS OF AGRICULTURAL CROPS	859
П. ТКАЧ. АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ НА ОСНОВІ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ	867
О. ВАЛЬЧУК. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ	873
В. КРИЖОВ. ДОСЛІДЖЕННЯ НІКЕЛЮВАННЯ СИНТЕТИЧНИХ АЛМАЗІВ ЯК КОМПОНЕНТА ЗНОСОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АПК	880
М. СЕМКО. ПЕРСПЕКТИВИ ТА СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ МАШИН В АГРОВИРОБНИЦТВІ	886
A. ЯЦИШЕН. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В АГОПРОМИСЛОВОСТІ: ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	891
Y. Riabyi. РОЗРОБКА РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОЛЬОВИХ РОБІТ (DEVELOPMENT OF ROBOTIC SYSTEMS FOR FIELDWORK)	896
<i>НАПРЯМ 5. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РІШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА</i>	902
В. АСТАХОВА. ВПЛИВ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПЕРІОДІВ НА МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРІВ	902
М. ГРАБЧАК. ОСОБЛИВОСТІ РОЗДОЮВАННЯ КОРІВ	908
Л. ДІБРОВА. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СВИЩЕВИХ МАТОК	912
О. ДУДНИК. ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ У ПРОЦЕСІ ВІДЛУЧЕННЯ ПОРОСЯТ ВІД СВИНОМАТКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	916
С. ЖУЧЕНКО. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА НА МОЛОЧНИХ ФЕРМАХ ПОДІЛЬСЬКОГО РЕГІОНУ	922
П. ЗАЇКА. ПОРОДИ КРОЛІВ З НАЙКРАЩИМИ М'ЯСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	927
A. КАРАСИК. ТАЄМНИЦІ БДЖОЛИНОГО ПРОПОЛІСУ	930
A. КОВЧУК. ПОРОДНІ ОСОБЛИВОСТІ ОВЕЦЬ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІ ПОКАЗНИКИ	936
В. ЖОЛНОВСЬКА. ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ У СОБАК ТА КОТІВ. СИМПТОМИ ТА ЛІКУВАННЯ	944

А. МАТЕЄНКО. БЕЗПЕЧНІСТЬ АНЕСТЕЗІЇ У СТАРИХ ТА ХВОРИХ ТВАРИН	949
НАПРЯМ 6. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ	954
В. ОМЕЛЬЧЕНКО. ПОЖИВНИЙ СКЛАД ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЙОГУРТУ З КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА З РІЗНИМ ДОДАВАННЯМ ФРУКТІВ ТА ЧАСОМ ЗБЕРІГАННЯ	954
А. БОНДАР. РОЛЬ ФЕЙХОА В ФОРМУВАННІ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАМОРОЖЕНИХ ДЕСЕРТІВ	960
А. БІГАС. ВИРОБНИЦТВО МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ДОДАВАННЯМ ФРУКТІВ	967
Г. КОВАЛЬЧУК. ІННОВАЦІЙНІ ЖИРОЗАМІННИКИ: МАЙБУТНЄ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ	974
М. ПОПІВНЮК. ФОРМУВАННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАРГАРИНІВ НА ОСНОВІ КУПАЖОВАНИХ ЖИРІВ	980
А. СОЛТАНОВСЬКА. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ М'ЯКОТІ ГАРБУЗА ЯК НАПОВНЮВАЧА ДЛЯ ЙОГУРТУ	987
В. БАБІЙ. ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ	995
Д. ГОЛОВКО. ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ БДЖІЛЬНИЦТВА У СИРОВ'ЯЛЕНИХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТАХ	1001
І. ДОБРОВ. ВИКОРИСТАННЯ АМАРАНТОВОГО БОРОШНА У ХЛІБОПЕЧЕННІ	1004
Н. ЛЮБЧИЧ. ПОЖИВНА ЦІННІСТЬ М'ЯСА КРОЛИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ У ФУНКЦІОНАЛЬНИХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТАХ	1010
А. МАРЧЕНКО. ВПЛИВ РІЗНИХ ВИДІВ БОРОШНА НА ЯКІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ	1014



НАПРЯМ

1

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИЦТВА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

Діана БАГРІЙ¹,
студентка 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОСТИМУЛЯТОРАМИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СХОЖОСТІ ТА ЖИТТЄЗДАТНОСТІ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН

Анотація. У даній статті розглянуто використання біостимуляторів для обробки насіння з метою поліпшення схожості та життєздатності культурних рослин. Оцінено вплив біостимуляторів на показники енергії проростання, дружності проростання та біометричні характеристики проростків різних культур, зокрема чини посівної. Зазначено, що застосування таких препаратів, як Епін-Екстра, Циркон, Триходермін-Біо, сприяє покращенню основних посівних якостей, а саме збільшенню енергії проростання, дружності проростання, довжини і маси проростків. Це позитивно впливає на врожайність та якість продукції, а також дає змогу зменшити потребу в хімічних добривах, що є важливим для екологічно безпечного землеробства.

Ключові слова: біостимулятори, обробка насіння, схожість, життєздатність, енергія проростання, дружність проростання, екологічно-безпечне землеробство.

Annotation. This article examines the use of biostimulants for seed treatment to improve germination and viability of cultivated plants. The impact of biostimulants on germination energy, germination compatibility, and biometric characteristics of seedlings of various crops, in particular, seeding grade, was assessed. It was noted that the use of such drugs as Epin-Extra, Zircon, and Trichodermin-Bio helps improve the main sowing qualities, namely, increasing germination energy, germination compatibility, length, and mass of seedlings. This has a positive effect on yield and

¹Науковий керівник – Амонс С.Е., канд. с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

product quality, and also makes it possible to reduce the need for chemical fertilizers, which is important for environmentally friendly agriculture.

Keywords: *biostimulants, seed treatment, germination, viability, germination energy, germination friendliness, environmentally friendly agriculture*

Вступ. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур спрямовані на забезпечення рослин необхідними елементами мінерального живлення для досягнення високих урожаїв. Однак, з метою досягнення оптимального росту та розвитку рослин часто вдаються до застосування дорогих мінеральних добрив, що суттєво збільшує витрати на виробництво сільськогосподарської продукції. Це, у свою чергу, може знижувати економічну ефективність аграрного виробництва. Враховуючи значне навантаження на фінансові ресурси українських аграріїв, питання зменшення витрат на агрохімічне забезпечення технологій, зокрема на придбання добрив, набуває особливої актуальності. Пошук більш економічно вигідних і екологічно безпечних альтернативних підходів до підживлення культур, таких як використання органічних добрив, біологічних препаратів та інноваційних методів агрохімічного забезпечення, може стати ключовим фактором для підвищення прибутковості сільськогосподарського виробництва в Україні [1].

Виклад основного матеріалу. Біостимулятори для рослин не слід плутати з регуляторами росту, оскільки це різні засоби з відмінними механізмами та принципами дії. Регулятори росту, до яких відносяться стимулятори та інгібітори, здебільшого є рослинними гормонами або речовинами, подібними до гормонів. Вони впливають на ростові процеси, прискорюючи або сповільнюючи їх залежно від потреби. Натомість біостимулятори мають інше призначення.

Біостимулятори — це речовини природного або синтетичного походження, які стимулюють ріст і розвиток рослин, покращуючи їх стійкість до несприятливих умов. Вони містять різні активні компоненти, такі як амінокислоти, вітаміни, гормони, ферменти та інші біологічно активні речовини. Застосування біостимуляторів дозволяє оптимізувати фізіологічні процеси в рослинах, що призводить до підвищення врожайності та поліпшення якості продукції.

Одним з ключових факторів підвищення врожайності є покращення схожості насіння. Біостимулятори, застосовані для передпосівної обробки, сприяють швидкому проростанню насіння, підвищуючи енергію проростання та рівномірність сходів. Це дозволяє отримати більш густі та однорідні сходи, що, у свою чергу, сприяє кращому засвоєнню поживних речовин та вологи з ґрунту. Крім того, обробка насіння біостимуляторами підвищує стійкість рослин до несприятливих факторів, таких як посуха, низькі температури, хвороби та шкідники [2].



Рис.1. Стимуляція проростання [3]

Види біостимуляторів та їхня дія на рослини:

- Мікробні препарати: містять живі бактерії та гриби або їхні метаболіти. Вони стимулюють виділення органічних кислот кореневою системою рослин, що сприяє розчиненню важкодоступних речовин у субстраті, підвищуючи доступність елементів живлення.

•



Рис.2. Внесення мікробних біопрепаратів [4]

- Амінокислоти та пептиди (білогідролізати): це суміші пептидів і амінокислот, отримані шляхом гідролізу білків тваринного чи рослинного походження. Вони стимулюють метаболізм вуглецю та азоту, підвищують їх асиміляцію, а також регулюють ферменти фотосинтетичного циклу.

- Гумати та фульвові кислоти: сприяють підвищенню доступності фосфору та інших елементів живлення для рослин, активізуючи перенесення іонів і метаболітів через клітинну мембрану. Вони також мають ауксин-, цитокінін- та гібереліно подібну активність, стимулюючи розвиток кореневої системи.



Рис.3. Гумати [5]

- Екстракти морських водоростей: містять полісахариди, фітогормони, амінокислоти та мікроелементи. Вони стимулюють роботу кореневої системи, нормалізують транспірацію та підвищують міцність клітинної мембрани, знижуючи чутливість рослин до стресових факторів.



Рис.4. Екстракти морських водоростей [6]

- Мікроелементи такі як Al, Co, Se та Si можуть посилювати роботу ферментів, стимулювати синтез фітогормонів, а також впливати на терморегуляцію і транспірацію в рослинах [2].

Амінокислоти, що містяться в біостимуляторах, можуть мати різне походження: рослинне, тваринне або синтетичне. Основна відмінність між ними полягає в їх засвоєнні рослиною. Діюча речовина проникає в рослину через пори та продихи. Чим менші молекули амінокислот, тим швидше і ефективніше вони засвоюються рослиною. Розмір пор, через які проникають амінокислоти, становить 40-45 нм. Синтетичні та тваринні амінокислоти мають розмір молекул 60-70 нм, тоді як рослинні амінокислоти — 30-40 нм. Тому рослинні амінокислоти проникають у рослину швидше і дієвіше переміщуються в її тканинах [7].

Наукові дослідження викладачів українських університетів засвідчили, що обробка насіння бобових культур, таких як чина посівна, харчова сочевиця та боби кормові, біостимуляторами впливає на посівні якості та біометричні показники корінців і проростків. Зокрема, усі досліджувані препарати сприяли підвищенню енергії проростання насіння чини посівної сорту "Іволга" (табл. 1). Передпосівна обробка насіння препаратами Триходермін-Біо та Крезацин забезпечила збільшення енергії проростання на 0,6 % і 0,5 % відповідно. Найкращий результат спостерігався при використанні препаратів Епін-Екстра та Циркон, які підвищили енергію проростання на 1 %.

Таким чином, застосування біостимуляторів має позитивний вплив на якість насіння, сприяючи поліпшенню його енергетичних і ростових характеристик.

Біостимулятори по-різному впливали на схожість насіння чини посівної. Обробка насіння препаратами Епін-екстра та Циркон підвищувала показник схожості на 2 %, тоді як застосування Триходерміну-Біо збільшувало цей показник на 1 %, а використання Крезацину не мало впливу на схожість.

Усі досліджувані препарати сприяли підвищенню дружності проростання насіння чини посівної. Аналіз показав, що обробка насіння Триходерміном-Біо

та Крезацином підвищила цей показник на 0,9 %. Найкращі результати спостерігалися при використанні препаратів Епін-екстра та Циркон: дружність проростання зросла на 1,9 % і 2,2 % відповідно.

Таблиця 1. Вплив біостимуляторів на посівні якості чини посівної сорту Іволга

Варіант досліджу	Енергія проростання		Схожість		Дружність проростання	
	%	± % до контролю	%	± % до контролю	%	± % до контролю
Контроль	84,0	-	89,0	-	22,1	-
Триходермін-Біо (2 мл/л)	84,6	+0,6	90,0	+1	23,0	+0,9
Епін-екстра (1 мл/л)	85,0	+1	91,0	+2	24,0	+1,9
Циркон (2 мл/л)	85,0	+1	91,0	+2	24,3	+2,2
Крезацин (2 мл/л)	85,5	+0,5	89,0	0	23,0	+0,9

**Примітка: За результатами досліджень науковців [8]*

Пророщування насіння чини посівної сорту «Іволга» в контрольному варіанті показало такі результати: довжина проростка становила 2,76 см, довжина корінця – 2,40 см, а маса проростка – 0,12 г (табл. 2).

Отже, ці дані свідчать про позитивний вплив окремих біостимуляторів на проростання та початковий розвиток насіння чини посівної.

Таблиця 2. Вплив біостимуляторів на біометричні показники проростків чини посівної сорту Іволга

Варіант досліджу	Довжина проростка		Довжина корінця		Маса проростка	
	см	± % до контролю	см	± % до контролю	г	± % до контролю
Контроль	2,76	-	2,40	-	0,12	-
Триходермін-Біо (2 мл/л)	3,09	+0,33	2,63	+0,23	0,14	+0,2
Епін-екстра (1 мл/л)	3,18	+0,42	2,66	+0,26	0,15	+0,03
Циркон (2 мл/л)	2,88	+0,12	2,48	+0,8	0,13	+0,01
Крезацин (2 мл/л)	2,75	-0,1	2,40	0	0,12	0

**Примітка: За результатами досліджень науковців [8]*

Використання біостимуляторів сприяло суттєвому подовженню проростків чини посівної. Встановлено, що застосування препарату Триходермін-Біо забезпечило збільшення довжини проростків на 0,33 см, а препарат Епін-екстра — на 0,42 см. Подовження корінців також було помітним при використанні цих препаратів: довжина корінця збільшилася на 0,23 см при застосуванні Триходерміну-Біо та на 0,26 см при використанні Епін-екстра.

Найбільше зростання біомаси проростків спостерігалось у варіанті з Триходерміном-Біо, де вона збільшилася на 0,2 г.

В результаті, для підвищення посівних якостей насіння чини посівної доцільно застосовувати біостимулятори Епін-екстра та Циркон [8].

У сучасному сільському господарстві все більше значення надається екологічно безпечним методам вирощування культур. Біостимулятори відіграють важливу роль у таких технологіях, оскільки дозволяють значно підвищити ефективність агрономічних практик, зберігаючи при цьому екологічний баланс і зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище.

Переваги екологічно безпечного використання біостимуляторів у рослинництві:

- Зменшення хімічного навантаження на довкілля. Однією з головних переваг використання біостимуляторів є зменшення потреби у застосуванні хімічних добрив і пестицидів. Завдяки тому, що ці препарати підвищують ефективність засвоєння елементів живлення рослинами, природні ресурси ґрунту використовуються більш ефективно. Це зменшує ризик забруднення ґрунтів і водних ресурсів, оскільки зменшується кількість синтетичних хімічних препаратів, що можуть викликати еутрофікацію водойм і негативно впливати на організми, що мешкають у ґрунті [9].

- Покращення здоров'я ґрунту та біорізноманіття. Біостимулятори не лише покращують розвиток рослин, а й стимулюють активність корисних мікроорганізмів у ґрунті. Бактерії, гриби та інші мікроорганізми, що активізуються під їх впливом, можуть допомогти відновити й зберегти структуру ґрунту, поліпшити його водоутримувальні властивості та сприяти загальному здоров'ю рослин. Це важливо для підтримки родючості ґрунтів і зменшення потреби в хімічних добривах, що можуть порушувати природні процеси землеробства [10].

- Підвищення стійкості рослин до стресових факторів. Сучасні біостимулятори можуть покращувати стійкість рослин до різних стресів, таких як посуха, хвороби, заморозки або механічні пошкодження. Вони активують природні захисні механізми рослин, що дозволяє знизити використання хімічних засобів захисту, зменшити втрати від шкідників і хвороб та поліпшити виживання рослин у несприятливих умовах. Дослідження показують, що біостимулятори, що містять рослинні екстракти або мікроорганізми, здатні збільшити природну стійкість рослин до шкідливих бактерій і грибків, що, в свою чергу, знижує потребу в пестицидах. Це сприяє покращенню екологічного стану агросфери і знижує навантаження на екосистему [11].

- Підвищення якості сільськогосподарської продукції. Біостимулятори можуть значно поліпшити якість врожаю. Вони стимулюють більш інтенсивний розвиток рослин, що призводить до збільшення кількості корисних речовин у продукції, таких як вітаміни, мінерали, антиоксиданти та інші біологічно активні сполуки. Це особливо важливо в органічному землеробстві, де потреба в застосуванні синтетичних хімічних засобів строго обмежена. Більшість досліджень показали, що застосування біостимуляторів може покращити якість зерна,

підвищити вміст білка, знизити рівень токсичних елементів у продукті та збільшити врожайність, що є важливим для забезпечення продовольчої безпеки [12].

- Підвищення ефективності використання ресурсів. Біостимулятори дозволяють більш ефективно використовувати воду, мінеральні елементи та інші ресурси для росту рослин. В умовах посухи вони допомагають зберігати вологу в ґрунті, покращують ефективність поглинання води та поживних елементів з ґрунту, зменшуючи необхідність у додатковому зрошенні та підживленні. Це дозволяє знизити витрати на водні та енергетичні ресурси, що є важливим для сталого розвитку сільського господарства [12].

- Покращення продуктивності та стійкості до змін клімату. В умовах змін клімату біостимулятори можуть допомогти адаптувати сільськогосподарські культури до нових кліматичних умов, таких як зміна температури, нерегулярні опади та інші екстремальні погодні явища. Вони сприяють підвищенню стійкості рослин до стресових факторів, таких як посуха або висока температура, що є особливо важливим в умовах глобальних змін клімату.

Висновки. Використання біостимуляторів, таких як Епін-Екстра, Циркон та Триходермін-Біо, для передпосівної обробки насіння є ефективним методом підвищення схожості та життєздатності культурних рослин. Застосування цих препаратів сприяє покращенню посівних якостей насіння, зокрема енергії проростання, дружності проростків, а також забезпечує рівномірність і швидкість проростання. Також оброблене насіння виявляє більшу стійкість до несприятливих умов, що сприяє гармонійному розвитку рослин на всіх етапах їх росту.

Науковці відзначають, що обробка насіння біостимуляторами покращує фізіологічні параметри проростків, зокрема довжину стебла, розвиток кореневої системи та масу проростка. Ці зміни позитивно впливають на розвиток рослин, забезпечуючи їх здатність швидше адаптуватися до різних стресів. Окрім того, біостимулятори підвищують стійкість рослин до посухи, дефіциту поживних елементів і шкідників, що є важливим в умовах сучасного клімату.

Важливим аспектом є також екологічний ефект від застосування біостимуляторів: зниження потреби в хімічних добривах і пестицидах, що сприяє збереженню довкілля, зменшуючи забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Тому інтеграція біостимуляторів в агротехніку є важливим кроком до сталого розвитку сільського господарства.

Список використаної літератури

1. Думич В.В. Дослідження ефективності застосування біопрепаратів у технологіях вирощування ярих зернових культур [Електронний ресурс]. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2018. Вип. 22. С. 231-236.

2. Басанець О. Біостимулятори для рослин: види, механізми дії, можливості. Чи потрібні біостимулятори культурам? *SuperAgronom*. 13.10.2020. URL:<https://superagronom.com/articles/428-biostimulyatori-dlya-roslin-vidi->

[mehanizmi-diyi-mojlivosti-chi-potribni-biostimulyatori-kulturam](#) (дата звернення 04.03.2025).

3. Біостимулятори для сільськогосподарських культур. *AgriTecno*. URL: https://agritecno.com.ua/products_category/biostimulyatori-dlya-silskogospodarskih-kultur/ (дата звернення 06.03.2025).

4. Гнип Г. Мікробні біопрепарати можуть зберігатись в рослині багато років. *AGRO TIMES*. 01.10.2021. URL: <https://agrotimes.ua/ovochi-sad/mikrobnii-biopreparaty-mozhut-zberigatys-v-roslyni-bagato-rokiv/> (дата звернення 06.03.2025).

5. Що таке гумати і як їх правильно використовувати? *Ukr.Media*. 29.06.2019. URL: <https://ukr.media/garden/395486/> (дата звернення 09.03.2025).

6. Полянчиков С. Екстракти водоростей та амінокислоти. Якість продуктів та особливості застосування. *Агроном*. 11.06.2020. URL: <https://www.agronom.com.ua/ekstrakty-vodorostej-ta-aminokysloty-yakist-produktiv-ta-osoblyvosti-zastosuvannya/> (дата звернення 12.03.2025).

7. Біостимулятори росту рослин стимуляція та розвиток кореневої системи, цвітіння та плодоношення. *AgriTecno*. 02.01.2022. URL: <https://agritecno.com.ua/biostimulyatori-rostu-roslin/> (дата звернення 14.03.2025).

8. Шевчук, О., Поливаний, С., Ходаницька, О., Ткачук, О. ДІЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА ЯКІСТЬ НАСІННЯ ТА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ БОБОВИХ КУЛЬТУР. *Біологія та екологія*. 2022. 8(1), с. 67–72.

9. Лагутенко, С.В., Ларін, В.М. Використання біостимуляторів у рослинництві. Київ: Інститут аграрної економіки України. 2019. с. 45-47.

10. Фурдичко О.І., Дребот О.І., Дем'янчук О.С., Ткач Є.Д., Бунас А.А. "Екологія агросфери". 2022. с. 66-70.

11. Іваненко, В. П., Мельник, А.П. Біотехнології в агрономії та агроекології. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна. 2020. с. 110-113.

12. Зубко, О.В., Чорний, О.Г Біостимулятори та їх застосування в агрономії. *Агросфера*. 2021. 8(2), с.15-23.

Володимир БАНАХ²,

Студентка 4-го курсу,

Факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ВНЕСЕННЯ ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

***Анотація.** В Україні понад 90% рослинних жирів виробляють з насіння соняшнику. Ця культура є привабливою для агровиробників зони Лісостепу*

² Науковий керівник – доцент Колісник О. М., кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

внаслідок низьких виробничих витрат на вирощування, стабільності попиту на насіння та його високою вартістю на ринку. Порівняння глобальних економічних показників світового сільського господарства свідчить про те, що головною олійною культурою в переважній більшості країн світу є соя. Проте в Україні з історичної точки зору та внаслідок специфічних регіональних особливостей, зокрема, сприятливістю ґрунтово-кліматичних саме для вирощування соняшнику, основною олійною культурою, був і є – соняшник.

Ключові слова: Соняшник, позакореневі підживлення, Склероцид, Гуміфілд.

Annotation. In Ukraine, more than 90% of vegetable fats are produced from sunflower seeds. This culture is attractive for agro-producers of the Forest-Steppe zone due to low production costs for cultivation, stability of demand for seeds and its high value on the market. Comparison of global economic indicators of world agriculture shows that the main oil crop in the vast majority of countries in the world is soy. However, in Ukraine from a historical point of view and as a result of specific regional features, in particular, the favorable soil and climate for growing sunflower, the main oil crop, was and is – sunflower.

Key words: Sunflower, foliar feeding, Sclerocid, Gumifield.

Вступ. В сучасних системах землеробства спостерігається певна нестабільність ефективності основного удобрення, що є наслідком незбалансованих цін на сільськогосподарську продукцію та засоби хімічної промисловості, застосування переважно мінімальної системи обробітку ґрунту, а також практично повної відсутності сталої структури посівних площ. Частковим вирішенням проблеми недостатнього забезпечення рослин поживними елементами є застосування позакореневого підживлення, яке, на думку багатьох дослідників, є ефективним при вирощуванні більшості культур.

В умовах здороження мінеральних добрив можливості сільгоспвиробників внести розрахункові дози добрив під запланований врожай вкрай обмежені. Тому є гостра потреба у засобах, здатних пом'якшити негативний вплив нестачі елементів живлення на врожайність. Соняшник якраз і є однією з культур, при вирощуванні якої можна досягнути економічно вигідного ефекту.

Виклад основного матеріалу. Позакореневе підживлення соняшнику мікродобривами сприяє підвищенню врожайності, оскільки оперативно й ефективно регулює процеси живлення в період вегетації рослин у конкретних умовах кожного року. Важливу роль відіграє збалансоване співвідношення мікроелементів. Усі елементи живлення тісно пов'язані між собою в єдиних біохімічних процесах, і роль кожного з них дуже важлива, тому доцільно проводити підживлення мікроелементами у поєднанні з основними елементами NPK. Поглинання елементів здійснюється всіма надземними органами, включаючи листя та стебла. При цьому вони потрапляють безпосередньо в ту частину рослини, в якій, як правило, найінтенсивніше відбуваються

фізіологічні процеси, і саме там найчастіше спостерігається їх нестача. Застосування мікродобрих особливо важливе в так звані критичні фази розвитку культури, коли необхідно забезпечити збалансоване живлення рослин соняшнику мікроелементами. Це стимулює коренеутворення і закладення кошиків, що в кінцевому підсумку вплине на підвищення продуктивності.

Метою дослідження є обґрунтування ефективності використання позакоренових підживлень на насінневу продуктивність соняшнику.

Основними елементами аграрної техніки є вигідне використання добрив, регуляторів росту, біопрепаратів. Серед них мікробіологічні препарати відіграють важливу роль у збільшенні фіксації азоту з повітря та мобілізації сполук фосфору в ґрунті, оскільки це зменшує вартість мінеральних добрив та збільшує реалізацію генетичного потенціалу гібридних рослин.

Наші спостереження показали, що терміни фенологічних стадій розвитку та тривалість міжфазних періодів гібриду соняшнику, що вивчались у дослідженні, залежали від попереднього раціону живлення (табл. 1).

Таблиця 1 Тривалість міжфазних періодів гібриду соняшнику залежно від позакоренових підживлень, доба (середнє за 2023-2024 рр.)

Гібрид	Позакореневе підживлення	Міжфазні періоди			
		сівба-сходи	сходи-цвітіння	цвітіння-фізіологічна стиглість	сходи-фізіологічна стиглість
ЕС Белла	Контроль	12	43	55	98
	Склероцид 2 л/га Гуміфілд 1,5 л/га	13	45	60	105
	Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га	14	47	65	110
	Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га	13	48	66	112

Отже, виходячи з таблиці 1, можна сказати, що при внесенні препарату Склероцид 2 л/га та Гуміфілд в дозі 1,5 л/га період «сівба-сходи» досягне протягом 13 днів, а при внесенні Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га – 14 днів, коли вносили Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га то даний період настає на 13 день. Період «сходи-цвітіння» на фазі «контроль» досягає на 43 день, а при внесенні Склероцид 4 л/га, Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га на 48, що означає довший розвиток соняшника, що позитивно впливає на урожай. Також з різницею в одинадцять днів проходять фази «цвітіння-фізіологічна стиглість», у випадках фазах «контролю» та внесення Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га. «Сходи-фізіологічна стиглість» різниця між Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га і Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га 1 день.

На ефективність поглинання поживних речовин поверхнею листа впливають різні фактори. Поліпшити надходження поживних речовин рослинами допомагає врахування загальних принципів позакоренового підживлення [7].

У таблиці 2 представлено площу листової поверхні рослин гібридів соняшнику, що визначали у дослідженні.

Чим краще формується площа листя, тим більше сонячного світла використовує рослина, що збільшує собою урожай.

Таблиця 2. Площа листової поверхні гібридів соняшника залежно від позакоренових підживлень, тис. м²/га (в середньому за 2023-2024 рр.)

Гібрид	Позакореневе підживлення			
	Контроль	Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га	Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га	Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га
ЕС Белла	2-3 пари листів			
	0,2	0,3	0,4	0,5
	Утворення кошика			
	14	15,8	17	17,3
	Цвітіння			
	39,5	46,5	50	50,9

Внесення різних доз позакоренового підживлення позитивно вплинуло на поверхню листя. Тому у фазі 2-3 пари листів застосування позакоренових підживлень на гібрид ЕС Белла в дозі Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га збільшує аналізований показник на 33,33%, у випадку внесення Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га - на 50%, а при використанні Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га показник збільшується на 60%. В період цвітіння у фазі цвітіння Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га збільшує площу листової поверхні в порівнянні з контролем на 15,05%, а вже при внесенні Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га на 22,52%.

Отже, обробка насіння та позакореневе підживлення соняшнику має прямий вплив на площу листової поверхні, а тому, при внесенні більшої дози добрива збільшується площа, як це видно у таблиці 3 при внесенні препаратів.

Проведені в польовому експерименті визначення, показали, що вивчений в досліді поживний фон, який суттєво впливав на елементи структури врожайності гібрида соняшнику, багато в чому визначив головний показник сільськогосподарських культур – його врожайність. Урожайність насіння в польовому досліді коливалася від 2,4 до 3,39 т/га залежно від досліджуваних факторів (табл. 3).

Таблиця 3. Урожайність насіння гібриду ЕС Белла соняшнику залежно від обробки насіння та позакоренового підживлення, т/га (в середньому за 2023-2024 рр.)

Гібрид	Позакореневе підживлення			
	Контроль	Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га	Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га	Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га
ЕС Белла	2,38	3,20	3,35	3,41

*НІР₀₅ для факторів, т/га: для фактора А, В – 0,63;
для взаємодії АВ – 1,09.*

Урожайність насіння в польовому досліді коливалася від 2,28 до 3,41 т/га залежно від досліджуваних факторів, адже все залежить від кількості внесеного позакоренових підживлень. Тому, при порівнянні фаз, контролю та внесення Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га, можна сказати, що урожайність зросла на 0,82 т/га; Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га – 0,97 т/га, а при внесення Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га урожайність гібрида збільшується на 1,03 т/га. Тобто, при обробці насіння та внесенні позакоренового підживлення збільшується урожайність соняшника. Дане дослідження зобразимо на рисунку 1.

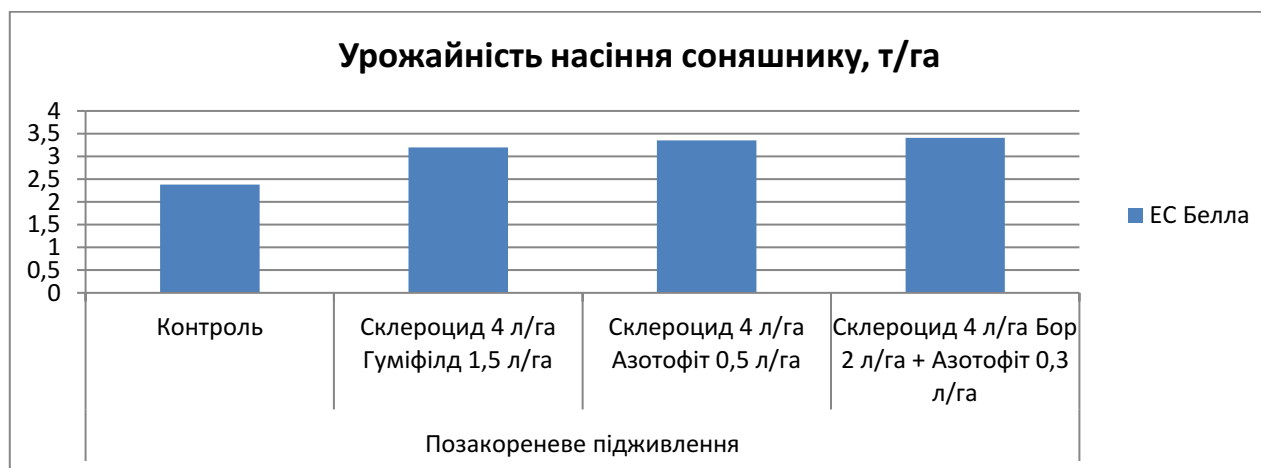


Рис.1. Урожайність гібридів соняшника залежно від обробки насіння та внесення позакоренових підживлень, т/га.

В порівнянні з ділянками, де здійснювався контроль, та на тих, де в досліджених гібридах вносили препарати, позитивно вплинув на урожайність насіння. Тому внесення Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га призвело до збільшення врожаю насіння в середньому на 25 %, при Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га на 28,35 %. Урожайність насіння збільшилось в середньому на 29,20 % при використанні дози Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га порівняно з районами, де добрив не застосовували.

Висновки. В результатів проведення досліджень можна зробити наступні висновки на тему ефективності обробки насіння та застосування позакоренового підживлення на насінневу продуктивність соняшника:

1. Застосування позакоренових підживлень Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га період «сівба-сходи» та Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га достигли протягом 13 днів, а при внесенні Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га то даний період настав на 14 день. Період «сходи-цвітіння» на фазі «контроль» достигає на 43 день, а при внесенні Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га на 48 день, що означає довший розвиток соняшника, що позитивно впливає на урожайність насіння. Також з різницею в 12 днів проходять фази «цвітіння-фізіологічна стиглість», у випадках фазах «контролю» та внесення Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га. «Сходи-фізіологічна стиглість». Різниця між Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га і Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га 1 день;

3. Внесення різних доз позакоренового підживлення позитивно вплинуло

на площу листя. Використання позакореневого підживлення в дозі Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га збільшує аналізований показник на 33,33%, у випадку внесення Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га - на 50%, а при використанні Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га показник збільшується на 60%. В період у фазі цвітіння Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га збільшує площу листової поверхні в порівнянні з контролем на 15,05%, а вже при внесенні Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га на 22,52%;

4. Урожайність насіння в польовому досліді коливалася від 2,38 до 3,41 т/га. Тому, при контролі та внесення Склероцид 4 л/га Гуміфілд 1,5 л/га, можна сказати, що урожайність зросла на 0,8 т/га; а де вносили Склероцид 4 л/га Азотофіт 0,5 л/га - 0,97 т/га, а у випадку внесення Склероцид 4 л/га Бор 2 л/га + Азотофіт 0,3 л/га урожайність гібрида збільшується на 1,03 т/га.

Список використаної літератури

1. Паламарчук В.Д., Доронін В.А., Колісник О.М., Алексєєв О.О. [Основи насіннєзнавства \(теорія, методологія, практика\)](#). Вінниця: «Друк», 2022. 392 с.
2. Мазур В.А., Колісник О.М. Вплив технологічних прийомів вирощування на насіннєву продуктивність соняшнику. *Сільське господарство та лісівництво* 2021 №4 (23). С. 5-15.
3. Ходаніцька О.О., Колісник О.М. Застосування стимуляторів розвитку в практиці рослинництва Прага. 2020 №10 С.45-49.
4. Бутенко А. О. Сортові особливості формування урожаю соняшнику в умовах північносхідної України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 / А. О. Бутенко; Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. – Харків, 2005. – 20 с.
5. Домарацький О.О., Сидякіна О.В., Іванів М.О., Добровольський А.В. Біопрепарат нового покоління групи Хелафіт у технології вирощування гібридів соняшнику на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 98. С. 51 – 56.
6. Паламарчук В.Д., Доронін В.А., Колісник О.М., Алексєєв О.О. *Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика)*. Вінниця: «Друк», 2022. 392 с.
7. Паламарчук В.Д., Колісник О.М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та еколого безпечного розвитку сільських територій. Вінниця: «Друк», 2022. 372 с.

Олександр БАСІСТИЙ³,
студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ ЯК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ ТА ЕКОНОМІЧНО ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ

***Анотація.** У статті комплексно розглянуто методи фітомеліорації як одного з ключових інструментів для відновлення деградованих ґрунтів у контексті сучасних екологічних викликів. Розглянуто теоретичні засади використання рослин для покращення фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту, підвищення його родючості, а також захисту від водної та вітрової ерозії. Детально проаналізовано особливості застосування трав'янистих культур, деревних насаджень і багаторічних рослин у фітомеліоративних заходах, їх адаптацію до різних типів ґрунтів і кліматичних умов. Наведено практичні приклади успішного впровадження фітомеліорації в різних природно-кліматичних зонах України, зокрема в Карпатському, Центральному та Південному регіонах, з урахуванням місцевих ґрунтових і гідрологічних особливостей. Висвітлено переваги методу, такі як екологічна безпека, економічна доступність і довготривалий ефект, а також його обмеження, пов'язані з тривалим періодом дії, залежністю від погодних умов і необхідністю ретельного підбору рослин. Окреслено перспективи розвитку фітомеліорації в умовах інтенсифікації сільського господарства та глобальних змін клімату, наголошено на потребі вдосконалення технологій і розробки регіональних стратегій.*

***Ключові слова:** фітомеліорація, деградація ґрунтів, родючість, ерозія, рослинність, екологія, стале землеробство.*

***Annotation.** The article comprehensively examines phytomelioration methods as a key tool for restoring degraded soils amid contemporary environmental challenges. It explores the theoretical foundations of using plants to enhance the physical, chemical, and biological properties of soil, increase its fertility, and protect it from water and wind erosion. The specifics of applying herbaceous crops, tree plantations, and perennial plants in phytomeliorative measures, along with their adaptation to various soil types and climatic conditions, are analyzed in detail. Practical examples of successful phytomelioration implementation in different natural and climatic zones of Ukraine, including the Carpathian, Central, and Southern*

³ Науковий керівник – Броннікова Л. Ф., ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

regions, are presented, taking into account local soil and hydrological features. The advantages of the method, such as environmental safety, economic affordability, and long-term effectiveness, as well as its limitations related to the prolonged duration of action, dependence on weather conditions, and the need for careful plant selection, are highlighted. Prospects for the development of phytomelioration in the context of agricultural intensification and global climate change are outlined, emphasizing the need to improve technologies and develop regional strategies.

Keywords: *phytomelioration, soil degradation, fertility, erosion, vegetation, ecology, sustainable agriculture.*

Вступ. Деградація ґрунтів є глобальною проблемою, що загрожує продовольчій безпеці та екологічній стабільності. В Україні, за даними Державної служби статистики, понад 33% сільськогосподарських земель перебувають у стані деградації через інтенсивне землеробство, ерозію, засолення, забруднення та виснаження органічної речовини [1]. Щорічні втрати гумусу становлять близько 0,5–1 т/га, що значно знижує продуктивність земель. У таких умовах фітомеліорація виступає як перспективний метод, що дозволяє не лише відновити деградовані ґрунти, а й забезпечити їх стале використання.

Фітомеліорація базується на здатності рослин стабілізувати ґрунтовий покрив, покращувати його структуру та збагачувати поживними речовинами. Цей підхід є екологічно безпечним, оскільки не потребує значного втручання у природні процеси, та економічно вигідним порівняно з традиційними хімічними чи інженерними методами меліорації.

Метою даної статті є поглиблений аналіз теоретичних і практичних аспектів фітомеліорації, оцінка ефективності різних її методів, порівняння їхнього впливу на ґрунти в різних регіонах України та визначення перспектив подальшого розвитку в умовах сучасного агровиробництва.

Виклад основного матеріалу. Фітомеліорація – це система біологічних заходів, спрямованих на відновлення деградованих ґрунтів шляхом цілеспрямованого використання рослин з меліоративними властивостями [2]. Метод ґрунтується на природних механізмах взаємодії рослин і ґрунту, що включають механічну, хімічну та біологічну дію.

Основні функції рослин у фітомеліорації:

- Механічна стабілізація. Коренева система утримує ґрунтові частки, зменшуючи ерозію та зсуви. Наприклад, глибокі корені дерев можуть проникати на глибину понад 2 м, забезпечуючи стійкість схилів.
- Хімічне збагачення. Органічні залишки рослин (листя, корені) розкладаються, підвищуючи вміст гумусу та поживних елементів у ґрунті.
- Біологічна активність. Рослини стимулюють розвиток мікроорганізмів, які беруть участь у кругообігу азоту, фосфору та інших елементів.
- Регуляція водного режиму. Рослинний покрив зменшує поверхневий стік і сприяє накопиченню вологи.

Ефективність фітомеліорації залежить від низки факторів: типу ґрунту (піщаний, глинистий, чорноземний), кліматичних умов (кількість опадів,

температура), ступеня деградації (ерозія, засолення, ущільнення) і правильного підбору рослин. Наприклад, на еродованих схилах ефективні рослини з розгалуженою кореневою системою, а на засолених ґрунтах – галофіти, стійкі до солей [3].

Основні методи фітомеліорації

Застосування трав'янистих культур. Трав'янисті культури є базовим елементом фітомеліорації завдяки швидкому росту, густій кореневій системі та здатності адаптуватися до різних умов. Найпоширеніші види: люцерна (*Medicago sativa*), еспарцет (*Onobrychis viciifolia*), конюшина (*Trifolium pratense*) і райграс (*Lolium perenne*).

- Люцерна фіксує 150–200 кг азоту на гектар завдяки симбіозу з бактеріями роду *Rhizobium*, а її корені проникають на глибину до 150 см, що ідеально для боротьби з водною ерозією.

- Еспарцет менш вимогливий до родючості ґрунтів і підходить для кам'янистих ділянок, фіксуючи 100–150 кг азоту/га.

- Конюшина ефективна на вологих ґрунтах, збагачує їх азотом (80–120 кг/га) і сприяє накопиченню органічної речовини.

Таблиця 1 Порівняльні характеристики трав'янистих культур для фітомеліорації

Назва культури	Глибина коренів, см	Ефективність проти ерозії	Азотфіксація, кг/га	Азотфіксація, кг/га
Люцерна	100-150	Висока	150-200	5-7
Еспарцет	80-120	Середня	100-150	4-6
Конюшина	50-80	Середня	80-120	3-5
Райграс	30-60	Низька	0-20	2-4

**Примітка: Сформовано автором на основі джерел [4, 5]*

Деревні насадження

Деревні культури застосовуються для фітомеліорації великих площ, особливо в посушливих зонах і на схилах. Популярні види: тополя (*Populus spp.*), акація біла (*Robinia pseudoacacia*), сосна (*Pinus sylvestris*) і верба (*Salix spp.*).

- Тополя швидко росте (до 1,5 м/рік) і за 5–7 років формує захисний шар, що утримує ґрунт на схилах.

- Акація збагачує ґрунт азотом (до 100 кг/га) і стійка до посухи.

- Сосна ефективна проти вітрової ерозії завдяки густій кроні та глибоким кореням (до 3 м).

Таблиця 2 Характеристики деревних культур для фітомеліорації

Назва культури	Швидкість росту, м/рік	Глибина коренів, м	Захист від ерозії	Азотфіксація кг/га
Тополя	1-1,5	1,5-2,5	Високий	0-10
Акація	0,5-1	2-3	Високий	50-100
Сосна	0,3-0,7	2-3	Середній	0
Верба	1-2	1-2	Середній	0

**Примітка: Сформовано автором на основі джерел [6, 7]*

Багаторічні рослини

Багаторічні рослини використовуються для довгострокового відновлення ґрунтів. Пирій (*Agropyron repens*), костриця (*Festuca rubra*), солонець (*Salsola spp.*) і тимофіївка (*Phleum pratense*) ефективні на засолених, виснажених або еродованих землях.

- Пирій витягує солі з глибинних шарів, покращуючи водно-сольовий баланс.
- Костриця утворює щільний дерен, що захищає від ерозії.
- Солонець адаптований до високої солоності (до 15 г/л).

Комбіновані підходи

Комбінація трав, дерев і багаторічних рослин дозволяє досягти максимального ефекту. Наприклад, у Полтавській області поєднання люцерни з акацією забезпечило швидку стабілізацію верхнього шару ґрунту травами та довготривалий захист деревами [9].

Таблиця 3 Порівняння комбінованих і окремих методів

Метод	Швидкість дії, роки	Довготривалість, роки	Витрати, умовні одиниці/га	Ефективність, %
Тільки трави	1-2	3-7	50-100	60-70%
Тільки дерева	5-7	20-50	200-300	80-90%
Комбінований підхід	2-4	15-30	150-250	85-95%

**Примітка: Сформовано автором на основі джерел [8, 9]*

Практичне застосування фітомеліорації в Україні:

- Західний регіон. У Карпатах, де водна ерозія змиває до 20 т/га ґрунту щороку, фітомеліорація з використанням сосни, конюшини та костриці скоротила ерозію на 40% за 5 років. Деревні насадження також зменшили поверхневий стік на 25% [10].
- Південний регіон. На півдні (Херсонська, Миколаївська області) засолення охоплює до 15% земель. Застосування солонця та пирію знизило концентрацію солей у верхньому шарі на 15–20% за 3–4 роки [11].
- Центральний регіон. У Черкаській і Полтавській областях висадження люцерни, тополі та еспарцету підвищило вміст гумусу на 0,5–1% і родючість на 20–25% за 4–5 років [12].
- Північний регіон. На Поліссі, де переважають піщані ґрунти, комбінація сосни та райграсу зменшила вітрову ерозію на 30% за 6 років [13].
- Переваги та обмеження фітомеліорації.

Переваги:

1. **Екологічність.** Відсутність хімічних речовин знижує вплив на довкілля.
2. **Економічність.** Витрати на насіння (50–300 у.о./га) значно нижчі за інженерні методи (500–1000 у.о./га).
3. **Довготривалість.** Ефект триває 10–50 років залежно від типу рослин.

4. Багатофункціональність. Рослини не лише відновлюють ґрунт, а й можуть давати додаткову продукцію (сіно, деревину).

Обмеження:

1. **Тривалість дії.** Ефект проявляється через 2–7 років.

2. **Залежність від умов.** Посухи чи надмірна вологість можуть знизити виживаність рослин на 20–40%.

3. **Обмежена швидкість.** Метод не підходить для термінового відновлення земель.

4.

Таблиця 4 Порівняння фітомеліорації з іншими методами

Метод	Швидкість дії, роки	Витрати, у.о./га	Екологічність	Довготривалість, роки
Фітомеліорація	2-7	50-300	Висока	10-50
Хімічна меліорація	1-2	400-800	Низька	5-10
Інженерні заходи	1-3	500-1500	Середня	20-30

*Примітка: Сформовано автором на основі джерела [13]

Висновки. Отже, фітомеліорація є високоефективним і перспективним методом відновлення деградованих ґрунтів, що поєднує екологічну безпеку, економічну доцільність і довготривалий ефект. Оптимальні результати досягаються при комбінованому використанні трав'янистих, деревних і багаторічних рослин з урахуванням кліматичних і ґрунтових особливостей регіону. В Україні метод довів свою ефективність у боротьбі з ерозією, засоленням і виснаженням земель, зокрема в Карпатах, на півдні та в центральних областях. Порівняльний аналіз показує, що фітомеліорація перевершує хімічні та інженерні методи за екологічністю та вартістю, хоча поступається їм у швидкості дії.

Перспективи розвитку фітомеліорації пов'язані з розробкою адаптованих технологій, селекцією стійких сортів рослин і впровадженням комплексних регіональних програм. У контексті кліматичних змін і зростання попиту на стале землеробство цей метод може стати основою для збереження ґрунтових ресурсів України. Подальші дослідження мають зосередитися на прискоренні дії фітомеліорації, інтеграції з агротехнологіями та оцінці її впливу на біорізноманіття.

Список використаної літератури

1. Державна служба статистики України. Стан земельних ресурсів України у 2022 році. Київ: Держстат, 2023. 150 с.

2. Кравець О. П. Екологічні основи відновлення земель. Київ: Наукова думка, 2020. 245 с.

3. Бондаренко В. І. Фітомеліорація деградованих ґрунтів. Харків: ХНАУ, 2018. 180 с.

4. Григор'єв І. М. Рослинність як фактор стабілізації ґрунтів // Екологія та агрономія. 2019. № 3. С. 45-52.

5. Петренко Л. Р. Трав'янисті культури в системі фітомеліорації. Львів: ЛНУ, 2021. 120 с.
6. Сидоренко О. В. Деревні насадження в боротьбі з ерозією // Лісівництво. 2020. № 2. С. 78-85.
7. Клименко Т. П. Багаторічні рослини для меліорації засолених земель. Одеса: ОНУ, 2019. 150 с.
8. Шевчук М. І. Порівняльний аналіз методів меліорації ґрунтів // Агроекологія. 2022. № 1. С. 12-19.
9. Іваненко П. С. Комбіновані методи фітомеліорації в Полтавській області. Полтава: ПДАУ, 2021. 98 с.
10. Ковальчук І. В. Фітомеліорація в Карпатському регіоні // Екологічні науки. 2020. № 4. С. 34-40.
11. Литвиненко О. О. Відновлення засолених земель на півдні України. Херсон: ХДАУ, 2019. 110 с.
12. Ткачук В. М. Практичне застосування фітомеліорації в Черкаській області // Агрономія сьогодні. 2022. № 2. С. 55-62.
13. Мельник Ю. І. Обмеження фітомеліорації в сучасних умовах // Екологія та ноосферологія. 2021. № 3. С. 23-29.

Анастасія БЕРЕЗОВА⁴,
студентка 2-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

КОРИСНІ КІМНАТНІ РОСЛИНИ

Анотація. В статті проаналізована екологічна роль окремих кімнатних рослин, а саме – англійського плюща, рослини павука, алоє вера, бамбукової пальми та пальми арека в очищенні та знезараженні повітря в закритих приміщеннях. Проведений аналіз їх лікувальних властивостей. Особливу увагу приділено шкідливим речовинам, які лікарські рослини поглинають та таким чином очищують повітря. Охарактеризовано особливості будови та догляду за вказаними рослинами, крім того розглянуто їх поширення.

Ключові слова: кімнатні рослини, екологічна роль, лікувальні властивості.

Annotation. The article analyzes the ecological role of individual houseplants, namely English ivy, spider plant, aloe vera, bamboo palm and areca palm in purifying and disinfecting indoor air. Their medicinal properties are analyzed. Special attention is paid to harmful substances that medicinal plants absorb and thus purify the air. The

⁴ Науковий керівник – Аралова Т.С., канд. с.-г. н. ст. викладач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

features of the structure and care of these plants are described, and their distribution is also considered.

Keywords: *Houseplants, ecological role, medicinal properties.*

Вступ. Розвиток технологій посилює потребу в екологічних заходах для покращення якості життя. Рослини – це природні біореактори, які необхідно досліджувати на предмет їх використання. Деякі з них є кімнатними лікарськими рослинами з високою екологічною цінністю, такі як: пальма арека, алое вера, англійський плющ, рослина павук і бамбукова пальма. Ці кімнатні рослини завдяки своїм природним механізмам володіють унікальною властивістю фільтрації повітря. Вони фільтрують забруднювачі повітря, такі як бензол, ксилол, толуол, формальдегід та інші хімічні речовини, які шкідливо впливають, особливо на дітей, вагітних жінок і людей похилого віку. Вказані рослини також мають біоактивні фітокомпоненти, які дозволяють їх широко використовувати в терапевтичних, комерційних і промислових цілях [4].

Виклад основного матеріалу. Шкідливі речовини в повітрі в приміщенні більш небезпечні, оскільки вони безпосередньо впливають на легені. Забруднення повітря в приміщенні можна усунути належною вентиляцією, використанням повітряних фільтрів та кімнатних рослин. Однак найбільш практичним і менш витратним способом є використання кімнатних рослин [1].

Нище приведено огляд п'яти кімнатних рослин, а саме пальми арека, алое вера, англійського плюща, рослини-павука і бамбукової пальми (рис. 1) [8].



Рис.1. Пальма арека, алое вера, англійський плющ, рослина павук, бамбукова пальма [1]

Пальму ареку інакше називають блискучою паличкою, жовтою пальмою та пальмою метеликом. Відноситься до квітучих рослин. Дослідники, вказують, що ця рослина є найкращою для знезараження повітря. Зустрічається в районах Мадагаскару і Південної Індії [1].

Пальма арека (рис. 2) має унікальну властивість очищувати повітря від таких речовин, як толуол, ксилол і ацетон. Також від таких шкідливих хімічних речовин, як формальдегід, бензол і трихлоретилен. Встановлено, що ця рослина здатна пропускати 1 л води на день, що також сприяє усуненню забруднювачів.

Ця рослина має антиоксидантну дію, володіє властивостями поглинання радикалів. Використовується при лікуванні проблем з дихальною та нервовою

системою, запобігає некрозу у дітей, оскільки допомагає у видаленні толуолу, який може бути шкідливим для центральної нервової системи [1].

Алоє вера є сукулентною рослиною. Ростає в регіонах Африки, Азії, Європи і Америки. Рослина використовується більше 6000 років. Вона також відноситься до знезаражувачів повітря в приміщенні. Алоє вера – безстеблова рослина. Листя рослини товсті та складаються з трьох шарів, а саме внутрішнього гелю жовтого кольору соку і зовнішнього товстого шару. Рослина виростає до 60-100 см. Завдяки своїй унікальності алоє вера називається «рослиною безсмертя».



Рис.2. Пальма арека [1]

На думку вчених, горщик алоє вера перевершує дев'ять очисників повітря. При 24-годинному світловому освітленні вона може викинути 90% формальдегіду, ксилолу, пилу та шкідливих мікробів у повітря. Вона може поглинати забруднюючі речовини, такі як бензол і формальдегід, останній є побічним продуктом фарби та хімічних промислових продуктів. Рослина також може поглинати етилбензол і толуол, що забруднює повітря. Алоє вера унікальна своїм «нічним диханням». Під час процесу, який відбувається вночі, рослина поглинає діоксид вуглеця та виділяє кисень.

Алоє вера (рис. 3) вважається лікарською рослиною. Використовується у виробництві мазей, таблеток і капсул. Лосьйони алоє вера використовуються для запобігання шкірних ускладнень, спричинених радіацією. Рослина має антиоксидантну, протизапальну, противиразкову, протипухлинну, протидіабетичну, антигельмінтну, антивікову, антисептичну, протигрибкову та антибактеріальну дію. Латекс з цієї рослини містить сполуки такі як антрахінони, які можуть лікувати та зменшувати біль у зубах і яснах. Його також можна використовувати в лікуванні вірусу імунодефіциту людини (ВІЛ) людей. Сік алоє може зменшити стрес. Використовується для контролю депресії, гніву та управління стабільністю. Має ефективну терапевтичну цінність проти атеросклерозу та ішемічної хвороби серця, проблем з печінкою [3].



Рис.3. Алоє вера [3]

Англійський плющ (рис. 4) відомий як універсальна кімнатна рослина. Він зустрічається в регіонах Європи, Західної Азії та Північної Африки. Існує близько 16 різних видів цієї рослини. Його ще називають плющем європейським і кімнатною рослиною для фільтрації повітря. Англійський плющ –в’юнка рослина. Стебла здерев’янілі діаметром 25 см. Почергове листорозміщення, листкові черешки голі. Це квіткова рослина. Для англійської плюща достатньо помірного сонячного світла та температури, що полегшує його вирощування. Це тіньова лоза і може вижити навіть у темних кімнатах і нещодавно відремонтованих будівлях. Слід подбати про те, щоб розміщувати його в недоступному для дітей місці, тому що його листя отруйне [5].

Плющ англійський допомагає у видаленні бензолу, ксилолу, толуолу, формальдегіду і аміаку. Його також використовують для знезараження цвілі.

У ранні часи його використовував Гіппократ, як рослину для запобігання інтоксикації та зменшення набряку. Він також використовується для лікування респіраторних проблем, таких як астма, бронхіт, а також артрити. Має антиоксидантну, протівірусну, протипухлинну, антибактеріальну, протигельмінтну, спазмолітичну, протигрибкову та протизапальну дію, тому широко використовується в галузі медицини. Рослину також використовують як анестетик. Саме тритерпеноїди, сапоніни, флавоноїди та алкалоїди, присутні в цій рослині, надають їй лікувальних властивостей [5].



Рис.4. Англійський плющ [5]

Рослину-павука (Рис. 5) інакше називають стрічковою рослиною. Це багаторічна кореневищна трава. Він є локальним для Південної Африки, Західної Африки, Центральної Африки, Східної Африки та Південно-Східна Африки, Азії. Існує близько 234 різновидів цієї рослини у світі. Висота рослини-павука становить 150 сантиметрів. У нього довге, вузьке листя. Квітки дрібні білі від трьох до шести пелюсток.

Листя рослини мають високу схильність до поглинання хімічних речовин, таких як формальдегід, чадний газ, бензол, трихлоретилен і феноли. Поглинені забруднювачі перетворюються на органічні молекули за допомогою асоційованих мікроорганізми. Повідомлялося, що рослини-павуки фільтрують 95% вуглецю монооксиду та 85 % формальдегіду з повітря протягом 24 годин. Вони також ефективні у видаленні канцерогенних хімічних речовин, таких як нікотин, що переважає в сигаретному димі. Рослини також усувають тверді забруднюючі речовини в повітрі. Їх також можна вирощувати у невеликих гаражах і на промислових підприємствах, оскільки вони видаляють шкідливі хімічні речовини, що виділяються в повітря зі шкіри та гуми [6].

Рослина-павук використовується для лікування бронхіту і переломів. Він містить важливі компоненти, такі як сапоніни, білки, вуглеводи, вітаміни, мінерали, стероїди та флавоноїди. Використовується екстракт кореня цієї рослини зменшує запальні процеси в печінці та допомагає при процесі загоєння. Рослина також використовується для лікування кашлю, ран і головної болі.



Рис.5 Рослина-павук [6]

Бамбукову пальму (рис.6), інакше називають очеретяною, хамедореєю, купчастою салонною пальмою та очеретяною пальмою. Бамбукова пальма притаманна Південній Мексиці та Центральній Америці. Висота зрілої бамбукової пальми становить від одного до трьох метрів. Її стебло довге і тонке. Плід помаранчевого кольору [7].

Пальма не виносить прямих сонячних променів – листя може пожовтіти і опати. Переносить деяку затіненість. Хамедорея дуже любить обприскування. Влітку, в жарку пору, а також взимку в кімнаті з центральним опаленням пальму потрібно обприскувати 2 рази в день. В інший час достатнього 1 разу на день.



Рис. 6 Бамбукова пальма [2]

Бамбукова пальма використовується для видалення багатьох шкідливих хімічних речовин таких як толуол, бензол і формальдегід. Рослина допомагає підтримувати вологість повітря.

Бамбукова пальма вважається природним зволожувачем повітря. Ця рослина має здатність поглинати толуол. В лікувальних цілях її можна використовувати для лікування подразнення очей, носа та горла, неврологічних розладів та проблем із зором [2].

Висновки. Пальма арека, алоє вера, англійський плющ, рослина-павук і бамбукова пальма – все це високоцінні лікарські кімнатні рослини. Крім того виконуючи естетичну функцію, вони ефективно видаляють небезпечні хімічні речовини з повітря. Вони служать потужним терапевтичним засобом, та є рослинами багатоцільового застосування. Таким чином, вище вказані рослини є багатообіцяючим ресурсом для підтримки здоров'я та навколишнього середовища.

Список використаної літератури

1. Vandana K, Manisha A. Indoor plants for indoor pollution: Boon of mother natureю. [URL:https://www.greenpharmacy.info/index.php/ijgp/article/viewFile/2875/11042018](https://www.greenpharmacy.info/index.php/ijgp/article/viewFile/2875/11042018). (дата звернення: 10.03.2025)
2. Planting Man. Bamboo Palm-Indoor House Plants; [URL: https://www.plantingman.com/bamboo-palm-indoor-house-plants.2017](https://www.plantingman.com/bamboo-palm-indoor-house-plants.2017). (дата звернення: 05.03.2025)
3. Алоє вера [URL: https://life.pravda.com.ua/health/2023/12/24/258297/](https://life.pravda.com.ua/health/2023/12/24/258297/) (дата звернення: 05.03.2025)
4. Qureshimatva U.M, Gamit SB, Muarya R.R, Solanki H.A, Yadav S.L. Checklist of palms in Ahmedabad, Gujarat, India. Int J Recent Sci Res [URL: https://www.greenpharmacy.info/index.php/ijgp/article/viewFile/2875/1104](https://www.greenpharmacy.info/index.php/ijgp/article/viewFile/2875/1104) (дата звернення: 07.03.2025)
5. Англійський плющ. [URL: https://flowers.ua/ua/articles/plyushch-komnatnyy-hedera-uhod-i-vyrashchivanie-v-domashnih-usloviyah](https://flowers.ua/ua/articles/plyushch-komnatnyy-hedera-uhod-i-vyrashchivanie-v-domashnih-usloviyah) (дата звернення: 09.03.2025)
6. Рослина павук [URL: https://ua.plantsfarm.com/chlorophytum/spider-plant-green.html](https://ua.plantsfarm.com/chlorophytum/spider-plant-green.html) (Дата звернення: 05.03.2025)

7. Капарчук, П.О. Роль кімнатних рослин у збереженні екології повітря. 2018. С. 102-106.

8. Совгіра С.В. Екологічні функції кімнатних рослин. 2018. С 34-41.

Максим БІЛОСТЕГНЮК⁵,
студент 3 курсу,
факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ФІТОНЦИДНИЙ МЕТОД ЗАХИСТУ РОСЛИН

Анотація. Фітонцидний метод захисту рослин ґрунтується на використанні природних летких сполук, що виділяються рослинами для пригнічення розвитку патогенних мікроорганізмів, шкідників та бур'янів. У статті розглянуто механізми дії фітонцидів, їхній вплив на екосистему, а також перспективи застосування в аграрному виробництві. Особливу увагу приділено ефективності різних видів рослин як джерел фітонцидів та можливості їхнього використання в органічному землеробстві.

Ключові слова: фітонциди, біологічний захист, алелопатія, природні пестициди, рослинний імунітет.

Annotation. The phytoncide method of plant protection is based on the use of natural volatile compounds released by plants to suppress the development of pathogenic microorganisms, pests and weeds. The article discusses the mechanisms of action of phytoncides, their impact on the ecosystem, as well as the prospects for their use in agricultural production. Special attention is paid to the effectiveness of various types of plants as sources of phytoncides and the possibility of their use in organic farming.

Keywords: phytoncides, biological protection, allelopathy, natural pesticides, plant immunity.

Вступ. Сучасне сільське господарство стикається з численними викликами, серед яких захист рослин від шкідників і хвороб без шкоди для навколишнього середовища. Одним із перспективних рішень є фітонцидний метод, що базується на використанні природних сполук, які виділяють рослини для захисту від шкідливих мікроорганізмів та комах.

Фітонцидний метод захисту рослин — це використання у взаємозв'язку з іншими прийомами й методами фітонцидних властивостей рослин і їхніх фітонцидів задля оптимізації впливу на динаміку кількості популяцій шкідливих і корисних організмів.

⁵ Науковий керівник — Окрушко С.Є., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

В історичному аспекті до середини XIX ст. людство захищало сільськогосподарські культури без застосування синтетичних препаратів. Лише в минулому столітті хімічні препарати стали широко входити в практику захисту рослин. Сьогодні у світі пестициди часто використовуються необґрунтовано на мільйонах гектарів. Після тривалої ейфорії від їх застосування людство останніми роками почало усвідомлювати негативні наслідки їхнього використання, зокрема, згубну дію на корисні мікроорганізми ґрунту, води, повітря, а також флору, фауну, і, звичайно ж, на людину [1].

Виклад основного матеріалу. Фітонциди (від грецької *phytón* – рослина і лат. *caedo* – вбиваю) – біологічно активні речовини, що утворюються рослинами, які вбивають чи пригнічують зростання і розвиток бактерій, мікроскопічних грибів, та інші форми мікроорганізмів.

Найширше застосовувані форми використання фітонцидних рослин і їхніх фітонцидів – екстракти, настої, настоянки, соки, відвари, мила, шампуні, олії, дими, аерозолі, суспензії, порошки тощо. Застосовують їх методом обприскування, обпилювання, обкурювання, розкладання (коли рослини або їхні препарати розкладають у місцях призначення), сівби чи садіння (коли рослини розміщують серед або біля культур для знищення, відлякування чи приваблювання біологічних видів) тощо.

Приготування препаратів і застосування фітонцидних рослин проти шкідливих організмів має свої особливості. Збирають здорові рослини за сухої погоди, коли на них зовсім немає роси. При цьому надзвичайно важливе значення має фаза розвитку рослин, в яку їх зрізають [2]. Як правило, для використання надземної маси рослин найефективніша фаза початку цвітіння. У цей період значна кількість видів рослин нагромаджує найбільше активних хімічних сполук. Кореневища, корені, цибулини в основному збирають по закінченні вегетації рослин.

З огляду на широкий спектр дії фітонцидних рослин і їхніх фітонцидів у захисті рослин, запропонована така класифікація за призначенням щодо біологічних видів: фітоаттрактанти – для приваблювання корисних комах; фітоарестанти – для створення скупчень; фітостимулятори – для стимулювання активної дії; фіторепеленти – для відлякування фітофагів; фітодезорієнтанти – для дезорієнтації шкідників; фітоакарициди – проти шкідливих кліщів; фітонематоциди – проти шкідливих нематод; фітородентициди – проти гризунів; фітобактерициди – проти збудників бактеріальних хвороб; фітовірусциди – проти збудників вірусних хвороб; фітофунгіциди – проти збудників грибних хвороб; алелопати – рослини, що впливають на інші рослини, включаючи бур'яни; фітопрепарати для кращого зберігання продукції – рослинні засоби для поліпшення умов зберігання різної продукції [3].

Відомо, що біологічна ефективність рослинних засобів трохи нижча, ніж пестицидів. Наприклад, під час використання препаратів тютюну та чистотілу звичайного вона становить близько 60–70% проти низки фітофагів, зокрема попелиць, трипсів, клопів, личинок довгоносиків, гусениць лускокрилих молодшого віку.

Використовуючи рослини як свіжі, так і висушені, перед приготуванням розчинів їх подрібнюють. Це зумовлено тим, що активна речовина найкраще вилучається з дрібних частин рослин. Так, листки, суцвіття та траву подрібнюють до 5 мм, стебла та кореневу систему – до 3–4, а насіння – до 0,5 мм. Для розрізування рослин використовують ножі, ножиці, секатори, сокири, січкарні, сікачі тощо.

Для приготування соків подрібнені рослини пропускають через м'ясорубку, а потім сировину поміщають під прес [4].

Для приготування настоїв подрібнену масу поміщають у різні ємкості, краще емальовані, й заливають теплою водою або окропом. Готуючи відвари, масу кип'ятять рекомендований проміжок часу на слабкому вогні.



Рис 1. Зелена яблунева попелиця

Одним із заходів фітонцидного захисту є використання настоїв, витяжок та відварів, виготовлених із диких та культурних рослин. Під час досліджень, проведених у лабораторії, досліджували ефективність настоїв, витяжок та відварів, виготовлених із диких та культурних рослин проти зеленої яблуневої попелиці (*Aphis pomi* Deg.) [10], котра є одним із найбільш небезпечних шкідників яблуневого саду, і особливо молодих насаджень яблуні. Актуальність досліджень обумовлена необхідністю максимального скорочення хімічних обробок саду з метою отримання екологічно чистої продукції.

Фітонцидами називають також секретовані рослинами фракції летких речовин, які практично неможливо зібрати в помітних кількостях. Ці фітонциди називають також «нативними антимікробними речовинами рослин». Хімічна природа фітонцидів не істотна для виконуваної функції, це може бути комплекс з'єднань – глікозидів, терпеноїдів, дубильних речовин і ін., тобто вторинних метаболітів.



Рис 2. Манник

Було проведено ряд досліджень, в результаті яких з'ясувалося, що фітонциди деяких рослин (цибуля, часник) здатні вбивати рухомих бактерій і навіть туберкульозну паличку. Так, наприклад, манник [9] (злакова рослина) здатний буквально за секунди знищити ряд багатоклітинних організмів, зокрема мух.

Ароматна квітуча черемха оспівується в піснях і радує оточуючих своїм пахучим видом, але далеко не всі знають, що вона найбільш нещадним чином розправляється з дрібними комахами. Підлетівши до дерева в момент його пишного цвітіння, вони не проживуть і декількох секунд. Найбільш живучі істоти на землі – щури, не можуть перебувати поруч з черемхою більше декількох хвилин, а, надихавшись її фітонцидами, гинуть буквально протягом півгодини [5].

Дія фітонцидів була досліджена ще в тридцятих роках минулого століття вченим Б. Токінім. Він проводив прості, але максимально наочні експерименти, в яких використовувався невеликий шматочок землі з лісу. Його розчиняли у воді і кілька крапель такої суміші наносили на скло. З рослини, також принесеної з лісової зони, вичавлювався сік, який капали в центр земляного розчину. Спостереження в мікроскоп показували, що вже через чверть години велика частина живих мікроорганізмів, що знаходяться в ґрунті, гинула [6]. Так само фітонциди розправляються з усіма найпростішими мікроорганізмами (сінною паличкою, інфузорією, амебою).

Властивості фітонцидів дуже цінні для нашого здоров'я. Іноді вони є непоганою альтернативою більш сильним, синтетичним антибіотикам. Їх дія м'яка, щадна, а ось ефект дуже стійкий.

Вченими підраховано, що всі рослини нашої планети щорічно поповнюють атмосферу 490 мільйонів тонн фітонцидів. Людина, вдихаючи їх, дезінфікує легені і весь організм в цілому. Зелені насадження відіграють дуже велику роль у нашому житті, вони створюють своєрідний захист від бактерій і вірусів. Крім того, в них міститься бактерицидний сік, що сприяє швидкому загоєнню ран і загальному оздоровленню. Саме тому так важливо озеленювати двори і приміщення.

Вплив фітонцидів на наш організм можна показати на найпростішому прикладі. Досить залишити букет з ароматною черемхою, конвалією або ліліями біля узголів'я свого ліжка. Увечері їхній аромат буде здаватися чарівним, але вже наступного дня людина, яка вдихає його всю ніч, прокинеться з болісним головним болем. Це говорить про потужний вплив даних речовин на організм і їх сильної концентрації в досить невеликій рослині [7].

Звичайні кімнатні квіти, такі як герань, хризантема або бегонія, здатні знижувати концентрацію шкідливих мікроорганізмів у повітрі на п'ятдесят і більше відсотків. Зараз стало модно замінювати їх екзотичними видами. Тут краще зупинити свій вибір на мирті або евкаліпті, які прекрасно очищають приміщення від мух і комарів.

Кожен гектар лісу за рік виділяє певну кількість фітонцидів:

листяний – два кілограми;

хвойний – п'ять кілограм;

ялівцевий – до тридцяти кілограм.

Такої кількості буде достатньо, щоб повністю очистити від мікробів місто середньої величини. Так, у березовому лісі на один квадратний метр припадає до 450 мікробів, а в звичайній сучасній операційній допустимі норми на один квадратний метр становлять п'ятсот нешкідливих мікроорганізмів. Повітря в лісах цілюще. Недарма саме в соснових борах будуються санаторії. Таке наповнене корисними речовинами середовище позитивно позначається на нашому здоров'ї, а діти, які прожили поруч із сосновими борами хоча б кілька років, згодом можуть похвалитися сильним імунітетом.

Використання фітонцидних рослин:

Сусіднє висаджування культур, які виділяють фітонциди, що відлякують шкідників або пригнічують патогенні організми.

Наприклад: часник, цибуля, календула, кріп, м'ята, полин.

Обробка рослин екстрактами або настоянками: виготовлення настоїв з фітонцидних рослин (часнику, хрону, цибулі, сосни тощо) для обприскування культур.

Такі обробки знижують ризик захворювань, наприклад, грибкових інфекцій.

Сівозміна та змішані посадки:

Розміщення рослин з різними фітонцидними властивостями на одному полі для створення природного бар'єру проти шкідників.

Мульчування:

Використання подрібненої фітонцидної рослинності як мульчі для захисту ґрунту та придушення бур'янів.

Переваги методу:

Екологічність: не використовуються хімічні пестициди.

Покращення здоров'я ґрунту.

Безпечність для людини та корисних комах (наприклад, бджіл).

Економічна доступність. Менша ефективність порівняно з хімічними засобами в критичних ситуаціях. Потребує знань про властивості рослин та їх

взаємодії. Фітонцидний метод ідеально підходить для органічного землеробства та малих фермерських господарств, де важливий баланс між врожайністю та екологічністю [8].

Висновок. Фітонцидний метод захисту рослин є екологічно безпечною та ефективною альтернативою хімічним пестицидам. Завдяки природним антимікробним і інсектицидним властивостям фітонцидів можна значно знизити рівень хімічного навантаження на агроценози, покращити якість урожаю та зберегти біорізноманіття.

Застосування фітонцидних рослин і біопрепаратів на їх основі дозволяє зміцнити імунітет культур, підвищити їхню стійкість до патогенів і шкідників, а також сприяє відновленню ґрунтової мікрофлори. Подальші дослідження та впровадження цього методу в аграрну практику можуть суттєво сприяти розвитку сталого землеробства та збереженню екологічної рівноваги.

Список використаної літератури

1. Станкевич С., Броун І. Перспективи використання фітонцидів у захисті рослин. *Пропозиція*. 2019. №8. С. 45-48
2. Окрушко С.Є. Фітонцидологія. Методичні вказівки до виконання практичних робіт здобувачами вищої освіти факультету агрономії, садівництва та захисту рослин рівень вищої освіти перший (бакалаврський), галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство», спеціальності: 202 «Захист і карантин рослин». Вінниця, 2023. 46 с.
3. Перспективи використання фітонцидів у захисті рослин: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/perspektyvy-vykorystannya-fitoncydiv-u-zahysti-roslyn> (дата звернення 15.12.2024)
4. Білик М.О. Біологічний захист рослин від шкідливих організмів. Харків: Майдан, 2022. 356 с.
5. Іутинська Г.О., Білявська Л.О. Застосування новітніх біопрепаратів у рослинництві. К, 2022. 104 с.
6. Буценко Л.М., Пирог Т.П. Біотехнологічні методи захисту рослин. Київ: Ліра-К, 2021. 346 с.
7. Писаренко В. М., Піщаленко М. А., Поспелова Г. Д., Горб О. О., Коваленко Н. П., Шерстюк О. Л. Інтегрований захист рослин. Полтава, 2020. 247 с.
8. Біологічний метод захисту рослин: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/slovník-agronoma/biologichniy-metod-zahistu-roslin-id20043> (дата звернення 15.12.2024)
9. Манник: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%BF%D0%B5%D1%88%D0%BD%D1%8F%D0%BA> (дата звернення 25.12.2024)
10. Зелена яблунева попелиця. URL: <https://superagronom.com/shkidniki-rivnokrili-homoptera/zelena-yabluneva-popelitsya-id16570> (дата звернення 19.12.2024)

Артем БОБЧАК⁶,
студент 3 курсу,
агрономії, садівництва та захисту рослин факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН І ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

***Анотація.** Ґрунт є основним середовищем для росту та розвитку рослин, а його фізичні, хімічні та біологічні властивості впливають на засвоєння поживних речовин та ефективність застосування добрив. Властивості ґрунту, такі як механічний склад, кислотність, вміст органічної речовини, водний і повітряний режим, визначають доступність макро- та мікроелементів для рослинного живлення.*

Хімічний склад ґрунту, зокрема рівень кислотності, є важливим чинником, що визначає доступність таких елементів, як азот, фосфор, калій, кальцій, магній, залізо та мікроелементи. Надмірна кислотність або лужність ґрунту може обмежувати засвоєння окремих поживних речовин, що вимагає проведення заходів щодо вапнування або застосування кислотних добрив.

Застосування добрив повинно здійснюватися з урахуванням властивостей ґрунту, щоб забезпечити ефективне живлення рослин і зменшити негативний вплив на довкілля. Розуміння властивостей ґрунту та їхнього впливу на живлення рослин є основою для ефективного та екологічно збалансованого землеробства.

***Ключові слова:** ґрунт; живлення рослин; механічний склад; кислотність; органічна речовина; макро- та мікроелементи; добрива, мікроорганізми; точне землеробство; врожайність; агроecosистеми.*

***Annotation.** Soil is the main medium for plant growth and development, and its physical, chemical and biological properties affect the assimilation of nutrients and the efficiency of fertilizer application. Soil properties, such as mechanical composition, acidity, organic matter content, water and air regime, determine the availability of macro- and microelements for plant nutrition.*

The chemical composition of the soil, in particular the level of acidity, is an important factor determining the availability of elements such as nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron and microelements. Excessive acidity or alkalinity of the soil can limit the assimilation of individual nutrients, which requires measures for liming or the use of acid fertilizers.

The application of fertilizers should be carried out taking into account the properties of the soil in order to ensure effective plant nutrition and reduce the negative impact on the environment. Understanding the properties of the soil and their influence on plant nutrition is the basis for effective and environmentally balanced agriculture.

⁶Науковий керівник: – Забарна Т. А., кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії.

Keywords: *soil; plant nutrition; mechanical composition; acidity; organic matter; macro- and microelements; fertilizers; microorganisms; precision agriculture; yield; agroecosystems.*

Вступ. Ґрунт є основним природним середовищем, у якому відбувається ріст і розвиток рослин. Його фізичні, хімічні та біологічні властивості визначають доступність води, повітря та поживних речовин, що необхідні для підтримки життєвих процесів у рослинних організмах. Різні типи ґрунтів відрізняються за структурою, водоутримуючою здатністю, кислотністю, вмістом органічної речовини та мікроелементним складом, що впливає на ефективність засвоєння поживних речовин кореневою системою.

Оскільки природна родючість ґрунтів не завжди може забезпечити рослини всіма необхідними елементами живлення, застосування добрив є невід’ємним елементом сільськогосподарського виробництва. Добрива сприяють покращенню фізико-хімічних характеристик ґрунту та оптимізують баланс поживних речовин, що, у свою чергу, підвищує врожайність і якість продукції. Однак ефективність удобрення значною мірою залежить від особливостей ґрунтового покриву, оскільки різні ґрунти мають відмінну здатність утримувати поживні елементи, обмінювати йони та забезпечувати доступність мінеральних речовин для рослин.

Знання про властивості ґрунту та їхній вплив на живлення рослин є основою для розробки ефективних стратегій удобрення. Врахування механічного складу, кислотності, органічного вмісту та активності мікроорганізмів дозволяє оптимізувати використання органічних і мінеральних добрив, уникати надлишкового забруднення довкілля та забезпечувати сталий розвиток агросистем.

У даній роботі розглядаються основні властивості ґрунтів, їхній вплив на доступність поживних речовин для рослин, а також принципи застосування добрив з урахуванням ґрунтових умов. Аналіз цих факторів дозволяє сформулювати комплексний підхід до управління родючістю ґрунту та підвищення ефективності використання добрив у сучасному землеробстві.

Метою: цієї роботи є вивчення властивостей ґрунту та їх вплив на живлення рослин і застосування добрив.

Виклад основного матеріалу. Ґрунт є складною природною системою, що забезпечує рослини водою, повітрям і поживними речовинами, необхідними для їхнього росту та розвитку. Властивості ґрунту визначають його родючість, а відтак і здатність підтримувати життєдіяльність рослин. Три основні групи властивостей – фізичні, хімічні та біологічні – впливають на засвоєння рослинами макро- та мікроелементів, ефективність кореневого живлення та необхідність застосування добрив.

Фізичні властивості ґрунту, такі як його структура, гранулометричний склад, водоутримуюча здатність та аерація, мають вирішальне значення для розвитку кореневої системи. Структура ґрунту визначає його пористість, здатність утримувати вологу та забезпечувати доступ кисню до коренів.

Наприклад, піщані ґрунти, що складаються з великих частинок, мають гарну водопроникність, але швидко висихають, що може призводити до нестачі вологи для рослин. Натомість глинисті ґрунти добре утримують вологу, але водночас можуть спричиняти застій води, що обмежує доступ кисню до кореневої системи та може призводити до загибелі рослин. Оптимальним варіантом для сільськогосподарського використання є суглинкові ґрунти, які поєднують переваги піщаних і глинистих ґрунтів, забезпечуючи баланс між водопроникністю та водоутриманням [1].

Окрім структури, важливим фактором є водний та повітряний режими ґрунту. Рослини потребують як вологи для транспортування поживних речовин, так і кисню для дихання кореневої системи. Якщо ґрунт надмірно ущільнений або перенасичений водою, корені не можуть отримувати достатню кількість кисню, що пригнічує їхній розвиток і може спричинити анаеробні процеси. Навпаки, якщо вологість ґрунту недостатня, поглинання поживних речовин стає ускладненим, оскільки вони залишаються у формі, недоступній для кореневої системи.

Хімічні властивості ґрунту також відіграють важливу роль у процесах живлення рослин, зокрема кислотність ґрунту, ємність катіонного обміну та вміст макро- і мікроелементів. Кислотність (pH) ґрунту впливає на доступність поживних елементів: при високій кислотності багато мінеральних речовин переходять у нерозчинну форму, що ускладнює їхнє засвоєння рослинами. Наприклад, у кислому середовищі погіршується доступність фосфору, тоді як у лужних ґрунтах відбувається дефіцит заліза, бору та марганцю. Регулювання кислотності за допомогою вапнування або внесення кислих добрив дозволяє покращити засвоєння поживних речовин і підтримувати оптимальний рівень pH для конкретних культур.

Ємність катіонного обміну є важливим показником здатності ґрунту утримувати поживні речовини у формі, доступній для рослин. Висока ємність обміну означає, що ґрунт здатний ефективно акумулювати такі елементи, як калій, кальцій, магній, натрій, іонний амоній та інші поживні речовини, поступово вивільняючи їх у процесі росту рослин. Цей показник тісно пов'язаний із вмістом органічної речовини (гумусу), а також глинистих частинок, які мають високу обмінну здатність.

Макро- та мікроелементи, що містяться у ґрунті, є ключовими для росту та розвитку рослин. Основними макроелементами є азот, фосфор і калій, які необхідні у великих кількостях. Азот є основним елементом для синтезу білків та росту листя, фосфор сприяє розвитку кореневої системи та енергетичному обміну, а калій підвищує стійкість рослин до стресових умов. Окрім макроелементів, ґрунт містить мікроелементи, такі як залізо, мідь, цинк, бор і марганець, які необхідні у невеликих кількостях, але мають критичне значення для фотосинтезу, ферментативної активності та регуляції росту [2].

Біологічні властивості ґрунту, зокрема активність мікроорганізмів, є ключовими для підтримання його родючості. Мікроорганізми розкладають органічну речовину, трансформуючи її у форми, доступні для рослинного

живлення. Наприклад, азотфіксуючі бактерії (різобії) взаємодіють із бобовими культурами, збагачуючи ґрунт азотом. Також важливу роль відіграють мікоризні гриби, які покращують поглинання фосфору рослинами, формуючи симбіотичні зв'язки з кореневою системою.

Вміст гумусу є одним із головних показників родючості ґрунту. Гумус сприяє покращенню структури ґрунту, підвищує його вологоємність і ємність катіонного обміну, що дозволяє ефективніше утримувати поживні речовини. Крім того, органічні сполуки, що містяться у гумусі, слугують джерелом енергії для ґрунтових мікроорганізмів, підтримуючи біологічну активність ґрунту.

Таблиця 1. Властивості ґрунту та їх вплив на живлення рослин і застосування добрив [3]

Властивість ґрунту	Вплив на живлення рослин	Вплив на застосування добрив
Механічний склад (пісок, суглинок, глина)	Визначає водо- і повітропроникність, здатність утримувати поживні речовини.	На легких ґрунтах (піщаних) добрива вимиваються швидше, тому потрібні частіші підживлення. У важких (глинистих) – повільніше засвоюються, потрібно враховувати метод внесення.
Структурність (грудкувата, розпилена)	Покращує аерацію та проникність коренів, затримує вологу.	Грудкуватий ґрунт краще утримує добрива, а розпилений сприяє їх швидкому вимиванню.
Вологість	Впливає на доступність поживних речовин і ріст коренів.	В сухому ґрунті добрива погано розчиняються, потрібен полив після внесення.
Кислотність (pH)	Визначає доступність макро- і мікроелементів. Оптимальний pH для більшості культур – 5,5-7,0.	При низькому pH (кислих ґрунтах) погано засвоюється фосфор, потрібно вапнування. При високому pH (лужних) – погано засвоюється залізо, марганець, бор.
Гумус (вміст органічної речовини)	Джерело поживних речовин, покращує структуру ґрунту.	Багаті гумусом ґрунти потребують менше мінеральних добрив, бідні – більше органічних добрив.
Ємність катіонного обміну (ЄКО)	Визначає здатність ґрунту утримувати поживні речовини.	Висока ЄКО (глинисті ґрунти) утримує добрива краще, низька (піщані) – потребує частіших внесень добрив.
Солоність	Впливає на всмоктування води і токсичність для рослин.	Солоні ґрунти потребують гіпсування та обережного використання мінеральних добрив.

Таким чином, важливо врахувати те, що фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту є взаємопов'язаними та визначають його здатність забезпечувати рослини необхідними елементами живлення. Розуміння цих властивостей дозволяє оптимізувати застосування добрив, підвищити врожайність сільськогосподарських культур та підтримувати довготривалу родючість ґрунту. Сучасне сільське господарство потребує комплексного підходу до управління ґрунтовими ресурсами, що включає аналіз його характеристик, застосування агрохімічних досліджень і використання екологічно збалансованих технологій удобрення.

Ґрунт є основним джерелом поживних речовин, необхідних для росту та розвитку рослин. Його властивості безпосередньо впливають на доступність води, макро- та мікроелементів, а також на ефективність кореневого живлення. Серед основних факторів, що визначають рівень родючості ґрунту, слід виокремити механічний склад, кислотність, вміст органічної речовини, а також показники вологості та аерації.

Механічний склад ґрунту визначає його здатність утримувати воду і поживні речовини, а також впливає на структуру кореневого середовища. Легкі піщані ґрунти характеризуються великою кількістю макропор, що сприяє швидкому дренажу води. Це призводить до вимивання поживних елементів, таких як азот, калій і магній, що зменшує їх доступність для рослин. У таких ґрунтах необхідно частіше вносити добрива невеликими дозами, щоб уникнути втрат поживних речовин. Навпаки, важкі глинисті ґрунти мають високу вологоутримуючу здатність, що може спричиняти застій води та недостатню аерацію. Це обмежує доступ кисню до коренів, що, у свою чергу, може спричинити гниття кореневої системи та зниження активності мікроорганізмів, відповідальних за розкладання органічної речовини. Оптимальним для сільськогосподарського виробництва є суглинковий механічний склад ґрунту, що забезпечує баланс між утриманням вологи та доступом повітря [4].

Кислотність ґрунту (pH) є одним із найважливіших чинників, що визначають ефективність засвоєння поживних речовин рослинами. У кислому середовищі (pH нижче 5,5) фосфор зв'язується з алюмінієм і залізом, утворюючи нерозчинні сполуки, недоступні для кореневої системи. Крім того, у таких ґрунтах може спостерігатися токсичний вплив підвищеної концентрації алюмінію та марганцю. Вапнування ґрунту дозволяє нейтралізувати кислотність і покращити доступність основних макроелементів, таких як кальцій, магній і фосфор. У лужних ґрунтах (pH вище 7,5) може спостерігатися дефіцит мікроелементів, зокрема заліза, цинку та бору, що особливо важливо для культур, чутливих до нестачі цих елементів, таких як виноград або яблуна. Оптимальним для більшості сільськогосподарських культур є слабнокислий або нейтральний pH у межах 5,5–7,0.

Вміст органічної речовини у ґрунті має значний вплив на його родючість і забезпечення рослин поживними речовинами. Гумус відіграє ключову роль у покращенні структури ґрунту, збільшенні його вологоємності та здатності утримувати катіони поживних елементів. Органічна речовина є джерелом азоту,

фосфору та сірки, які вивільняються під час мінералізації гумусу під дією ґрунтових мікроорганізмів. Внесення органічних добрив, таких як гній, компости або сидерати, сприяє підвищенню мікробіологічної активності ґрунту, що стимулює утворення доступних для рослин поживних речовин. Окрім цього, органічні речовини покращують ґрунтову структуру, знижують ризик ерозії та сприяють утриманню вологи, що особливо важливо для посушливих регіонів.

Вологість і аерація ґрунту також є визначальними факторами у кореновому живленні рослин. Вода є середовищем, у якому розчиняються поживні речовини, забезпечуючи їх транспортування до кореневої системи. Надмірна або недостатня кількість вологи може негативно впливати на ріст і розвиток рослин. У посушливих умовах знижується рух поживних елементів у ґрунті, що ускладнює їхнє засвоєння рослинами. Натомість перезволоження знижує доступність кисню, що є критично важливим для дихання кореневої системи. Аерація ґрунту забезпечує достатній рівень кисню, необхідний для кореневого метаболізму та активності мікроорганізмів. Деякі агротехнічні заходи, такі як глибоке розпушування або застосування мульчування, можуть сприяти покращенню повітряного обміну та утриманню оптимального рівня вологості.

Таким чином, фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту безпосередньо впливають на ефективність живлення рослин. Оптимізація цих параметрів шляхом корекції кислотності, внесення органічних речовин, підтримання балансу між аерацією та вологоутриманням дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур та забезпечити сталість ґрунтових ресурсів у довгостроковій перспективі [5].

Родючість ґрунту та ефективність живлення рослин значною мірою залежать від правильного застосування добрив. Внесення органічних, мінеральних та мікродобрив повинно враховувати фізико-хімічні властивості ґрунту, щоб забезпечити оптимальну доступність поживних речовин і запобігти негативним наслідкам для навколишнього середовища. Правильний підхід до удобрення дозволяє підвищити продуктивність сільськогосподарських культур, підтримувати біологічну активність ґрунту та запобігати його деградації.

Органічні добрива, такі як гній, компост і сидерати, відіграють важливу роль у збереженні та покращенні структури ґрунту. Вони збагачують ґрунт органічною речовиною, підвищують його водоутримуючу здатність, сприяють утворенню гумусу та стимулюють активність корисних мікроорганізмів. Гній є джерелом азоту, фосфору та калію, а також мікроелементів, що робить його універсальним добривом для більшості культур. Компост сприяє покращенню ґрунтової структури та забезпечує поступове вивільнення поживних речовин. Сидерати, або зелені добрива, після їхнього заробляння у ґрунт підвищують вміст органічної речовини та покращують аерацію, особливо у важких глинистих ґрунтах.

Мінеральні добрива забезпечують рослини макроелементами, необхідними для їхнього росту та розвитку. Внесення азотних добрив сприяє формуванню листової маси, але їх ефективність залежить від типу ґрунту: у піщаних ґрунтах азот швидко вимивається, тому необхідно розподіляти його

внесення на кілька етапів. Фосфорні добрива покращують розвиток кореневої системи, але у кислих або лужних ґрунтах їхня доступність знижується через утворення нерозчинних сполук. Калійні добрива підвищують стійкість рослин до посухи та морозів, а також сприяють формуванню якісного врожаю, особливо у піщаних ґрунтах, де калій швидко вимивається.

Мікродобрива необхідні для коригування дефіциту певних елементів, які можуть бути малодоступними у різних типах ґрунтів. Наприклад, у карбонатних ґрунтах часто спостерігається дефіцит заліза, що призводить до хлорозу рослин. Внесення борних добрив необхідне для культур, чутливих до нестачі бору, таких як цукровий буряк і соняшник. Оптимальне використання мікроелементів забезпечує збалансоване живлення рослин і підвищує їхню продуктивність.

Одним із ключових факторів ефективного удобрення є оптимізація внесення добрив залежно від властивостей ґрунту. Визначення кислотності ґрунту (рН) є критично важливим, оскільки у занадто кислих або лужних умовах багато поживних речовин стають недоступними для рослин. У кислих ґрунтах необхідне вапнування, яке підвищує рН та покращує засвоєння фосфору, кальцію і магнію. У лужних ґрунтах рекомендується використовувати сульфатні добрива та амонійні форми азоту для зниження рН у прикореневій зоні [6].

Тип ґрунту також впливає на вибір добрив та способи їхнього внесення. У піщаних ґрунтах, що мають низьку ємність катіонного обміну, рекомендується частіше вносити азотні та калійні добрива невеликими дозами, щоб уникнути їхнього вимивання. Глинисті ґрунти мають здатність добре утримувати поживні речовини, але потребують глибокого розпушування для покращення повітрообміну. У чорноземах, які є природно родючими, особливу увагу слід приділяти підтриманню органічної речовини та уникненню надлишкового внесення азотних добрив, що може призвести до втрат азоту у вигляді газоподібних сполук.

Доступність поживних елементів залежить не лише від їхньої кількості, а й від взаємодії між ними. Наприклад, надлишок калію може зменшувати поглинання магнію, а надлишкове внесення азоту може негативно впливати на засвоєння бору. Врахування цих взаємодій є необхідним для раціонального застосування добрив і підтримання балансу поживних речовин у ґрунті.

Існують різні системи удобрення, які використовуються в залежності від специфіки вирощування культур, типу ґрунту та технологій землеробства. Традиційна система удобрення передбачає внесення органічних і мінеральних добрив у стандартних дозах без урахування змін ґрунтових показників. Органічна система удобрення базується на використанні природних добрив, що сприяють збереженню біологічної активності ґрунту, але потребує тривалого періоду для досягнення ефекту. Інтегрована система передбачає комбіноване застосування мінеральних і органічних добрив, що дозволяє отримати максимальний ефект від їхнього використання.

Перспективним напрямом є застосування технологій точного землеробства, які дозволяють оптимізувати удобрення відповідно до потреб конкретних ділянок поля. Використання супутникового моніторингу, ґрунтового

картографування та сенсорних технологій дає можливість визначити дефіцит поживних речовин у різних зонах поля та внести добрива з максимальною точністю. Це дозволяє значно зменшити витрати на добрива, підвищити врожайність і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Надлишкове внесення добрив може призводити до деградації ґрунтів, зменшення вмісту гумусу, засолення та забруднення підземних вод нітратами. Висока концентрація мінеральних добрив може також порушувати баланс поживних речовин, що негативно впливає на розвиток рослин і мікрофлори ґрунту. Розумне поєднання органічних і мінеральних добрив, дотримання дозувань і застосування адаптивних агротехнологій допомагають зберегти родючість ґрунту та підвищити ефективність використання добрив [7].

Таким чином, застосування добрив з урахуванням властивостей ґрунту є ключовим фактором ефективного землеробства. Врахування типу ґрунту, його кислотності, механічного складу та органічної речовини дозволяє збалансувати живлення рослин, підвищити врожайність і зменшити екологічні ризики. Використання сучасних методів аналізу ґрунту та технологій точного землеробства відкриває нові можливості для раціонального управління ґрунтовими ресурсами та оптимального удобрення.

Висновок. Ґрунт є основним середовищем для розвитку рослин, а його фізичні, хімічні та біологічні властивості безпосередньо визначають рівень родючості та ефективність засвоєння поживних речовин. Різні типи ґрунтів по-різному утримують воду, повітря та поживні елементи, що впливає на зростання і розвиток рослин. Оптимальна структура, кислотність і біологічна активність ґрунту забезпечують баланс між вологою, поживними речовинами та кореневою системою рослин, що є ключовим фактором у досягненні високих урожаїв.

Механічний склад ґрунту визначає його водоутримуючу здатність та аерацію, що впливає на доступність поживних елементів для рослин. У свою чергу, кислотність ґрунту (pH) регулює засвоєння макро- та мікроелементів, а біологічна активність, зокрема гумус і мікроорганізми, сприяють розкладу органічної речовини та покращенню структури ґрунту.

Застосування добрив має відбуватися з урахуванням властивостей ґрунту, щоб забезпечити оптимальне живлення рослин. Органічні добрива покращують фізико-хімічні властивості ґрунту, підвищують рівень гумусу та стимулюють мікробіологічну активність. Мінеральні добрива ефективно коригують дефіцит макроелементів, однак їхнє надмірне використання може призводити до деградації ґрунту та забруднення довкілля. Важливим є також застосування мікродобрив, які допомагають компенсувати нестачу окремих елементів, необхідних для нормального розвитку рослин.

Оптимізація удобрення передбачає врахування типу ґрунту, його кислотності та взаємодії між елементами живлення. Вапнування кислих ґрунтів, внесення добрив з урахуванням гранулометричного складу, а також використання систем точного землеробства дозволяють підвищити ефективність удобрення та зменшити негативний вплив на ґрунтові ресурси.

Раціональне управління ґрунтовим живленням є запорукою сталого розвитку агросистем. Використання сучасних технологій, моніторинг стану ґрунту та оптимальне дозування добрив сприяють збереженню родючості ґрунтів, підвищенню врожайності та забезпеченню екологічної рівноваги. Збалансований підхід до використання ґрунтових ресурсів є необхідною умовою для ефективного сільськогосподарського виробництва та охорони довкілля.

Список використаної літератури

1. Бабкіна І.М. Ґрунтознавство: навч. Посібник. Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 168 с.
2. Балюк С. А., Мірошніченко М. М., Трускавецький Р. С. Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 452 с.
3. Войтків П. С. Технології захисту та відновлення ґрунтів: методичний посібник / уклад Войтків П. С. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2022. 104 с.
4. Бережняк М. Ф., Якубенко Б. Є., Чурілов А. М., Сендзюк Р. В. Ґрунтознавство : навч. посіб. для студ. / Київ : Ліра-К, 2020. 610 с.
5. Дегтярьов В. В., Крохін С. В., Дегтярьов Ю. В., Гавва Д. В. Охорона ґрунтів: навч. посіб. за ред. д-ра с.-г. н, проф. В. В. Дегтярьова. Харків, 2023 276 с.
6. Соловей В. Б. та ін. Методика визначення агровиробничих груп ґрунтів (для нормативногрошової оцінки). Харків : ФОП Бровін О.В., 2020. 244 с.
7. Сидякіна О. В. Ефективність біодеструкторів у сучасних агротехнологіях. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2021. Вип. 119. С. 123–129.

Ілля ВАРГА⁷,
студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ХВОЩЕПОДІБНІ, АБО ЕКВІЗЕТОФІТИ (EQUISETOPHYTA): ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗНАЧЕННЯ

Анотація. У даній статті досліджено хвощеподібні рослини, або Еквізетофіти (*Equisetophyta*), – це судинні рослини, що розмножуються спорами. Є сучасні трав'янисті види, а колись давно були ще й величезні деревоподібні, які дуже впливали на природу в часи палеозою. Досліджено, як влаштовані дані рослини, їхню будову і як вони розвиваються, взявши за приклад рід Хвоц (*Equisetum*), зокрема хвоц лучний (*Equisetum arvense*). Метою даної статті є розуміння, як хвоці пристосувалися до життя в різних умовах, яку

⁷ Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

роль вони відіграють у природі і як їх можна використовувати людям. Виявилося, що сучасні хвоїці мають стебла з чіткими сегментами, маленькі листочки і міцні корені під землею, а фотосинтез у них відбувається в зелених стеблах. Встановлено, що деякі види, наприклад каламіти, виростили до 15 метрів і допомагали утворювати кам'яне вугілля. Їхні особливості – це багато кремнію в клітинах, що робить їх міцними, і розмноження через корені. Встановлено, що хвоїці допомагають тримати ґрунт на місці і показують, як почувається екосистема, хоча деякі з них – бур'яни, що шкодять. Також у статті описано, як хвоїці використовують у медицині, промисловості й навіть для шліфування матеріалів.

Ключові слова: еквізетофіти, хвоц лучний, кремній, фотосинтез, природа, еволюція, палеозой, пристосування.

Annotation. My research is about horsetails, or Equisetophyta – a group of vascular plants that spread by spores. There are modern grassy kinds and old tree-like ones that played a big role in nature back in the Paleozoic times. I looked at how these plants are built, their anatomy, and how they grow, using the genus Equisetum, especially field horsetail (Equisetum arvense), as an example. My goal was to figure out how horsetails adapted to different environments, what they do in nature, and how people can use them. I found out that today's horsetails have stems split into segments, tiny leaves, and strong underground roots, and they do photosynthesis with their green stems. Long ago, plants like calamites grew up to 15 meters and helped make coal deposits. They're special because they have lots of silica in their cells, which makes them tough, and they spread using their roots. I learned that horsetails help hold soil together and can show how healthy an ecosystem is, though some are pesky weeds. The paper also talks about how they're used in medicine, industry, and even as sandpaper.

Keywords: equisetophytes, field horsetail, silica, photosynthesis, ecosystem, evolution, Paleozoic, adaptation.

Вступ. Еквізетофіти, відомі як хвоцеподібні (Equisetophyta), належать до найстаріших судинних рослин, що виникли в девонському періоді палеозойської ери, приблизно 385 мільйонів років тому. Ці рослини суттєво вплинули на розвиток рослинності Землі, особливо в кам'яновугільний період, коли їхні гігантські предки, наприклад каламіти, утворювали густі ліси в заболочених місцевостях. У наш час, хвоцеподібні представлені лише родом Хвоц (Equisetum), який включає близько 30 видів трав'янистих багаторічників. Їхня своєрідна будова – сегментовані стебла й зредуковані листки – разом із високою екологічною адаптивністю робить їх важливим об'єктом для ботаніки. Вивчення хвоцеподібних є актуальним через їхню участь у природних процесах, можливість застосування в господарстві та медицині, а також необхідність з'ясування еволюційних шляхів, що дозволили їм зберегтися до сьогодні.

Сучасна наука активно досліджує хвоцеподібних із різних перспектив. Так, О. Клименко наголошував на значенні силікатів у тканинах хвоців як фактору стійкості до фізичних ушкоджень. В. Іванов підкреслював їхню здатність закріплювати ґрунти у вологих зонах. Проте, низка питань залишається

відкритою: як кліматичні зміни впливають на ареал хвощів? Які генетичні особливості забезпечують їхнє вегетативне розмноження? Хвощеподібні мають подвійне значення для людини: вони є джерелом лікувальних речовин, але водночас деякі види, як хвощ лучний, ускладнюють агровиробництво, будучи бур'янами.

Особливу увагу привертає їхня роль у формуванні екосистем минулого й сьогодення. У палеозої хвощеподібні не лише домінували в ландшафтах, а й стали основою для накопичення органічної речовини, що згодом трансформувалася у вугільні пласти. Сьогодні вони продовжують впливати на біогеохімічні цикли, зокрема через накопичення кремнію, що робить їх унікальними серед сучасних рослин. Ця властивість викликає інтерес не лише в ботаніків, а й у геологів та екологів, які досліджують взаємозв'язок між рослинним покривом і геологічними процесами.

Досі недостатньо з'ясовано причини вимирання більшості хвощеподібних у минулому, коли їхня різноманітність була значно більшою, про що свідчать рештки каламофітів і клинолистів. У сучасних умовах деградації земель і змін водного режиму хвощеподібні можуть стати моделлю для аналізу пристосувань рослин до складних середовищ. Їхня стійкість до екстремальних умов, як-от заболочення чи бідні ґрунти, відкриває нові перспективи для вивчення адаптивної еволюції та пошуку шляхів відновлення порушених екосистем.

Мета цієї роботи – дослідити анатомічні, морфологічні та екологічні властивості хвощеподібних, а також оцінити їхню цінність для природи й людства. Завдання включають: опис будови сучасних і викопних представників, розгляд їхнього життєвого циклу, оцінку механізмів пристосування та визначення можливостей використання в наш час. Результати можуть допомогти краще зрозуміти еволюцію судинних рослин і розробити заходи для збереження природного різноманіття.

Виклад основного матеріалу. Хвощеподібні (*Equisetophyta*) – це вищі спорові рослини з характерною будовою й циклом розвитку, у якому переважає спорофіт. Сьогодні їх представляє рід Хвощ (*Equisetum*), тоді як у палеозої існували численні класи, зокрема каламіти й клинолисти. Їхня структура відображає пристосування до різних умов протягом еволюційної історії.

Будова й анатомічні особливості. Сучасні хвощі – це багаторічні трав'янисті рослини, що належать до роду Хвощ (*Equisetum*), єдиного збереженого представника відділу *Equisetophyta* [5]. Їхня унікальна будова відображає еволюційні адаптації до різноманітних умов середовища, що дозволили цій групі вижити з палеозойських часів.

Характерною рисою хвощів є чітко сегментовані пагони, поділені на вузли та міжвузля. Така структура забезпечує гнучкість і міцність, що особливо важливо для рослин, які часто ростуть у вологих або вітряних умовах. Міжвузля мають ребристу поверхню з поздовжніми борозенками, що додають стеблу механічної стійкості, а також полегшують транспортування речовин завдяки наявності внутрішніх порожнин.

Листки хвощів редуковані до дрібних лусок, які формують кільцеподібні піхви навколо вузлів. Ці лусочки є залишками справжніх листків, що втратили фотосинтетичну функцію в процесі еволюції. Натомість основну роль у фотосинтезі відіграють зелені стебла, які містять хлорофіл у поверхневих тканинах – епідермі та хлоренхімі [2].

У хвоща лучного (*Equisetum arvense*) чітко виражений диморфізм пагонів: весняні пагони – бурі, спороносні, з конусоподібними стробілами на верхівках – слугують для розмноження, тоді як літні пагони – зелені, асиміляційні – відповідають за накопичення поживних речовин. Така спеціалізація пагонів підвищує ефективність життєвого циклу рослини, дозволяючи їй оптимально використовувати сезонні умови.

Коренева система хвощів представлена розгалуженими підземними кореневищами, які відіграють ключову роль у вегетативному розмноженні. Кореневища можуть утворювати густу мережу, що сприяє швидкому поширенню рослини навіть у складних ґрунтових умовах, таких як піщані чи заболочені території. Крім того, від кореневищ відходять тонкі додаткові корені, які забезпечують поглинання води та мінеральних речовин. Ця особливість робить хвощі стійкими до конкуренції з іншими видами та дозволяє їм колонізувати великі площі.

Важливою анатомічною особливістю хвощів є високий вміст силікатів (SiO_2) у клітинних стінках стебел – до 10-15% у хвоща лучного. Кремній відкладається у вигляді аморфного силікату в епідермі та механічних тканинах, надаючи стеблам твердості й пружності. Це не лише захищає рослину від механічних пошкоджень і поїдання травоядними, а й сприяє збереженню викопних решток у геологічному літописі. Внутрішня будова стебла включає центральну порожнину, оточену кільцем судинних пучків із ксилемою та флоемою, що забезпечують транспорт води й органічних сполук. Між судинними пучками розташовані повітряні канали (валекули), які полегшують газообмін у вологих середовищах.

На мікроскопічному рівні стебла хвощів демонструють унікальну комбінацію тканин. Епідерма вкрита товстим шаром кутикули з вкрапленнями силікатів, що знижує втрату води. Під епідермою розташована хлоренхіма, яка виконує фотосинтетичну функцію, а глибше – механічна тканина (склеренхіма), що посилює структурну підтримку. Така анатомія робить хвощі надзвичайно адаптивними до різних екологічних ніш, від вологих боліт до сухих схилів.

Наприклад, у хвоща лучного наявність силікатів і порожнин у стеблі дозволяє йому витримувати як надлишок вологи, так і тимчасову посуху, що пояснює його широке поширення в помірних широтах. На рис. 1 зображено анатомію пагона хвоща лучного.



Рис.1. Анатомія пагона хвоща лучного

Викопні хвощеподібні, як-от каламіти, були деревовидними, досягаючи 15 м заввишки й 50 см у діаметрі стовбура. Їхні стебла також містили силікати, що допомагало збереженню викопних залишків. Анатомія хвощів включає судинну систему з ксилемою та флоемою й порожнину в стеблі, що зменшує його масу [1].

Цикл розвитку. Хвощеподібні належать до рівноспорових рослин із чергуванням поколінь. Спорофіт формує спорангії в стробілах на кінцях пагонів. Спори з елатерами розносяться вітром.

Гаметофіт – дрібна зелена структура, що виростає зі спори й несе антеридії та архегонії. Запліднення залежить від води через рухливі сперматозоїди. У табл. 1 порівняно розміри спорофіту й гаметофіту в хвоща лучного та хвоща болотного (*Equisetum palustre*).

Таблиця 1. Порівняння розмірів спорофіту й гаметофіту хвощів

Вид	Висота спорофіту (см)	Розмір гаметофіту (мм)
<i>E. arvense</i>	20-50	5-10
<i>E. palustre</i>	30-60	8-12

У викопних каламітів спорофіти були значно більшими, але гаметофіти залишалися малими, що вказує на еволюційне домінування спорофітного покоління.

Екологічне значення та пристосування. Сучасні хвощі ростуть у вологих середовищах – на луках, болотах, берегах водойм. Їхні кореневища закріплюють ґрунт, запобігаючи ерозії, а силікати захищають від поїдання тваринами. У тропічних регіонах хвощ гігантський (*Equisetum giganteum*) сягає 12 м, використовуючи опору інших рослин. Викопні хвощеподібні утворювали зарості, що згодом перетворилися на вугілля [4].

Пристосування включають розмноження кореневищами та стійкість до надлишку вологи завдяки порожнистим стеблам [3]. У табл. 2 наведено вміст силікатів у різних видах хвощів.

Таблиця 2. Концентрація силікатів у стеблах хвощів

Вид	Вміст SiO ₂ (%)
<i>E. arvense</i>	10-15
<i>E. sylvaticum</i>	8-12
<i>E. giganteum</i>	12-18

Висновки. Аналіз хвощеподібних (*Equisetophyta*) виявив їхні виняткові морфологічні й екологічні риси, що забезпечили виживання цієї групи від палеозою до наших днів. Сучасні види, як-от *Equisetum arvense*, мають сегментовані стебла, зредуковані листки та силікати в тканинах (10-15%), що додають міцності й стійкості. Вимерлі представники, наприклад каламіти, виростали до 15 м і брали участь у створенні вугільних покладів, демонструючи їхнє значення в історії Землі. Життєвий цикл із переважанням спорофіту й дрібним гаметофітом (5-12 мм) підкреслює еволюційну спеціалізацію до наземного життя, хоча процес запліднення потребує вологи.

Екологічна функція хвощів різноманітна: їхні кореневища закріплюють ґрунти, що видно на прикладі хвоща лучного, який активно росте за зволоження 60-80%, тоді як тропічний *E. giganteum* досягає 12 м завдяки опорній адаптації. Силікати (від 8% у хвоща лісового до 18% у хвоща гігантського) захищають від механічних пошкоджень і травоядних, а вегетативне розмноження забезпечує швидке відновлення популяцій. Хвощі можуть бути корисними для стабілізації ґрунтів, але також виступають бур'янами, залежно від виду та умов.

Теоретична цінність роботи полягає в уточненні еволюційних особливостей хвощеподібних, що допомогли їм пережити глобальні зміни. Практична користь пов'язана з їхнім застосуванням: у медицині (сечогінні властивості через сапоніни), у виробництві (шліфувальний матеріал завдяки силікатам) і як маркерів вологих ґрунтів. Наприклад, вирощування видів із високим вмістом силікатів може слугувати для створення екологічних абразивів, а їхня стійкість до затоплення – для рекультивациі земель.

Дослідження хвощеподібних також відкриває нові горизонти для розуміння їхнього місця в біосфері. Їхня здатність накопичувати кремній може бути ключем до створення нових матеріалів чи технологій, наприклад, у сфері біомімікрії, де природа надихає інновації. Крім того, аналіз їхньої взаємодії з мікроорганізмами, такими як гриби-симбіонти, може пролити світло на давні екологічні зв'язки, що сформували сучасні біоценози.

Майбутні дослідження можуть зосередитися на генетичних аспектах синтезу силікатів і вегетативного розмноження, що має значення для біотехнологій. Також доцільно оцінити вплив кліматичних змін на поширення хвощів і їхню взаємодію з іншими організмами (грибами, комахами), щоб зрозуміти їхню роль у сучасних екосистемах. Такі роботи сприятимуть охороні біорізноманіття та розробці інноваційних способів використання хвощеподібних у практичних цілях. У контексті глобальних екологічних викликів хвощеподібні можуть стати не лише об'єктом вивчення, а й частиною рішень для сталого розвитку.

Список використаної літератури.

1. Клименко О. «Фізіологія рослин». Київ: 2005. С. 20.
2. Щербак В. І., Артамонова Н. М. Ботаніка: систематика нижчих і вищих рослин. Київ: Академія 2005. С. 54.
3. Іванов, В. П. Роль спорових рослин у стабілізації екосистем. *Екологія та ноосферологія*, 31(1), 15-22. Київ, 2020. № 1. С. 1
4. Фармацевтична академія: Хвощеподібні. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/178/xvoshhopodibni> (дата звернення: 13.03.2025).
5. Екологічні особливості хвощеподібних в умовах України. *Український ботанічний журнал*. № 75(3), Київ. 2018. с. 245-252.
6. Dovidka.biz.ua. URL: <https://dovidka.biz.ua/znachennya-hvoshhepodibnih-u-prirodi-ta-zhitti-lyudini> (дата звернення: 13.03.2025).
7. Біологія. Довідник школяра та абітурієнта. Відділ Хвощеподібні, або Еквізетофіти (*Equisetophyta*). URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi5IKzU-4mMAxXqHxAIHQQvN4UQFnoECBQQAQ&url=https%3A%2F%2Fuahistory.co%2Fgdz%2Fbiology-directory-schoolchildren-entrants-barna-2019%2F123.php&usg=AOvVaw3ZNTllCp0c-RGW7LOjWWH0&opi=89978449> (дата звернення: 14.03.2025).

Дмитро ВОНСОВИЧ⁸,
студент 3-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ ІНВАЗИВНИХ ВИДІВ КОМАХ НА МІСЦЕВІ ЕКОСИСТЕМИ

Анотація. *Інвазивні види комах мають значний екологічний та економічний вплив, впливаючи на біорізноманіття, структуру екосистем та функціонування природних спільнот. Глобалізація, зміна клімату та відсутність природних ворогів у нових умовах є основними факторами, що сприяють поширенню чужорідних видів комах. Коли такі види потрапляють на нові території, вони витісняють місцевих комах, порушують трофічні ланцюги та спричиняють деградацію природних ресурсів. Вони становлять особливу загрозу для сільського та лісового господарства і завдають значних економічних збитків. У цій статті проаналізовано основні механізми поширення інвазійних комах, їхній вплив на місцеві екосистеми та розглянуто ефективні методи*

⁸ Науковий керівник: – Рудська Н.О., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

боротьби з ними, включаючи біологічний контроль, хімічний та регуляторні заходи.

Ключові слова: інвазивні види, комахи, місцеві екосистеми, біорізноманіття, трофічні ланцюги, екологічний вплив, зміни клімату, глобалізація, біологічний контроль, екосистемний баланс, економічні збитки, методи боротьби.

Annotation. Invasive insect species have significant ecological and economic impacts, affecting biodiversity, ecosystem structure and the functioning of natural communities. Globalization, climate change and the lack of natural enemies in new environments are the main factors contributing to the spread of alien insect species. When such species enter new areas, they displace native insects, disrupt food chains and cause degradation of natural resources. They pose a particular threat to agriculture and forestry and cause significant economic losses. This article analyzes the main mechanisms of the spread of invasive insects, their impact on local ecosystems and considers effective methods of combating them, including biological control, chemical and regulatory measures

Keywords: invasive species, insects, local ecosystems, biodiversity, food chains, ecological impact, climate change, globalization, biological control, ecosystem balance, economic losses, control methods.

Вступ. Інвазійні види комах становлять серйозну загрозу для місцевих екосистем, оскільки вони швидко адаптуються до нових умов, активно розмножуються і витісняють місцеві види. Чужорідні види комах можуть суттєво змінювати структуру біологічних екосистем, порушуючи трофічні зв'язки та призводячи до зменшення біорізноманіття.

Основними причинами поширення інвазійних комах є глобалізація, активна міжнародна торгівля, зміна клімату та антропогенний вплив. Комахи, які вторгаються в нове середовище, не маючи природних ворогів, швидко займають екологічну нішу і мають руйнівний вплив на місцеву екосистему. Вплив цих комах відчувається не лише на екосистемному рівні, але й у сільському та лісовому господарстві, завдаючи значних економічних збитків.

Важливість цієї теми полягає в необхідності краще зрозуміти механізми поширення неаборигенних видів і розробити ефективні заходи боротьби з ними.

Виклад основного матеріалу. Однією з головних причин поширення інвазійних комах є активна міжнародна торгівля та глобалізація. Сучасні логістичні процеси, такі як перевезення вантажів та імпорт сільськогосподарської продукції, деревини, рослин і навіть пакувальних матеріалів, сприяють випадковому перенесенню чужорідних комах у нові регіони. Інвазивні комахи можуть бути присутніми у вантажі у вигляді яєць, личинок або дорослих особин. Наприклад, деревина, що використовується для піддонів і пакувальних матеріалів, часто є середовищем для розмноження комах, що руйнують деревину, таких як азіатський вусач (*Anoplophora glabripennis*). Крім того, імпорт свіжих фруктів, овочів і зернових може призвести до

поширення таких шкідників, як яблунева плодожерка (*Cydia pomonella*) і мармуровий клоп (*Halyomorpha halys*) (Рис. 1) [1, 2, 3].



Рис.1. Мармуровий клоп [1]

Ефективне управління навколишнім середовищем набуває все більшого значення через збільшення обсягів торгівлі та перевезень. Запровадження карантинних заходів, обов'язкових перевірок вантажів та розробка міжнародних стандартів безпеки імпорту можуть допомогти зменшити ризик випадкового поширення неаборигенних видів комах. Зміна клімату є ще одним важливим фактором, що сприяє поширенню чужорідних комах. Підвищення середньорічних температур, зміна кількості опадів і частіші екстремальні погодні явища створюють сприятливі умови для розширення ареалу багатьох комах. Тепліші зими дозволяють вижити видам, які раніше не могли пристосуватися до низьких температур, що сприяє масовому розмноженню.

Окрім, підвищення середньої температури відіграє важливу роль у життєвому циклі комах. Наприклад, деякі види збільшують кількість поколінь на рік, прискорюють ріст популяції та інтенсивніше поширюються. Зміни в характері опадів також можуть створювати сприятливі умови для розвитку нових екологічних ніш, які можуть бути зайняті інвазивними видами.

Види комах, раніше обмежені певними регіонами, тепер можуть освоювати нові території. Це може бути випадок із мармуровим клопом (*Halyomorpha halys*), який раніше зустрічався лише в Азії, але зміна клімату дозволила йому розширити свій ареал до Європи та Північної Америки. Інший приклад – соснова лубоїдка (*Dendroctonus ponderosae*), який поширився на північ Канади внаслідок підвищення температури, завдаючи серйозної шкоди хвойним лісам (Рис. 3) [1, 4].



Рис.3. Соснова лубоїдка [5]

Глобальне потепління та зміна клімату значно загострили проблему інвазійних комах, прискоривши їхнє поширення, збільшивши чисельність і завдавши серйозної шкоди місцевим екосистемам.

Ще одним показником, що впливає на швидкість поширення інвазійних комах, є відсутність природних ворогів. У природному середовищі чисельність багатьох комах регулюється хижаками, паразитами та патогенами. Однак, коли комахи потрапляють у нову екосистему, вони не стикаються з подібними природними обмеженнями, що може призвести до нерегульованого розмноження.

Відсутність хижаків дозволяє інвазивним видам домінувати в екосистемах, витісняючи місцеві види та призводячи до втрати біорізноманіття. Наприклад, азійський шершень (*Vespa velutina*), не маючи природних ворогів, вид швидко адаптується до нового середовища і розмножується, створюючи загрозу місцевим запилювачам, особливо бджолам [6].

Інвазивні види комах можуть спричинити значні економічні збитки в різних секторах, включаючи сільське та лісове господарство, міську інфраструктуру та охорону здоров'я.

У сільськогосподарському секторі інвазивні комахи, такі як мармурові клопи (*Halyomorpha halys*) та азійські плодові мухи (*Bactrocera dorsalis*), завдають значної шкоди фруктам, овочам та зерновим культурам. Вони знищують посіви та погіршують якість продукції, що призводить до економічних втрат для фермерів та підвищення ринкових цін. Використання пестицидів для боротьби з цими шкідниками також збільшує виробничі витрати і негативно впливає на навколишнє середовище [1, 7].

У лісовому господарстві інвазивні комахи, такі як ясеневий смарагдовий вусач (*Agrilus planipennis*) та сосновий лубоїда (*Dendroctonus ponderosae*), завдають значної шкоди насадженням. Вони спричиняють значне всихання дерев, що призводить до зниження якості деревини та економічних втрат для лісової галузі. Така шкода впливає не лише на економіку, але й на екологічні функції лісів, які регулюють клімат та очищають повітря і воду. У містах інвазивні комахи можуть пошкоджувати зелені насадження, знищувати будівельну деревину та завдавати шкоди міській інфраструктурі. Наприклад, терміти (родина *Termitidae*) завдають значної шкоди будівлям і дерев'яним конструкціям, вимагаючи значних витрат на ремонт і реставрацію. Крім того, деякі інвазивні комахи можуть переносити небезпечні захворювання, що може мати серйозні економічні наслідки для системи охорони здоров'я. Наприклад, тигрові комарі (*Aedes albopictus*) переносять такі віруси, як лихоманка денге та чикунгунья, що вимагає додаткових витрат на охорону здоров'я та заходи з контролю популяції (Рис. 2) [5, 8, 9, 10].



Рис. 2. Тигровий комар [10]

Ефективна боротьба з інвазивними видами комах вимагає комплексного підходу, що включає біологічні, хімічні, механічні та правові заходи. Нижче наведено основні методи, що використовуються для контролю цих видів та зменшення їхнього негативного впливу

1. Біологічний контроль – використання природних ворогів, таких як паразитичні оси, хижі комахи та патогени. Наприклад, паразитичні оси, які відкладають яйця на личинки шкідників, виявилися ефективними в боротьбі з ясеневим шовкопрядом, допомагаючи зменшити його популяцію. Біологічний контроль є екологічно безпечним методом, але його ефективність залежить від ретельного відбору біологічних агентів і контролю за впливом на навколишнє середовище [11, 12].

2. Хімічний контроль – це використання інсектицидів, спрямованих на знищення шкідливих комах. Цей метод широко використовується в сільському та лісовому господарстві, зокрема для боротьби з мармуровим клопом та сосною лубоїдкою. Важливо контролювати використання хімікатів, щоб уникнути негативного впливу на місцеві види запилювачів та інші корисні організми [1, 4, 13].

3. Механічні методи – шкідників знищують вручну або за допомогою пасток чи фізичних бар'єрів. Наприклад, у містах використовують спеціальні липкі пастки для тигрових комарів, щоб зменшити їхню чисельність. Заражені рослини також можуть бути знищені, щоб запобігти поширенню комах [14].

4. Правові заходи та карантинні правила – імплементація міжнародних та національних норм щодо контролю за переміщенням рослин, деревини та інших потенційних переносників інвазійних комах. Важливу роль у цьому відіграють карантинні служби, які перевіряють імпортовані товари на наявність шкідників.

5. Методи генетичної модифікації – це новітній напрямок боротьби, в якому генетично модифіковані організми або стерилізовані самці використовуються для зменшення популяцій комах. Наприклад, у боротьбі з тигровим комаром проводяться експерименти з випуску стерилізованих особин, які не дають потомства, таким чином поступово зменшуючи його чисельність [10].

6. Інформаційні кампанії – підвищують обізнаність населення про небезпеку інвазійних комах та способи боротьби з ними. Громадян закликають не перевозити рослини та деревину з територій, де поширені ці шкідники, а

також брати участь у моніторингу та повідомляти про появу нових інвазійних видів.

Висновок. Інвазивні види комах мають значний вплив на екосистеми, порушуючи природний баланс, зменшуючи чисельність місцевих видів і завдаючи значних економічних збитків. Поширення чужорідних комах зумовлене глобалізацією, активною міжнародною торгівлею, зміною клімату та відсутністю природних регуляторів у нових умовах. Щоб запобігти подальшому поширенню цих шкідників, необхідно впроваджувати комплексні заходи, що включають біологічний контроль з використанням природних ворогів, хімічний і механічний контроль, а також правовий контроль за ввезенням інфекційного матеріалу. Моніторинг та раннє виявлення шкідливих організмів відіграють важливу роль у забезпеченні швидкого реагування на загрози та зменшенні їх негативного впливу. Економічний вплив інвазійних комах є значним, особливо в сільському та лісовому господарстві, де вони спричиняють втрати врожаю, пошкодження деревини та зниження продуктивності земель. Впровадження ефективних стратегій контролю, міжнародне співробітництво та екологічна освіта можуть допомогти мінімізувати збитки та зберегти стабільність природних екосистем. Таким чином, вирішення проблеми інвазійних комах вимагає поєднання наукових досліджень, державних регуляторних заходів та активної участі суспільства задля захисту біорізноманіття та економічної стабільності.

Список використаної літератури

1. Жовто-бурий мармуровий клоп. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Жовто-бурий_мармуровий_клоп (Дата звернення 04.03.2024 р.)
2. Morewood, W.D., Hoover, K., Neiner, P.R., Sellmer, J.C. Complete development of *Anoplophora glabripennis* in northern red oak trees. 2015. P. 376–379.
3. Morewood, W.D., Hoover, K., Neiner, P.R., Sellmer, J.C. Complete development of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in northern red oak trees. Journal of Economic Entomology. 2015. P. 376–379.
4. Hicke, J.A., Logan, J.A., Powell, J., & Ojima, D.S. Changing temperatures influence suitability for modeled mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae*) outbreaks in the western United States. 2016. P. 1618–1630.
5. *Dendroctonus ponderosae* URL: <https://animalia.bio/index.php/uk/mountain-pine-beetle> (Дата звернення 04.03.2024 р.)
6. Гігантський азійський шершень може поширитися по всьому світу. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/news/gigantskij-aziatskij-shershen-mozhe-poshiritisya-p/> (Дата звернення 04.03.2024 р.)
7. Dhillon, M.K., Singh, R., & Naresh, J.S. Biology, ecology, and management of the fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel). 2015. P. 1–10.

8. Вузькотіла златка смарагдова URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вузькотіла_златка_смарагдова (Дата звернення 05.03.2024 р.)
9. Abe, T., Bignell, D.E., & Higashi, M. *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Springer. 2016. 466 p.
10. *Aedes albopictus*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Aedes_albopictus (Дата звернення 06.03.2024 р.)
11. Hajek, A. E., Delalibera, I. *Natural Enemies of Invasive Insects: Biological Control of Non-Native Pests*. 2017. 378 с.
12. Їздці. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Їздці> (Дата звернення 06.03.2024 р.)
13. Siddiqui, J.A., Fan, R., Naz, H., Bamisile, B.S., Hafeez, M., Ghani, M.I., Wei, Y., Xu, Y., & Chen, X. Insights into insecticide-resistance mechanisms in invasive species: Challenges and control strategies. 2013. 18 p.
14. Gilles Boiteau & Robert S. Vernon. *Physical Barriers for the Control of Insect Pests*. 2011. С. 329 p.

Богдан ВОРОНА⁹,
студента 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ГЕНЕТИКА ОЗНАК ПРОСА

Анотація. У статті проаналізовано генетичні механізми успадкування морфологічних, фізіологічних та біохімічних ознак проса. Розкрито роль поліплоїдії у формуванні генетичного різноманіття цієї культури та її вплив на продуктивність і екологічну адаптивність. Особливу увагу приділено генетичному контролю забарвлення зерна як важливій селекційній ознаці, що визначає технологічні властивості та стійкість рослини до стресових факторів. Наведено сучасні уявлення про взаємодію генів, що регулюють пігментацію квіткових лусок, зокрема роль домінантних і рецесивних алелів у спадковій мінливості цієї ознаки. Також розглянуто значення природного та штучного добору у збереженні генофонду проса і перспективи використання генетичних ресурсів для створення високопродуктивних сортів.

Ключові слова: генетика проса, поліплоїдія, спадковість, пігментація, забарвлення зерна, селекція, генетичний контроль, адаптивність, домінантні алелі, генофонд, генетичні ресурси.

⁹ Науковий керівник – Аралова Т. С., канд. с.-г. н. ст. викладач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

Annotation. The article analyzes the genetic mechanisms of inheritance of morphological, physiological and biochemical traits of millet. The role of polyploidy in the formation of genetic diversity of this crop and its impact on productivity and ecological adaptability is analyzed. Special attention is paid to the genetic control of grain color as an important breeding trait that determines the technological properties and resistance of the plant to stress factors. Modern ideas about the interaction of genes regulating the pigmentation of flower scales are presented, in particular the role of dominant and recessive alleles in the hereditary variability of this trait. The importance of natural and artificial selection in preserving the millet gene pool and the prospects for using genetic resources to create high-yielding varieties are also considered.

Keywords: millet genetics, polyploidy, heredity, pigmentation, grain color, selection, genetic control, adaptability, dominant alleles, gene pool, genetic resources.

Вступ. Просо (*Panicum miliaceum* L.) – одна з найдавніших і найважливіших зернових культур, що вирощується у різних кліматичних зонах світу. Завдяки високій посухостійкості, короткому вегетаційному періоду та здатності адаптуватися до малородючих ґрунтів, ця культура має стратегічне значення для сільського господарства, особливо в умовах кліматичних змін[1].

Генетичне різноманіття проса (рис. 1) формувалося під впливом як природного добору, так і цілеспрямованої селекції [2]. Внаслідок тривалого еволюційного процесу та мутаційної мінливості було створено велику кількість сортів і популяцій, що відрізняються за господарсько-цінними ознаками, такими як структура волоті, забарвлення та склад зерна, продуктивність, стійкість до стресових факторів довкілля. Розуміння генетичних механізмів, що лежать в основі цих ознак, є важливим для підвищення ефективності селекційного процесу та створення нових сортів з покращеними характеристиками.



Рис.1. Просо посівне

Однією з ключових ознак проса, що має велике значення для технологічних якостей зерна, є його забарвлення. Пігментація квіткових лусок контролюється низкою генів, взаємодія яких визначає різноманітність кольорових відтінків від білого до темно-коричневого. Генетичний контроль

забарвлення зерна відбувається за рахунок дії домінантних і рецесивних алелів, що регулюють синтез пігментів. Крім того, дана ознака має селекційне значення, оскільки корелює з такими властивостями, як вміст антиоксидантів, захист від шкідників та стійкість до екстремальних кліматичних умов.

Ще одним важливим аспектом генетики проса є поліплоїдія, яка сприяє підвищенню пластичності та пристосованості рослин до різних умов вирощування. Відомо, що культурні форми проса мають тетраплоїдний рівень плоїдності ($2n = 4x = 36$), проте існують також октаплоїдні форми, що виникли внаслідок аутополіплоїдії. Поліплоїдизація є важливим еволюційним механізмом, що дозволяє підвищити генетичну варіабельність та збільшити потенціал продуктивності культури [3].

Сучасні досягнення у галузі генетики та молекулярної біології відкривають нові можливості для селекції проса. Використання генетичних ресурсів, наявних у генетичних банках рослинного матеріалу, дозволяє проводити цілеспрямований добір генотипів із заданими характеристиками. Дослідження механізмів успадкування кількісних і якісних ознак сприяє виявленню маркерів, що можуть бути використані у селекції для підвищення врожайності та стійкості рослин.

Виклад основного матеріалу. Просо (*Panicum miliaceum* L.) є важливою зерновою культурою, що відзначається високою пластичністю та здатністю адаптуватися до різних кліматичних умов. Генетична основа цієї культури є надзвичайно різноманітною, що забезпечує її стійкість до посухи, хвороб і шкідників, а також можливість широкого використання в селекційних програмах.

Одним із ключових чинників, що визначають генетичне різноманіття проса, є його поліплоїдність. Дослідження цитогенетичної структури цієї культури показують, що просо має тетраплоїдний рівень плоїдності ($2n = 4x = 36$), що виник внаслідок автополіплоїдії. Тетраплоїдні види мають значно ширший генетичний фонд, що сприяє збереженню високого рівня гетерозиготності та підвищенню адаптивного потенціалу.

Успадкування морфологічних і фізіологічних ознак проса здійснюється за полігенним типом, що передбачає взаємодію кількох генів із адитивним та домінантним ефектами. Основними спадковими ознаками, що мають значення в селекції, є:

- Довжина та структура волоті (щільна або розлога);
- Рівень озерненості волоті (залежить від кількості продуктивних квіток);
- Форма та розмір зерна (впливає на врожайність і технологічні властивості);
- Тривалість вегетаційного періоду (впливає на адаптивність до різних кліматичних умов);
- Стійкість до стресових факторів (посухостійкість, морозостійкість);
- Стійкість до хвороб та шкідників.

Дослідження успадкування цих ознак виявили складну взаємодію кількох генетичних факторів, що регулюють експресію відповідних фенотипічних

характеристик. Використання молекулярних маркерів у генетичному аналізі проса дозволяє точно визначати локуси, відповідальні за адаптивні властивості культури, та використовувати їх у селекційних програмах.

Забарвлення зерна є однією з найбільш генетично стабільних ознак проса, що має важливе значення для селекції та класифікації сортів. Ця характеристика визначається наявністю пігментів у квіткових лусках, які можуть мати різні відтінки – від білого та жовтого до червоно-коричневого та чорного.

Дослідження механізмів успадкування забарвлення зерна показали, що ця ознака контролюється кількома домінантними неалельними генами, які взаємодіють за епістатично-гіпостатичним типом. Основні гени, що визначають пігментацію:

D – відповідає за червоно-коричнєве забарвлення;

Y – контролює жовту пігментацію;

R – регулює червоний колір.

При цьому спостерігається наступний характер взаємодії між генами: $D > Y > R$, що означає, що домінантний алель гена D пригнічує прояв алелів Y та R, а алель Y у свою чергу пригнічує прояв R.

Забарвлення зерна також залежить від інтенсивності пігментації, яка визначається алелями генів-інгібіторів. Форми з кавовим або темно-коричневим забарвленням зерна мають серію множинних алелів локусу D3, які демонструють напівдомінантну експресію.

Окремою спадковою ознакою є наявність темних поздовжніх смуг на плівках зерна. Ця характеристика визначається домінантним алелем гена St (streaky – смугастий) і не залежить від основних генів пігментації, хоча взаємодіє з генами-інгібіторами пігментації.

Генетичні дослідження є основою для ефективної селекції проса, оскільки дозволяють ідентифікувати та використовувати спадково детерміновані ознаки, що мають значення для господарської діяльності. Важливу роль у цьому процесі відіграють генетичні банки, що містять широкий спектр зразків проса із різними характеристиками [4].

Одним із найбільших центрів генетичних ресурсів є Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, де зберігається велика кількість колекційних зразків проса, що використовуються у селекційних програмах. Ці генетичні ресурси можуть бути застосовані для виведення нових сортів із покращеними ознаками, такими як:

підвищена продуктивність;

стійкість до посухи;

адаптація до різних типів ґрунтів;

покращені технологічні властивості зерна.

Сучасні методи селекції проса включають використання молекулярних маркерів для точного визначення генетичних особливостей рослин. Це значно прискорює селекційний процес і дозволяє створювати високопродуктивні сорти, адаптовані до конкретних агрокліматичних умов.

Також важливим напрямом досліджень є виявлення механізмів взаємодії генів, що визначають такі характеристики, як тривалість вегетаційного періоду,

резистентність до патогенів, вміст поживних речовин у зерні тощо. Використання генетичних методів у поєднанні з класичними селекційними підходами відкриває нові перспективи для оптимізації виробництва проса та розширення його використання в харчовій і кормовій промисловості.

Тип волоті у проса є важливою класифікаційною ознакою [5]. Підвиди проса (розкидисте – *patentissimum*, гілкуюче – *effusum*, стиснуте – *contractum*, овальне – *ovatum*, колове – *compactum*) відрізняють між собою за наявністю подушечок в основі гілочок волоті, ступені їх прояву, що зумовлює різний кут відхилення гілочок від головної осі і за довжиною волоті та гілочок. Крім того, відомі мутантні форми з могароподібним типом волоті.

Існує велике різноманіття форм проса за ознакою типу волоті, який значною мірою визначає потенційну продуктивність рослин. Результати гібридологічного аналізу свідчать про те, що тип волоті у проса зумовлюється взаємодією двох основних ознак: наявність подушечок і довжини волоті та гілочок, що успадковуються незалежно. у гібридів F₁, домінує наявність подушечок біля основи гілочок, подовжена волоть та гілочки. Виявлено моно- та дигібридне розщеплення за ознакою наявності-відсутності подушечок, яке означає, що наявність подушечок контролюється домінантними алелями двох комплементарних генів Pw1 і Pw2 (*pillow*). Однак більшість схрещуваних форм відрізнялися за алелями тільки одного із вказаних генів. Більшу різноманітність форм проса за ступенем розвитку подушечок передбачає наявність або декількох адитивних генів, контролюючих цю ознаку, або серії алелів малої їх кількості.

Довжина гілочок волоті належить до кількісних ознак. У багатьох схрещуваних форм, які сильно відрізняються за цією ознакою, у F₁, домінує ознака подовжених гілочок, а у F₂ спостерігається моно- і дигібридне розщеплення, властиве комплементарній взаємодії домінантних генів, позначених Br1 і Br2 (*branch*). Важливо зазначити, що тип волоті зумовлює інші її ознаки – характер розміщення гілочок на центральній осі, кількість гілочок різних порядків, кількість плодоносних колосків на кожній гілочці, генетика яких досі ще не вивчена [6].

У проса, як і в інших злаків, наприклад, у кукурудзи, сорго, ячменю та рису, залежно від типу ендосперму зернівки розрізняють форми із звичайним і воскоподібним ендоспермом.

Встановлено, що формування воскоподібного ендосперму зумовлено дією рецесивних алелів двох генів wx1 і wx2, а звичайного - домінантними алелями цих генів. У більшості схрещувань батьківські форми відрізнялися за алелями тільки одного гена. Випадки статистично достовірного відхилення фактично отриманих співвідношень у гібридів проса за ознакою типу крохмалю від теоретично очікуваних свідчать про істотний вплив на прояв цієї ознаки інших факторів. Найбільш імовірним із них слід вважати знижену конкурентоспроможність пилкових зерен, що містять рецесивні алелі генів wx1 і wx2, особливо, коли пилкові зерна несуть домінантні алелі генів, що зумовлюють наявність антоціану або, можливо, інших активних речовин [7].

Можна передбачати, що домінантні алелі гена (або генів) Wx на певному етапі формування ендосперму спричиняють пригнічення синтезу амілопектину, а рецесивні його алелі - можливість синтезу тільки амілопектину. Функції гена Wx, очевидно пов'язані із синтезом ферменту ізофосфорилази і коензиму Q, які беруть участь у синтезі амілопектину.

Кількісні ознаки у проса контролюються полігенними системами, переважно з генами з малим адитивним характером взаємодії, і в F₁, успадковуються за проміжним типом.

Тривалість вегетаційного періоду від сходів до повної стиглості у проса контролюють гени, відповідальні за реакцію рослин на тривалість освітлення, якість світла та температуру.

Батьківські форми багатьох гібридів відрізняються за невеликою кількістю генів, що контролюють цю ознаку. У комбінаціях схрещувань скоростиглість частково домінує над середньостиглістю або успадковується за проміжним типом, в інших – пізньостиглість по різному домінує над скоро- та середньостиглістю. Часто у гібридів від схрещування середньостиглих та відносно скоростиглих сортів утворюються більш скоростиглі або більш пізньостиглі генотипи. Ця ознака, можливо з одного боку, контролюється взаємодією групи генів Eal а Ea2 (early), що діють кумулятивно; з іншого боку гена-пригнічувача а (inhibitor Ea) чи групи генів з його участю.

Висота рослин проса контролюється найменше двома парами домінантних алелів основних генів H1 та H2 (high). Із збільшенням у генотипі дози домінантних алелів цих генів, що діють адитивно, висота стебла буде зростати. У гібридів, отриманих від схрещування форм, що мають істотні відмінності за висотою стебла, виявлено у родинях F₄ високі показники успадкування та генетичного ефекту відбору [7].

Кількість зерен у волоті контролюється полімерними генами з адитивним характером дії. У гібридів F₁, різних комбінацій схрещувань за цією ознакою спостерігається неповне домінування або домінування та наддомінування, що свідчить про полігенність цієї ознаки.

Показник кількості зерен у волоті позитивно корелює із тривалістю вегетаційного періоду і негативно – із крупністю зерна, але можливі й різні їх співіснування. Відбір окремих рослин за цією ознакою здійснювати важко через велику мінливість під впливом умов середовища.

Висновки. Генетичні дослідження проса (*Panicum miliaceum* L.) демонструють значну складність механізмів успадкування основних ознак цієї культури. Тетраплоїдність проса забезпечує його високу адаптивність і генетичну пластичність, що відіграє ключову роль у його селекції та поширенні в різних агрокліматичних зонах. Однією з найбільш стабільних і генетично детермінованих ознак проса є забарвлення зерна, що контролюється системою домінантних неалельних генів (D, Y, R) з епістатично-гіпостатичною взаємодією. Наявність генів-інгібіторів пігментації та серії множинних алелів забезпечує широку варіабельність забарвлення, що має селекційне значення. Також окремо виділяється ген St, який визначає наявність поздовжніх смуг на

плівках зерна. Використання сучасних молекулярно-генетичних методів дозволяє значно прискорити селекцію проса, підвищуючи її ефективність за рахунок цілеспрямованого добору генетичних ліній із цінними господарськими ознаками.

Список використаної літератури

1. Факти і особливості вирощування проса. *Суперагроном*. URL: <https://superagronom.com/articles/645-2023--rik-prosa-fakti-i-osoblivosti-tehnologiyi-viroschuvannya> (дата звернення 07.03.2025)
2. Максимчук І. Х. Генетичні ресурси проса та перспективи їх використання. *Вісник аграрної науки*. № 7. 2010. С. 15–22.
3. Константинов С. І. Спадковість і мінливість у проса: монографія. Харків: Видавництво ХНУ. 2011. 275 с.
4. Селекція і генетика проса. *Agro Mage*. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=476 (дата звернення 10.03.2025)
5. Юр'єв В. Я. Генетичний потенціал проса в умовах змінного клімату. Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. 2015. 280 с.
6. Васильківський С. П. та ін. Спеціальна генетика сільськогосподарських культур: 2011. 229 с.
7. Rangaswami G. N., Kadam B. S. Genetic diversity and inheritance patterns in *Panicum miliaceum* L. *Journal of Plant Genetics*. Vol. 42. 2005., Issue 3. P. 112–125.

Антоній ГОЛОСКЕВИЧ-ВАСИЛЕЦЬ¹⁰,

студент 3-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

АЛЕЛОПАТІЯ: ЯК РОСЛИНИ ВПЛИВАЮТЬ ОДНА НА ОДНУ ЧЕРЕЗ ХІМІЧНІ СПОЛУКИ

Анотація. Алелопатія є складним та багатоаспектним явищем, що відіграє ключову роль у формуванні екологічних взаємодій між рослинами у природі та агроecosистемах. Це явище визначається здатністю одних рослин виділяти біологічно активні хімічні сполуки, які можуть впливати на ріст, розвиток, проростання та конкурентоспроможність інших видів. Алелопатичні взаємодії можуть як стимулювати, так і пригнічувати розвиток рослин, змінюючи динаміку екосистем та врожайність сільськогосподарських культур. Вивчення механізмів алелопатії є важливим для розробки екологічно безпечних методів контролю бур'янів, зменшення використання хімічних пестицидів та оптимізації агротехнологій. У статті розглянуто природу

¹⁰ Науковий керівник – Яковець Л. А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

алелохімікатів, їхній вплив на рослинні угруповання, а також можливості практичного застосування алелопатичних механізмів у сільському господарстві. Зокрема, розглянуто як позитивні, так і негативні аспекти алелопатичних процесів, а також перспективи подальших наукових досліджень у цій сфері. Важливим є також аналіз екологічних наслідків цих взаємодій, що можуть впливати на довгострокову стабільність екосистем та їхню продуктивність [1].

Ключові слова: Алелопатія, алелохімікати, хімічні взаємодії рослин, агроекосистеми, екологічне землеробство, біологічний контроль, вторинні метаболіти.

Annotation. Allelopathy is a complex and multifaceted phenomenon that plays a crucial role in shaping ecological interactions between plants in natural and agroecosystems. This phenomenon is defined by the ability of certain plants to release biologically active chemical compounds that can influence the growth, development, germination, and competitiveness of other species. Allelopathic interactions can both stimulate and inhibit plant development, altering ecosystem dynamics and agricultural crop yields. The study of allelopathic mechanisms is essential for developing environmentally friendly methods of weed control, reducing the use of chemical pesticides, and optimizing agricultural technologies. This article explores the nature of allelochemicals, their impact on plant communities, and the practical applications of allelopathic mechanisms in agriculture. Specifically, it examines both the positive and negative aspects of allelopathic processes, as well as the prospects for further scientific research in this field. An important aspect of this study is the analysis of the ecological consequences of these interactions, which may affect the long-term stability and productivity of ecosystems.

Keywords: Allelopathy, allelochemicals, chemical interactions of plants, agroecosystems, ecological farming, biological control, secondary metabolites.

Вступ. Алелопатія є одним із ключових біологічних процесів, що визначає взаємодію рослин між собою у природних та штучних екосистемах. Це явище базується на виділенні рослинами специфічних хімічних речовин – алелохімікатів, які можуть як стимулювати, так і пригнічувати ріст сусідніх організмів. В основі цього процесу лежать складні хімічні та екологічні механізми, що забезпечують перевагу одним видам над іншими, а також впливають на формування рослинних угруповань та їхню динаміку.

Механізми алелопатії формувалися в ході еволюції як один з адаптаційних інструментів для виживання рослин у конкурентному середовищі. Взаємодія між рослинами через алелохімікати може мати короткостроковий або довготривалий вплив, що залежить від концентрації речовин у ґрунті, їхньої хімічної стійкості, швидкості розкладання та чутливості інших організмів до цих сполук. Вивчення цих взаємодій є важливим не лише для фундаментальної ботаніки, а й для екології, ґрунтознавства та агрономії [2].

Значний інтерес до алелопатії виникає у зв'язку з пошуком екологічно безпечних методів підвищення продуктивності агроєкосистем. В умовах сучасного землеробства, що спрямоване на зменшення використання пестицидів і гербіцидів, алелопатія може бути ефективним інструментом біологічного контролю небажаних рослин. Розуміння цих механізмів сприяє розробці нових агротехнологій, які базуються на природних взаємодіях між рослинами, що, у свою чергу, може підвищити стійкість агроєкосистем до стресових факторів і покращити якість ґрунтів.

Дослідження у цій галузі мають велике значення для сільського господарства, оскільки вони дозволяють оптимізувати сівозміни, покращити врожайність, а також знайти нові стратегії боротьби з бур'янами без шкоди для навколишнього середовища. Таким чином, алелопатія є не лише цікавим науковим явищем, а й практично значущим інструментом, що відкриває перспективи для сталого розвитку аграрного виробництва [3].

Виклад основного матеріалу. Алелопатія проявляється через широкий спектр хімічних речовин, які можуть бути виведені в навколишнє середовище через кореневі екsudати, леткі виділення, розкладання рослинних решток та навіть через симбіотичні асоціації з мікроорганізмами. Алелохімікати можуть належати до різних груп хімічних сполук, зокрема фенольних сполук, терпеноїдів, флавоноїдів, алкалоїдів та органічних кислот. Ці речовини можуть мати різний характер дії – від стимуляції проростання насіння до повного пригнічення росту конкурентних рослин.

Серед найбільш відомих прикладів алелопатії можна навести виділення юглону чорним горіхом (*Juglans nigra*), що пригнічує ріст багатьох видів рослин у його безпосередньому оточенні. Іншим відомим випадком є сорго (*Sorghum bicolor*), яке виділяє димбоа (DIBOA) та сорголаони, що негативно впливають на бур'яни, тим самим полегшуючи конкуренцію за ресурси. Також багаторічні дослідження показали, що деякі ефірні олії, які містяться у рослинах роду *Eucalyptus*, можуть пригнічувати розвиток інших рослинних видів шляхом летючої алелопатії, що проявляється в забрудненні повітря фітотоксичними речовинами.

Алелопатія може впливати не лише на бур'яни, а й на культурні рослини. Деякі рослини можуть самі пригнічувати власний ріст або ріст наступних поколінь, що викликає так званий ефект «автоалелопатії». Наприклад, висока концентрація фенольних сполук у ґрунті може знижувати проростання насіння сільськогосподарських культур і спричиняти зменшення врожайності. Крім того, алелопатія може відігравати важливу роль у біологічному контролі шкідників, оскільки багато вторинних метаболітів рослин мають інсектицидну або антимікробну дію [4].

Один із найбільш яскравих прикладів використання алелопатії в сільському господарстві – це використання рослин для боротьби з бур'янами. Наприклад, гречка виділяє хімічні сполуки, які пригнічують ріст багатьох бур'янів, завдяки чому зменшується необхідність застосовувати хімічні гербіциди. Іншим прикладом є ріпак, який має здатність виділяти алелопатичні

речовини, що також допомагають контролювати бур'яни, такі як лобода. Ці властивості дозволяють зберегти екологічний баланс на полях, одночасно підвищуючи ефективність землеробства.

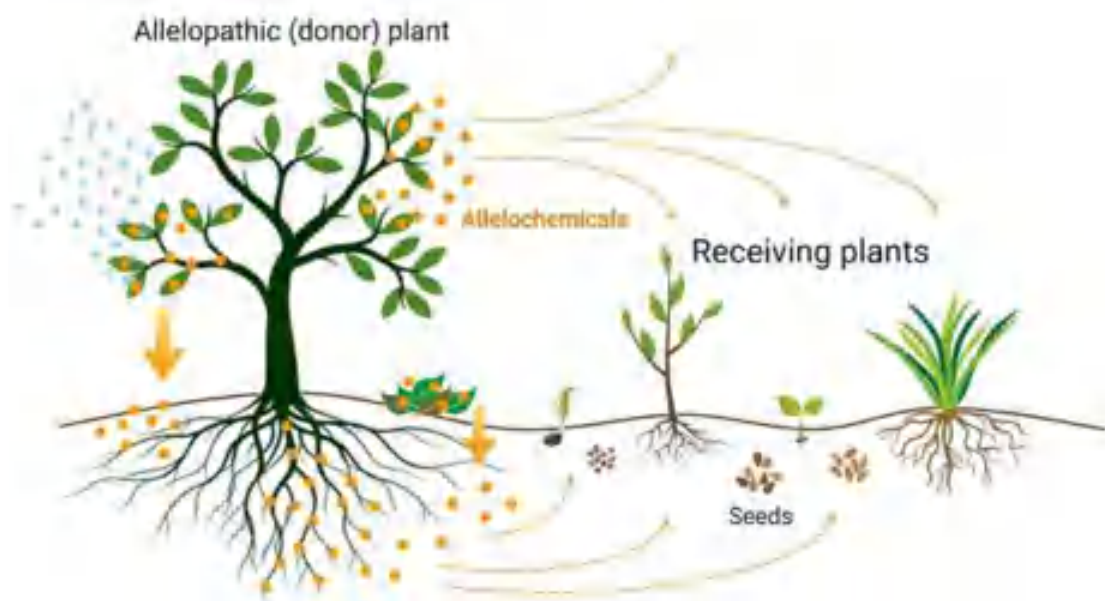


Рис.1 Явище алелопатії [5]

Алелопатія може бути також корисною в системах мульчування. Наприклад, тимофіївка, яка часто використовується як мульча між рядами сільськогосподарських культур, виділяє речовини, що пригнічують ріст бур'янів і допомагають зберігати вологу в ґрунті. Крім того, кропива може бути використана як природна мульча, оскільки її хімічні властивості також запобігають росту небажаних рослин.

Застосування алелопатії не обмежується лише боротьбою з бур'янами. Наприклад, часник має алелопатичні властивості, які допомагають знижувати чисельність шкідливих організмів у ґрунті, таких як нематоди, що можуть шкодити іншим рослинам. Соя, у свою чергу, виділяє речовини, які пригнічують ріст деяких грибів та бактерій, що негативно впливають на інші культури. Така взаємодія рослин з ґрунтом сприяє покращенню його структури та здоров'я [6].



Рис.2 Алелопатія [7]

У системах органічного землеробства алелопатія відіграє важливу роль у зменшенні використання хімічних препаратів для боротьби з шкідниками та хворобами. Наприклад, лаванда, завдяки своїм антисептичним властивостям, може бути висаджена поруч з іншими культурами, щоб запобігти розвитку патогенних організмів у ґрунті. М'ята, в свою чергу, завдяки своїм сильним запахам, може відлякувати шкідників і бур'яни.

Алелопатія зумовлює зміни в загальному обміні речовин, анатомічній структурі рослинних тканин, а також у фізіологічних процесах, таких як дихання, синтез, надходження та накопичення поживних речовин і біоактивних речовин (БАР). Основними завданнями алелопатії є вивчення синтезу БАР у рослинах, виділення екзометаболітів, їх трансформація між партнерами та вплив на рослину-акцептор. Дослідження алелопатичних властивостей рослин, зокрема лікарських, допомагає вирішувати важливі завдання, такі як відновлення та розведення рослин, створення мішаних насаджень, а також визначення умов їх заготівлі. Важливою частиною загального алелопатичного впливу є метаболіти мікрофлори та мікрозоофауни, які здатні впливати на інтенсивність виділення колінів рослинами та змінювати характер їх взаємодії.

Фізіолопатичні активні сполуки, що містяться в різних органах рослин, потрапляють у навколишнє середовище через кореневі виділення (у ґрунт або воду), леткі сполуки з надземних частин (у повітря) або вимиваються опадами. Кількість і склад виділених речовин, а отже й ступінь алелопатичної активності, залежить від виду, сорту, органу, фази розвитку, фізіологічного стану рослини та екологічних умов. Визначають різні класифікації рослинних виділень: прижиттєві та посмертні, леткі, розчинні та нерозчинні у воді. Прижиттєві водорозчинні виділення поділяються на активні (ексудати), що утворюються в результаті метаболічних процесів рослини, та пасивні (дифузати), які потрапляють у середовище через вимивання з рослинних органів або їх травмування. Посмертні коліни або сапроліти утворюються після відмирання рослин чи їх частин. Леткі коліни включають фітогенні (виділення нетравмованих або ушкоджених тканин) та міазміни (від мертвих тканин) [8]. Також класифікують коліни за шляхом їх виділення – через ґрунтові води, при розкладі обпалого листя та повітрям.

Класифікація А.М. Гродзинського найбільш детально описує походження виділень, принцип їх алелопатичної дії та роль факторів зовнішнього середовища. Всі коліни, що беруть участь у хімічній взаємодії між рослинами, Гродзинський поділяє на три основні групи. Перша група включає речовини вторинного походження, такі як органічні кислоти, ефірні олії, алкалоїди, вітаміни, антибіотики, сапоніни, глікозиди, флавоноїди, дубильні речовини та інші поліфеноли. Ці сполуки видоспецифічні і можуть бути продуктами нормального метаболізму або утворюватися в відмерлих рослинах. Вплив ефірних олій у ґрунті призводить до накопичення колінів, що змінюють властивості ґрунту. Друга група включає високотоксичні сполуки, що утворюються під час гідролітичного автолізу білків рослинного та мікробного походження (пептиди, амінокислоти, нуклеозиди, органічні кислоти, амід

кислот, аміно- та імінопохідні, індолпохідні, аміак). Ці сполуки не мають видоспецифічності і присутні як у живих, так і у відмерлих тканинах рослин. Третя група включає продукти мінералізації та гуміфікації рослинних тканин, такі як гумінові кислоти, вищі жирні кислоти, нафтохінони, антрахінони, складні хінони, корична кислота та її похідні. Ці полімерні сполуки ароматичного ряду, що містять фенольні групи, азот у гетероциклах, утворюють комплекси з солями та мають високу алелопатичну активність. Завдяки цим речовинам відбувається алелопатичний взаємозв'язок між рослинами на всіх етапах їх онтогенезу, що змінює їх продуктивність та якість біоактивних речовин [9].

Алелопатія не тільки знижує залежність від хімічних засобів, але й сприяє підтриманню екологічного балансу. Однак застосування алелопатії має свої виклики. Деякі рослини, що виділяють алелопатичні речовини, можуть також створювати конкуренцію для культур, знижуючи їх урожайність. Крім того, для точного прогнозування ефектів алелопатії в конкретних умовах необхідні додаткові дослідження та експерименти.

У результаті алелопатія відкриває нові можливості для сталого та екологічного землеробства. Використовуючи природні властивості рослин, можна значно знизити вплив хімічних засобів на навколишнє середовище, зберігаючи при цьому здоров'я ґрунтів і покращуючи ефективність агропродукції [10].

Висновок. Отже, алелопатія є важливим механізмом регуляції взаємодій у рослинних угрупованнях, що впливає на формування екосистем, зокрема агроекосистем. Її прояви можуть бути як корисними, так і шкідливими для сільськогосподарських культур, тому важливо розуміти механізми дії алелохімікатів та розробляти стратегії їх раціонального використання. Дослідження у цій сфері відкривають широкі можливості для розвитку екологічного землеробства, що базується на природних механізмах регуляції чисельності бур'янів та підвищенні продуктивності агроекосистем. Надалі необхідно зосередити увагу на вивченні впливу різних типів алелохімікатів на певні культури, а також на пошуку методів зниження негативного впливу алелопатичних процесів у монокультурних посівах [11].

Список використаної літератури

1. Алелопатія. URL : <https://surl.li/jhtgdl> (дата звернення 12.03.2025)
2. Weston, L. A., & Duke, S. O. Weed and crop allelopathy. Critical Reviews in Plant Sciences. 2003. С. 367-389.
3. Inderjit, Wardle, D. A., Karban, R., & Callaway, R. M. The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy. Trends in Ecology & Evolution. 2011. С. 655-662.
4. Сіра Л.М. Алелопатія рослин. URL : <https://surl.li/krhvdg> (дата звернення 12.03.2025)
5. Явище алелопатії. URL : <https://ua.cropprotection.net/info/plants-fighting-other-plants-what-is-allelopa-60010555.html> (дата звернення 12.03.2025)

6. Cheng, F., & Cheng, Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*. 2015. 1020 с.

7. Алелопатія. URL : <https://vseosvita.ua/library/prezentacia-na-temu-alelopatichna-vzaemodia-visih-roslin-alelopatia-vzaemodia-visih-roslin-290745.html> (дата звернення 12.03.2025)

8. Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. Natural products in crop protection. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 2009. С. 4022-4034.

9. Rice, E. L. *Allelopathy*. Academic Press. 1984.

10. Bhowmik, P. C., & Inderjit. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. *Crop Protection*. 2003. С. 661-671.

11. Singh, H. P., Batish, D. R., & Kohli, R. K. Allelopathic interactions and allelochemicals: new possibilities for sustainable weed management. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2003. С. 239-311.

Андрій ГРИГОРУК¹¹,

студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТУ ТА НАКОПИЧЕННЯ ЇХ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ

Анотація. У статті досліджено вплив важких металів на агрохімічні властивості ґрунту та їх накопичення в сільськогосподарській продукції. Забруднення ґрунтів важкими металами, такими як свинець, кадмій, ртуть і цинк, є серйозною екологічною проблемою, спричиненою індустріалізацією, використанням хімічних добрив і пестицидів, а також атмосферними викидами. Ці елементи негативно впливають на структуру ґрунту, його родючість, мікробіологічну активність та вміст поживних речовин. Крім того, важкі метали накопичуються в рослинах, що використовуються в їжу, що становить ризик для здоров'я людини та тварин. У статті проаналізовано механізми забруднення, їх вплив на агрохімічні показники та наведено рекомендації щодо зменшення накопичення важких металів у сільськогосподарській продукції.

Ключові слова: добрива, рослина, ґрунт, поживна цінність, забруднення.

Annotation. The article studies the influence of heavy metals on the agrochemical properties of the soil and their accumulation in agricultural products.

¹¹ Науковий керівник: – Забарна Т. А., кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії.

Soil pollution with heavy metals such as lead, cadmium, mercury and zinc is a serious environmental problem caused by industrialization, the use of chemical fertilizers and pesticides, and atmospheric emissions. These elements negatively affect the structure of the soil, its fertility, microbiological activity and nutrient content. In addition, heavy metals accumulate in plants used for food, posing a risk to human and animal health. The article analyzes the mechanisms of pollution, their impact on agrochemical indicators and provides recommendations for reducing the accumulation of heavy metals in agricultural products.

Keywords: *fertilisers, plant, soil, nutritional value, pollution.*

Вступ. Сучасне сільське господарство стикається з численними викликами, серед яких забруднення ґрунтів важкими металами посідає одне з провідних місць. Інтенсивна індустріалізація, викиди промислових підприємств, неконтрольоване використання агрохімікатів та зрошення стічними водами призводять до накопичення таких елементів, як кадмій, свинець, ртуть, мідь і цинк, у ґрунтах. Ці важкі метали не лише деградують агрохімічні властивості ґрунту, а й потрапляють у ланцюг харчування через сільськогосподарську продукцію, створюючи загрозу для здоров'я людини. Дослідження показують, що концентрація важких металів у ґрунті перевищує допустимі норми на 20–30% у районах поблизу промислових зон, що викликає занепокоєння серед екологів і аграріїв. Метою статті є аналіз впливу важких металів на агрохімічні показники ґрунту, їх накопичення в рослинах та розробка практичних рекомендацій для мінімізації цієї проблеми.

Виклад основного матеріалу дослідження. Забруднення ґрунтів важкими металами є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасного світу, яка безпосередньо впливає на агрохімічні властивості ґрунту та якість сільськогосподарської продукції. Ця проблема має глобальний характер, оскільки індустріалізація, урбанізація та інтенсивне сільське господарство сприяють накопиченню токсичних елементів у природному середовищі. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), приблизно третина всіх ґрунтів у світі зазнає деградації, а в Україні цей показник становить 15–20%, особливо в регіонах із розвиненою промисловістю та агропромисловим комплексом [10]. Важкі метали, такі як кадмій (Cd), свинець (Pb), ртуть (Hg), цинк (Zn), мідь (Cu) та нікель (Ni), потрапляють у ґрунт через різноманітні антропогенні джерела, включаючи атмосферні викиди, використання хімічних добрив і пестицидів, зрошення стічними водами та накопичення відходів [11]. Ці елементи не лише порушують екологічну рівновагу, а й створюють довготривалі загрози для сільського господарства, здоров'я людини та біорізноманіття.

Основними джерелами забруднення є промислові підприємства, які викидають метали в атмосферу у вигляді дрібнодисперсних частинок. Наприклад, металургійні заводи, ТЕЦ та хімічні виробництва є основними постачальниками свинцю, кадмію та ртуті. За даними Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів і захисту споживачів, у 2022 році в районах

поблизу металургійних комбінатів Донецької та Дніпропетровської областей концентрація свинцю в ґрунті перевищувала допустимі норми в 1,5–2 рази [2]. Іншим значним джерелом є агрохімікати. Фосфатні добрива, широко застосовувані в Україні, містять до 10–50 мг/кг кадмію, що з роками накопичується в орному шарі ґрунту [4]. Пестициди та гербіциди, які містять мідь і цинк як активні компоненти, також сприяють цьому процесу. Зрошення стічними водами, особливо в регіонах із недостатньою інфраструктурою очищення, додає до ґрунту ртуть і хром. Нарешті, транспортні засоби та зношені дороги стають джерелом свинцю та кадмію через змивання з вихлопних газів і зношених шин.

Важкі метали чинять комплексний вплив на агрохімічні властивості ґрунту, що включає зміни в його фізичній структурі, хімічному складі та біологічній активності. Фізично метали, такі як свинець і кадмій, сприяють ущільненню ґрунту, зменшуючи його пористість і водопроникність. Це призводить до погіршення аерації та утворення застійних зон, де корені рослин отримують недостатньо кисню. Дослідження Інституту ґрунтознавства та агрохімії України (2021) показали, що в забруднених районах водопроникність ґрунту знижується на 20–30%, що ускладнює зрошення та сприяє ерозії [5].

Хімічно важкі метали змінюють кислотно-лужний баланс (рН) і вміст поживних речовин. Кадмій, наприклад, утворює комплекси з фосфатами, роблячи їх менш доступними для рослин. У кислому середовищі (рН < 6), характерному для багатьох українських ґрунтів, біодоступність кадмію зростає на 30–40%, що посилює його токсичний ефект. Ртуть і свинець зв'язуються з органічною речовиною, утворюючи стійкі сполуки, які гальмують мінералізацію та вивільнення азоту. Це призводить до дефіциту макро- та мікроелементів, таких як калій, магній і залізо, що критично впливає на розвиток культур.

Біологічний вплив важких металів проявляється у пригніченні ґрунтової мікрофлори та фауни. Мікроорганізми, такі як азотфіксуючі бактерії та гриби, які відіграють ключову роль у кругообігу поживних речовин, стають менш активними при концентрації свинцю вище 100 мг/кг. Дослідження в Житомирській області показали, що в ґрунтах із високим вмістом кадмію активність дегідрогенази (ферменту, що вказує на життєдіяльність мікроорганізмів) знизилася на 45% [3]. Це також впливає на популяцію дощових черв'яків і ґрунтових комах, які сприяють аерації та розпушуванню ґрунту.

Рослини поглинають важкі метали через кореневу систему залежно від їхньої біодоступності, яка визначається типом ґрунту, його рН і вмістом органічної речовини. Коренеплоди (морква, буряк, картопля) і листові культури (шпинат, салат, капуста) є найбільш вразливими, оскільки накопичують метали в їстівних частинах. Наприклад, дослідження *Journal of Hazardous Materials* (2021) зафіксувало, що морква, вирощена на забруднених ґрунтах, містила кадмій у концентрації 0,3 мг/кг, що перевищує норму (0,1 мг/кг) за стандартами ЄС [12]. Зернові культури, такі як пшениця й ячмінь, накопичують менше металів, але їхня обробка (наприклад, борошно) може концентрувати забруднення.

Механізм поглинання залежить від фізіологічних особливостей рослин. Гіперакумулятори, такі як гірчиця або соняшник, здатні накопичувати до 1000 мг/кг кадмію в надземній частині, тоді як культурні рослини, як кукурудза, обмежуються 10–20 мг/кг. рН ґрунту відіграє вирішальну роль: у кислих ґрунтах метали легше розчиняються і стають доступними для коренів. У нейтральних або лужних ґрунтах (рН 7–8) біодоступність знижується на 50–60%, що зменшує ризик накопичення. Органічна речовина, як-от гумус, також зв'язує метали, зменшуючи їхню міграцію в рослини [7].

Регіональні особливості впливають на ступінь забруднення. У Поліссі, де переважають кислі піщані ґрунти, рівень накопичення кадмію в картоплі сягає 0,25 мг/кг, тоді як у чорноземах Степу цей показник становить 0,05 мг/кг. Сезонні фактори, такі як дощі, також відіграють роль: вимивання металів у нижні шари ґрунту зменшує їхню доступність, але підвищує ризик забруднення підземних вод.

Накопичення важких металів у сільськогосподарській продукції становить серйозний ризик для здоров'я. Кадмій викликає захворювання нирок і кісток (ітай-ітай), свинець уражає нервову систему, а ртуть провокує тремор і порушення зору. За оцінками ВООЗ, щорічно через споживання забруднених продуктів у світі фіксується до 200 тисяч випадків хронічного отруєння. В Україні, за даними МОЗ, у 2022 році в регіонах із високим рівнем забруднення (Донецьк, Запоріжжя) було зареєстровано підвищення захворюваності на анемію на 15%, що пов'язують із надмірним вмістом свинцю в їжі [8].

Економічні втрати значні. Експорт української продукції, зокрема зерна й овочів, зазнає обмежень через невідповідність стандартам. У 2022 році Україна втратила близько 5% експорту зерна через виявлення кадмію в концентраціях вище 0,1 мг/кг, що призвело до штрафів і втрати ринків у ЄС [1]. Внутрішньо також зростають витрати на медичне обслуговування та рекультивацію забруднених земель, що коштує аграріям мільйони гривень щороку.

Для протидії впливу важких металів застосовують кілька стратегій. Лімевання ґрунту – один із найефективніших методів. Додавання вапна підвищує рН, зменшуючи біодоступність металів. У 2019 році в Черкаській області цей метод знизив накопичення кадмію в сої на 25%, а врожайність зросла на 10%. Фітомеліорація використовує гіперакумулятивні рослини, такі як гірчиця чи соняшник, які поглинають метали в надземну частину, що потім збирається й утилізується. У 2020 році в Харківській області експеримент із соняшником знизив вміст свинцю в ґрунті на 15% за один сезон.

Органічні добрива, такі як компост і гній, зменшують ризик забруднення порівняно з хімічними аналогами. Дослідження в Київській області показали, що застосування компосту на 20% знизило доступність кадмію для рослин. Моніторинг за допомогою спектрометрії та хімічного аналізу дозволяє своєчасно виявляти забруднення. Наприклад, у Вінницькій області регулярний контроль ґрунтів допоміг зменшити використання забруднених ділянок на 30%.

Біоремедіація, що включає введення мікроорганізмів, які розкладають метали, також набирає популярності. Бактерії роду *Pseudomonas* здатні

перетворювати нерозчинні сполуки свинцю в доступні форми для подальшого видалення. У 2021 році в Полтаві пілотний проєкт із біорemediation знизив концентрацію ртуті на 10% за пів року [9].

Україна має різноманітні ґрунтові умови, що впливає на стратегію боротьби з забрудненням. У Степу, де переважають чорноземи, акцент роблять на органічному землеробстві та лімеванні. У Поліссі, де кислі ґрунти посилюють проблему, застосовують фітомеліорацію та штучне осушення. У 2022 році в Рівненській області впровадили систему вертикального землеробства, що зменшує контакт культур із забрудненим верхнім шаром ґрунту, знижуючи накопичення металів на 15%.

Інновації також відіграють роль. У Дніпрі розроблено біосорбенти на основі відходів агропромисловості (лузги соняшника), які зв'язують важкі метали. Тестування показало, що вони здатні поглинути до 80% кадмію з ґрунту за 3 місяці. У Європі, ицтва. Крім того, використання біосорбентів та ГМ-культур може стати частиною комплексної стратегії зниження екологічного навантаження на агроландшафти, сприяючи розвитку сталого землеробства. Важливо також враховувати економічні аспекти впровадження цих рішень, зокрема їхню рентабельність та відповідність європейським екологічним стандартам, що може посилити конкурентоспроможність української агропродукції на міжнародному ринку.

Без комплексного підходу проблема забруднення лише погіршуватиметься. Зміна клімату, що посилює вимивання металів у водні ресурси, і зростання промислового виробництва вимагають нових рішень. Інтеграція екологічних практик у сільське господарство, підтримка державних програм із рекультивації та підвищення обізнаності аграріїв є ключовими кроками. Наприклад, у 2023 році уряд України запровадив субсидії на лімевання ґрунтів, що охопило 500 тисяч гектарів, що свідчить про рух у правильному напрямку [6].

Таблиця 1. Вплив важких металів на агрохімічні показники та продукцію

Показник	Вплив важких металів	Наслідки
Родючість ґрунту	Зменшення вмісту азоту, фосфору, калію	Зниження врожайності на 10–20%
Мікробіологічна активність	Гальмування азотфіксації та деградації органічних речовин	Деградація ґрунту, втрата гумусу
Накопичення в рослинах	Залежить від виду культури, рН та вмісту органічної речовини	Перевищення норм у 2–5 разів
Водопроникність	Ущільнення ґрунту, зменшення пористості	Ерозія, застій води, ураження коренів
Здоров'я людини	Токсичний ефект (нирки, нервова система)	Хронічні захворювання, отруєння
Економічні втрати	Обмеження експорту, штрафи	Втрата 5–10% ринків збуту

Джерело: сформовано автором на основі [11].

Для великих ферм доцільно інвестувати в біоремедіацію і сучасні системи моніторингу. Такі підходи не лише підвищують родючість ґрунту, але й сприяють зменшенню негативного впливу на екосистему. Регулярний моніторинг показників ґрунту дає змогу своєчасно коригувати стратегію удобрення та сівозміни, що, своєю чергою, підвищує врожайність і зменшує потребу в хімічних добривах. Комплексне поєднання традиційних агротехнологій із сучасними методами дозволяє аграріям досягати сталого розвитку та зберігати ґрунтові ресурси для майбутніх поколінь.

Висновки: Забруднення ґрунтів важкими металами є серйозною загрозою для агрохімічних показників та якості сільськогосподарської продукції. Воно призводить до деградації ґрунту, зниження врожайності та накопичення токсичних елементів у їжі, що негативно впливає на здоров'я людини. Проте впровадження таких заходів, як лімевання, фітомеліорація та моніторинг, може суттєво зменшити ці ризики. Інвестування в екологічно безпечні практики є не лише необхідністю для збереження родючості ґрунтів, а й стратегічним кроком для забезпечення безпечної продукції та сталого розвитку сільського господарства. Крім того, важливу роль відіграє впровадження сучасних технологій очищення та рекультивації ґрунтів, зокрема біоремедіації та використання сорбентів, які здатні зв'язувати та нейтралізувати важкі метали. Ефективне законодавче регулювання, суворий контроль за викидами промислових підприємств та стимулювання екологічно відповідального землеробства також сприяють зниженню рівня забруднення. Комплексний підхід до вирішення цієї проблеми забезпечить довготривале збереження ґрунтових ресурсів та екологічну безпеку агропромислового комплексу.

Список використаної літератури

1. Державна служба статистики України. Експорт сільськогосподарської продукції, 2022. URL: <https://ukrstat.gov.ua/export> (дата звернення: 10.03.2025).
2. Державна служба України з питань безпеки харчових продуктів і захисту споживачів. Звіт за 2022 рік. URL: <https://dsv.gov.ua/report2022> (дата звернення: 10.03.2025).
3. Житомирський державний агроєкологічний університет. Дослідження мікробіологічної активності, 2020. URL: <https://zdaeu.edu.ua/research> (дата звернення: 10.03.2025).
4. Інститут ґрунтознавства та агрохімії України. Аналіз вмісту кадмію в добривах. URL: <https://soil.in.ua/fertilizers> (дата звернення: 10.03.2025).
5. Інститут ґрунтознавства та агрохімії України. Дослідження водопроникності забруднених ґрунтів, 2021. URL: <https://soil.in.ua/water-permeability> (дата звернення: 10.03.2025).
6. Кабінет Міністрів України. Субсидії на лімевання ґрунтів, 2023. URL: <https://kmu.gov.ua/liming-subsidies> (дата звернення: 10.03.2025).
7. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Витрати на рекультивацію, 2022. URL: <https://minagro.gov.ua/recultivation-costs> (дата звернення: 10.03.2025).

8. Міністерство охорони здоров'я України. Звіт про захворюваність, 2022. URL: <https://moz.gov.ua/report2022> (дата звернення: 10.03.2025).
9. Полтавський агроекологічний центр. Пілотний проєкт біорemediation, 2021. URL: <https://poltava-agroecology.gov.ua/bioremediation> (дата звернення: 10.03.2025).
10. FAO. Global Soil Degradation Report. URL: <https://www.fao.org/soils-portal/en/> (дата звернення: 10.03.2025).
11. Kabata-Pendias, A. (2020). Trace Elements in Soils and Plants. *Environmental Pollution*, 45(3), 123–135.
12. Li, X. et al. (2021). Heavy Metal Uptake in Root Vegetables. *Journal of Hazardous Materials*, 398, 123456.

Вікторія ДЕРКАЧ¹²,
студентка 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ФІТОНЦИДНИХ РОСЛИН ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЛЮДЕЙ.

Анотація. У статті розглянуто фітонциди – біологічно активні речовини, що утворюються вищими рослинами та проявляють антибактеріальні, противірусні й протигрибкові властивості. Досліджено історичні аспекти використання фітонцидів у народній медицині, їх хімічний склад та механізми дії на патогенні мікроорганізми. Особливу увагу приділено практичному застосуванню препаратів на основі фітонцидів у медицині для лікування ран, інфекцій та запальних процесів. Розглянуто ефективність засобів, виготовлених із часнику, цибулі, сосни, евкаліпта та інших рослин, у вигляді мазей, настоянок, ефірних олій і розчинів. Проаналізовано переваги та недоліки таких препаратів, перспективи їхнього використання в контексті зростаючої резистентності до антибіотиків та можливості розвитку нових лікарських форм із контрольованим вивільненням активних речовин.

Ключові слова: фітонциди, антибактеріальна дія, рослинні препарати, лікування ран, противірусна активність, інфекційні захворювання.

Annotation. The article discusses phytoncides – biologically active substances formed by higher plants and exhibiting antibacterial, antiviral and antifungal properties. The historical aspects of the use of phytoncides in folk medicine, their chemical composition and mechanisms of action on pathogenic microorganisms have been studied. Particular attention is paid to the practical use of preparations based on phytoncides in medicine for the treatment of wounds, infections and inflammatory

¹² Науковий керівник – Окрушко С.Є., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

processes. The effectiveness of products made from garlic, onion, pine, eucalyptus and other plants in the form of ointments, tinctures, essential oils and solutions is considered. The advantages and disadvantages of such drugs, the prospects for their use in the context of growing antibiotic resistance and the possibility of developing new dosage forms with controlled release of active substances are analyzed.

Keywords: phytoncides, antibacterial action, herbal preparations, wound treatment, antiviral activity, infectious diseases.

Вступ. Фітонциди – це природні речовини, які містяться у рослинах і мають антимікробні властивості. Використання фітонцидних рослин у медицині набуває все більшої популярності завдяки їхній здатності боротися з різними захворюваннями, включаючи інфекції та рани. Ця тема присвячена вивченню можливостей використання фітонцидів у лікуванні людини, зокрема для лікування ран та інфекцій шкіри. Фітонциди мають ряд переваг порівняно з традиційними антибіотиками: вони часто менш токсичні, можуть бути використані для лікування захворювань, які стійкі до антибіотиків, і мають природне походження, що робить їх більш прийнятними для тих, хто віддає перевагу натуральним методам лікування. Крім того, фітонциди можуть бути використані не лише для лікування інфекцій, але й для прискорення процесів загоєння ран та поліпшення загального стану здоров'я людини.

Виклад основного матеріалу. В епоху зростаючої резистентності до антибіотиків, пошук альтернативних методів боротьби з інфекціями стає все більш актуальним. Одним із перспективних напрямків є використання фітонцидів - природних антимікробних речовин, що містяться в багатьох рослинах. Фітонциди, виділяючись рослинами, пригнічують ріст та розвиток бактерій, грибів і навіть вірусів, що відкриває широкі можливості для їх застосування у медицині. Особливу увагу привертає використання препаратів на основі фітонцидів для лікування ран, інфекцій шкіри та інших захворювань.

Фітонциди – біологічно активні речовини, що утворюються вищими рослинами і здатні вбивати або пригнічувати ріст бактерій, мікроскопічних грибків, найпростіших.

Історично фітонциди використовувалися в народній медицині століттями. Наприклад, часник (*Allium sativum*) застосовували для обробки ран ще в Стародавньому Єгипті, а хвойні рослини – для дезінфекції повітря. У 1928 році Б.П. Токін ввів термін «фітонциди» та довів їх антибактеріальну дію, що стало поштовхом до наукових досліджень [5].

Хімічний склад фітонцидів різноманітний: терпени (у хвойних), фенольні сполуки (у цибулі), алліцин (у часнику). Вони діють, руйнуючи клітинні мембрани бактерій, пригнічуючи синтез білків або ДНК патогенів. Наприклад, алліцин ефективний проти *Staphylococcus aureus*, а евкаліптол із евкаліпта – проти грибкових інфекцій.

Серед рослин із фітонцидними властивостями особливе місце посідають часник, цибуля, сосна, ялина та евкаліпт. На їх основі розроблено препарати, такі як мазі, настоянки та ефірні олії. Наприклад, «Хлорофіліпт» (на основі

хлорофілів евкаліпта) успішно застосовується для лікування інфікованих ран і опіків. Експерименти показують, що фітонциди знищують до 90% бактерій у зоні контакту протягом кількох годин [5].

Фітонциди виробились у рослин в процесі їхньої еволюції і є одним із факторів природного імунітету рослин, що захищають їх від збудників інфекційних хвороб і комах – шкідників. Фітонциди виділяються рослинами в атмосферу, ґрунт, воду і відіграють важливу роль у взаємовідношенні рослинних і тваринних організмів у біоценозах. Інтенсивність утворення залежить від фізіологічного стану рослин, стадії розвитку, пори року, кліматичних, ґрунтових та інших умов. Фітонциди являють собою складний комплекс речовин (легкі речовини і тканинні соки), які у різних видів рослин, і навіть у різних органів тієї самої рослини можуть відрізнятися за хімічним складом і біологічною дією [3].

Фітонциди є джерелом одержання антибіотиків з вищих рослин (новоіманіну, сальвіну, хлорофіліпту, лютенуріну та інших), що мають антимікробну дію і стимулюють захисні сили організму людини.

Фітонциди мають велике гігієнічне значення – очищають повітря від багатьох, у тому числі, хвороботворних мікробів. Фітонциди – це цілющі речовини, вони не відділені від життя рослин в цілому. Компонентами фітонцидів можуть бути синильна кислота, ефірні олії, дубильні речовини, смоли, алкалоїди, глюкозиди, феноли.

Фітонциди мають широкий спектр корисних властивостей, серед яких:

1) антибактеріальна дія – знищують або гальмують ріст патогенних мікроорганізмів.

2) протівірусний ефект – перешкоджають розмноженню вірусів у клітинах організму.

3) протигрибкова активність – пригнічують розвиток грибкових інфекцій.

4) імуномодуюча дія – підсилюють захисні функції організму.

Серед рослин із фітонцидними властивостями особливе місце посідають (табл. 1):

Таблиця 1. Основні фітонцидні рослини та їхнє застосування

Рослина	Застосування
Часник (<i>Allium sativum</i>)	Часник містить алліцин, який має сильні антимікробні властивості. Він ефективний проти бактерій, грибів та вірусів.
Цибуля (<i>Allium cepa</i>)	Подібно до часнику, цибуля містить фітонциди, які мають антимікробні властивості.
Хрін (<i>Armoracia rusticana</i>)	Хрін містить алліл ізотіоціанат, який має антимікробні властивості та використовується для лікування респіраторних інфекцій.
Чайне дерево (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	Ефірна олія чайного дерева широко використовується для лікування інфекцій шкіри та респіраторних захворювань завдяки своїм антимікробним властивостям.
Евкаліпт (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Ефірна олія евкаліпту використовується для лікування респіраторних інфекцій та має антимікробні властивості.
Сосна (<i>Pinus sylvestris</i>)	Ефірна олія сосни має антимікробні властивості та використовується для лікування респіраторних захворювань.
Чебрець (<i>Thymus vulgaris</i>)	Чебрець містить тимол, який має сильні антимікробні властивості та використовується для лікування інфекцій.

Сучасна фармакологія пропонує низку препаратів на основі фітонцидів. Вони випускаються у формі мазей, настоянок, ефірних олій, аерозолів і розчинів для зовнішнього застосування. Наприклад:

1) «Хлорофіліпт»: спиртовий розчин на основі хлорофілів евкаліпта, ефективний проти стафілококових інфекцій.

2) «Фітонцид»: екстракт хвойних рослин, що застосовується для обробки ран і опіків.

3) Мазь із соснової смоли: стимулює регенерацію тканин і має антисептичну дію.

Препарати на основі фітонцидів використовуються для обробки ран, оскільки вони сприяють загоєнню тканин, зменшують запалення та запобігають інфікуванню. Наприклад, екстракти часнику, цибулі та алое мають потужні антисептичні властивості.

Фітонциди широко застосовуються для лікування хвороб дихальних шляхів. Вдихання ефірних олій евкаліпта, сосни, лаванди та ялиці допомагає усунути симптоми грипу, застуди та бронхіту. Вони сприяють розрідженню мокротиння, полегшують дихання, зменшують запалення та пригнічують ріст патогенних мікроорганізмів. Крім того, фітонцидні інгаляції можуть підвищувати імунітет і запобігати розвитку ускладнень, таких як пневмонія чи хронічний бронхіт. Регулярне використання ефірних олій у приміщенні також сприяє очищенню повітря від вірусів і бактерій, що знижує ризик зараження під час сезонних епідемій.

Препарати на основі фітонцидів використовують у стоматологічній практиці для лікування запальних процесів у ротовій порожнині, таких як гінгівіт, пародонтит і стоматит. Наприклад, екстракт кори дуба та календули застосовується для полоскань ротової порожнини [4].

Фітонциди ефективні при лікуванні дерматологічних захворювань, таких як екзема, дерматити та грибкові ураження шкіри. Зокрема, сік чистотілу та екстракти ромашки, деревію та лаванди мають виражену протизапальну та заспокійливу дію.

Деякі фітонцидні рослини, такі як лаванда, м'ята та меліса, мають заспокійливу дію, знижують рівень стресу та сприяють поліпшенню сну.

Препарати на основі фітонцидів широко використовуються для обробки поверхневих і глибоких ран. Наприклад:

Часникові екстракти: Містять аліцин, який ефективно бореться з грампозитивними та грамнегативними бактеріями, такими як *Staphylococcus aureus* і *Escherichia coli*. Застосовуються для промивання гнійних ран.

Ефірна олія чайного дерева: Завдяки високому вмісту терпіненів має потужну антисептичну дію і сприяє загоєнню опіків та порізів.

Хвойні бальзами: Використовуються для лікування хронічних ран і трофічних виразок завдяки комбінації антимікробних і регенеративних властивостей.

Фітонциди ефективні проти широкого спектра інфекцій:

Респіраторні захворювання: Інгаляції з евкаліптовою або сосною олією допомагають боротися з бактеріальними та вірусними інфекціями дихальних шляхів.

Шкірні інфекції: Мазі з фітонцидами застосовуються при фурункульозі, дерматитах і грибкових ураженнях.

Сечостатевої інфекції: Настоянки з фітонцидних рослин (наприклад, ялівцю) можуть використовуватися як допоміжний засіб.

Дослідження показують, що фітонциди зменшують ризик вторинного інфікування та прискорюють епітелізацію тканин, що особливо важливо при лікуванні складних ран.

Переваги фітонцидних препаратів включають низьку токсичність, доступність сировини та мінімальний ризик алергій. Однак є й недоліки: леткість активних речовин ускладнює їх зберігання, а відсутність стандартизації може призводити до різної ефективності партій препаратів (рис.1).



Рис 1. Переваги та недоліки фітонцидних препаратів
Джерело: сформовано автором на основі [1].

Сучасна медицина активно досліджує фітонциди як альтернативу традиційним антибіотикам у контексті зростання антибіотикорезистентності. Розробляються нові форми препаратів, такі як наногелі, біорозкладні пов'язки та мікрокапсули з фітонцидами, які можуть забезпечити контрольоване вивільнення активних речовин. Комбінація фітонцидів із синтетичними препаратами або пробіотиками може посилити терапевтичний ефект і розширити спектр дії. Також ведуться дослідження щодо використання фітонцидів у ветеринарії та косметології, де вони можуть застосовуватися для загоєння шкіри чи профілактики інфекцій [3].

Незважаючи на природне походження, фітонциди можуть викликати побічні ефекти, особливо при неправильному використанні. Важливо враховувати:

1) можливість алергічних реакцій: перед використанням препарату слід провести тест на чутливість.

2) токсичність: деякі фітонциди можуть бути токсичними у великих дозах.

3) взаємодія з лікарськими засобами: фітонциди можуть впливати на дію інших ліків.

4) протипоказання: вагітність, годування грудьми, дитячий вік, хронічні захворювання печінки та нирок.

Перед використанням будь-якого препарату на основі фітонцидів необхідно проконсультуватися з лікарем.

Препарати на основі фітонцидів є перспективним напрямком у лікуванні ран, інфекцій та інших патологій завдяки своїм природним властивостям, низькій токсичності та комплексній дії. Хоча вони не можуть повністю замінити синтетичні антибіотики в критичних ситуаціях, їхнє використання як допоміжного або профілактичного засобу має значний потенціал. Подальші дослідження, стандартизація та впровадження інноваційних технологій відкриють нові можливості для підвищення ефективності фітотерапії в медицині, сприяючи створенню безпечніших і доступніших методів лікування.

Висновки. Використання фітонцидних рослин у медицині відкриває широкі перспективи для лікування та профілактики різних захворювань. Препарати на основі фітонцидів демонструють виражені антимікробні, протизапальні та імунomodуючі властивості, що робить їх ефективними при лікуванні ран, інфекційних захворювань та інших патологічних станів. Завдяки природному походженню фітонциди є безпечними для організму та мають мінімальну кількість побічних ефектів порівняно з синтетичними антибіотиками. Вони можуть використовуватися як у традиційній медицині, так і в народних методах лікування, сприяючи швидкому загоєнню тканин, зменшенню запалення та запобіганню розвитку ускладнень. Подальші дослідження в цій сфері дозволять розширити можливості використання фітонцидів у фармакології, створюючи нові ефективні та екологічно безпечні препарати. Таким чином, застосування фітонцидних рослин для лікування ран і інфекцій є перспективним напрямом розвитку медицини, що сприяє збереженню здоров'я людини та зменшенню негативного впливу хімічних медикаментів на організм.

Список використаної літератури

1. Дзуліт І. П. Актуальність застосування фітопрепаратів як лікувально-профілактичних засобів у пародонтологічних хворих. *Клінічна стоматологія*. 2016. № 2. С. 8–13.

2. Локес П.І., Панасенко І.Г. Лікарські рослини. Підручник. Полтава: «Довкілля-К», 2010. 264 с.

3. Окрушко С.Є. Фітонцидологія. Опорний конспект лекцій. Вінниця, 2023. 128 с.

4. Рудишин С. Д. Біотехнологія рослин: навч. посіб. Суми: «Корпункт», 2024. 200 с.

5. Фітонциди, їх роль у природі та вплив на здоров'я людини: веб-сайт. URL: <https://naurok.com.ua/doslidnicka-robota-na-temu-fitoncidi-h-rol-u-prirodi-ta-vplyv-na-zdorov-ya-lyudini-199879.html> (дата звернення 19.03.2025).

Андрій ЗАДНІПРЯК¹³,
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Анотація. Штучний інтелект відкрив нові перспективи для трансформації сільськогосподарського виробництва. Завдяки здатності обробляти великі обсяги даних, робити прогнози та автоматизувати процеси, штучний інтелект має потенціал для значного підвищення ефективності виробництва, оптимізації використання ресурсів і зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. У цій статті детально аналізуються основні технології ШІ, економічні, екологічні та соціальні переваги їх впровадження, а також виклики та перспективи розвитку аграрного сектору, а також пропонуються практичні рекомендації щодо інтеграції інноваційних рішень у сільськогосподарські процеси.

Ключові слова: штучний інтелект, технології ШІ, дослідження в сільському господарстві.

Annotation. Artificial intelligence has opened up new prospects for the transformation of agricultural production. With the ability to process large amounts of data, make predictions, and automate processes, artificial intelligence has the potential to significantly increase production efficiency, optimize resource use, and reduce negative environmental impacts. This article provides a detailed analysis of the main AI technologies, the economic, environmental and social benefits of their implementation, as well as the challenges and prospects for the development of the agricultural sector, and offers practical recommendations for integrating innovative solutions into agricultural processes.

Keywords: artificial intelligence, AI technologies, agricultural research.

Вступ. Сучасний аграрний сектор стикається зі зростаючими викликами: зміна клімату, обмежені природні ресурси, зростаючий попит на продукти

¹³ Науковий керівник – Колісник О.М., доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

харчування та високі витрати виробництва. У цьому контексті традиційні методи сільського господарства вже не завжди гарантують оптимальну продуктивність і стійкість виробництва. Штучний інтелект стає потужним інструментом для фермерів, який дозволяє проводити детальний аналіз даних, приймати обґрунтовані рішення та автоматизувати багато процесів. Цей процес трансформації пропонує як короткострокові вигоди, так і довгостроковий потенціал для сталого розвитку сільськогосподарського сектора.

Метою цієї статті є поглиблений аналіз застосування штучного інтелекту в сільському господарстві, висвітлення його економічних, екологічних і соціальних аспектів та визначення основних проблем і рішень. Дослідження базується на останніх наукових даних, історіях успіху та оглядах передових технологій.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасну доцільність використання штучного інтелекту для управління сільськогосподарським виробництвом.
2. Оцінити економічну вигоду від інтеграції штучного інтелекту у виробничі процеси.
3. Перегляньте переваги для навколишнього середовища, включаючи зменшення забруднення та збереження ресурсів.
4. Визначити соціальні та організаційні аспекти інтеграції ШІ в сільське господарство та харчову промисловість.
5. Визначте основні проблеми та бар'єри для впровадження технологій ШІ.
6. Запропонуйте практичні стратегії для подолання існуючих проблем і сприяння технологічному розвитку.

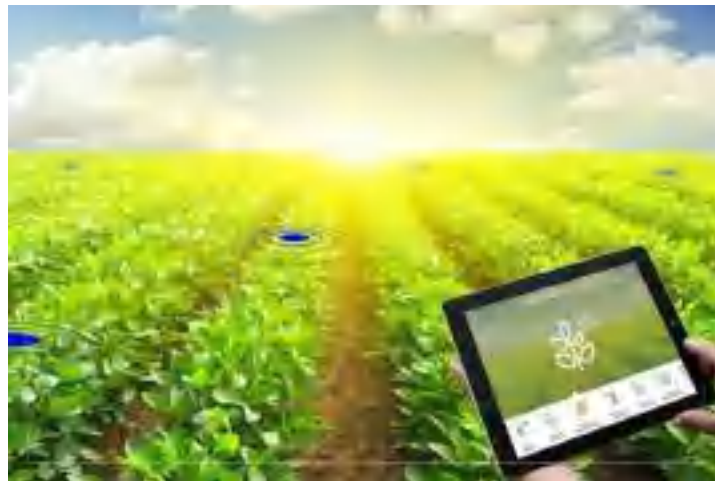


Рис. 1. Основний корпус

Машинне навчання та аналіз великих даних. Технічна суть:

Машинне навчання (ML) дозволяє системі автономно вдосконалювати свої алгоритми на основі історичних даних. Це дозволяє фермам використовувати раніше зібрані дані для створення моделей, які передбачають врожайність, аналізують стан посівів і визначають потенційні загрози для рослин.

Застосування в сільському господарстві:

- Прогнозування врожайності: аналізуючи дані про погоду, стан ґрунту, інтенсивність сонячного випромінювання та інші фактори, модель АА може з високою точністю прогнозувати майбутні врожаї.

- Виявлення захворювань: системи аналізу зображень можуть виявляти ранні ознаки хвороб або шкідників, що дозволяє швидко втручатися.

- Оптимізація ресурсів: моделі можуть визначати оптимальне дозування добрив, об'єм води для поливу та інші параметри, які можуть допомогти зменшити витрати та підвищити продуктивність.

Приклади рішень:

- IBM Watson Decision Platform for Agriculture: використовує машинне навчання для аналізу багатьох параметрів, які впливають на врожайність, і надання рекомендацій для управління фермою.

- Agribble: платформа, яка об'єднує дані з різних джерел і використовує алгоритми штучного інтелекту для створення прогнозів і рекомендацій.

Комп'ютерний зір і робототехніка, технічний огляд:

Комп'ютерне бачення може автоматично аналізувати зображення та відео, зняті камерами, дронами або стаціонарними системами. Ця технологія дозволяє роботу «бачити» та розпізнавати візерунки, що є вирішальним для моніторингу врожаю.

Застосування в сільському господарстві:

- Моніторинг рослин: використання дронів, оснащених камерами, дозволяє регулярно аналізувати поля, щоб визначити не лише проблемні зони, але й стан кожної окремої рослини.

- Автоматизація збору врожаю: роботизовані системи можуть використовувати комп'ютерний зір для точного визначення стиглості фруктів і автоматичного збирання їх, зменшуючи залежність від сезонних працівників.

- Автономна навігація машини: автономні трактори та комбайни, оснащені системами комп'ютерного зору, можуть забезпечити точність обробки ґрунту та інших операцій і мінімізувати людський фактор.

Приклади рішень:

- Технологія John Deere і Trimble використовує поєднання GPS, комп'ютерного зору та роботизованих пристроїв для точного керування сільськогосподарською технікою.

Інтернет речей (IoT) і датчики, технічна суть:

Інтернет речей - це мережа взаємопов'язаних пристроїв, які миттєво збирають і передають дані. Датчики, встановлені на полях або теплицях, можуть постійно контролювати такі важливі параметри, як вологість, температура, кислотність ґрунту та інші показники.

Застосування в сільському господарстві:

- У режимі реального часу: дані датчиків дозволяють негайно реагувати на зміни в умовах вирощування, наприклад, активація зрошення або зміна режиму освітлення в теплиці.

- Аналіз тенденцій: зібрані дані використовуються для створення історичних даних, які допомагають робити прогнози та коригувати операційні стратегії управління.

- Інтеграція зі штучним інтелектом: дані з пристроїв IoT формують основу моделей машинного навчання для підвищення точності прогнозів і оптимізації ресурсів.

Приклади рішень:

- Climate FieldView: платформа, яка об'єднує дані з численних датчиків, щоб надавати фермерам аналітичні звіти, рекомендації та попередження про потенційні ризики.

Економічні та екологічні вигоди від використання штучного інтелекту.

Зменшити витрати та підвищити продуктивність

- Оптимізація ресурсів: точно визначивши потреби у воді, добривах і пестицидах, фермери можуть зменшити матеріальні витрати. Автоматизовані системи допомагають уникнути перевитрат і забезпечують більш ефективне використання ресурсів.

- Підвищення врожайності: точне керування посівами та раннє виявлення проблем можуть збільшити врожайність на 10-20 відсотків. Регулярний моніторинг і швидка корекція умов вирощування можуть запобігти серйозним втратам продукції.

- Зниження витрат на робочу силу: автоматизація таких процесів, як збирання врожаю чи обробка полів, зменшує потребу в сезонних працівниках і оптимізує витрати на робочу силу.

Зменшити вплив на навколишнє середовище

- Раціональне використання хімікатів: точне дозування пестицидів і хімічних добрив знижує ризик передозування та позитивно впливає на якість ґрунту та водних ресурсів.

- Енергозбереження: автоматизовані системи допомагають оптимізувати використання енергії, зменшуючи споживання палива та викиди парникових газів.

- Збереження біорізноманіття: використання інноваційних технологій може допомогти мінімізувати негативний вплив на екосистему, тим самим допомагаючи захистити місцеву флору і фауну.

Соціальні та організаційні аспекти впровадження ШІ. Створити нові робочі місця та підвищити кваліфікацію

- Нова спеціалізація: інтеграція штучного інтелекту в сільське господарство призводить до появи нових професій: аналітиків даних, робототехніків, розробників програмного забезпечення та експертів з Інтернету речей. Це сприяло розвитку сільських високотехнологічних виробництв.

- Навчальні програми: Для успішного впровадження нових технологій потрібні тренінги та семінари для фермерів і техніків. Освітні заклади та державні програми можуть допомогти підготувати робочу силу до більш ефективного впровадження ШІ.

- Стимули та інновації: впровадження ШІ заохочує компанії шукати інноваційні рішення, тим самим сприяючи розвитку сільськогосподарських технологій.

Підвищення продовольчої безпеки

- Стабільність виробництва: ШІ допомагає фермерам краще планувати виробництво, зменшити вплив несприятливих погодних умов і мінімізувати втрати врожаю.

- Якість продукції: точне управління врожаєм допомагає досягти вищих стандартів якості сільськогосподарської продукції, що важливо як для внутрішнього, так і для експортного ринків.

- Довгострокове планування: Аналітичні моделі допомагають сформулювати стратегії розвитку аграрного сектору на основі прогнозів попиту та зміни кліматичних умов, забезпечуючи таким чином стабільне постачання продовольства населенню.

Проблеми впровадження штучного інтелекту в сільському господарстві

Висока технічна вартість

- Початкові інвестиції: придбання сучасного обладнання, систем збору даних і ліцензійного програмного забезпечення часто є значним фінансовим тягарем і ускладнює впровадження технології для малих і середніх господарств.

- Масштаб: досягнення економії на масштабі потребує великих обсягів даних і користувачів, чого може бути важко досягти на ранніх стадіях розвитку технологій.

Відсутність кваліфікованих кадрів і адаптації персоналу

- Дефіцит навичок: відсутність експертів у галузі штучного інтелекту, аналізу даних та керування робототехнічними системами обмежує можливості впровадження новітніх технологій.

- Потреби в перепідготовці: Традиційні ферми повинні адаптувати своїх працівників до нових технологій, що потребує додаткових ресурсів і часу на навчання.

- Організаційні бар'єри: традиційні галузі зазвичай характеризуються стійкістю до змін, що уповільнює впровадження інноваційних рішень. Важливо створювати стимули для працівників та проводити інформаційно-просвітницькі кампанії.

Перспективи розвитку штучного інтелекту в сільському господарстві

Зменшити витрати на технології

- Технологічний розвиток: у міру розвитку ринку та загострення конкуренції вартість обладнання та програмного забезпечення ШІ поступово знижується. Це робить інноваційні рішення більш доступними навіть для невеликих ферм.

- Масове впровадження: зі збільшенням кількості користувачів і обсягу даних аналітична ефективність зростає, створюючи умови для більш широкого впровадження цих технологій.

Робототехнічні системи та інтеграція автоматизації

- Розвиток робототехніки: прогрес у робототехніці відкриває перспективи для створення автономних систем (тракторів, дронів, збиральних роботів), тим самим підвищуючи точність та ефективність виробництва.

- Автоматизоване управління: включення штучного інтелекту в системи управління може допомогти оптимізувати всі етапи сільськогосподарського виробництва, від підготовки ґрунту до обробки після збору врожаю.

Державна підтримка та партнерство

- Програми підтримки: державні субсидії допомагають впроваджувати аграрні інновації, тим самим допомагаючи вирішити проблеми фінансування та модернізації сільськогосподарських підприємств.

- Співпраця з науково-дослідними установами: співпраця між сільськогосподарськими компаніями, університетами та дослідницькими центрами сприяє обміну знаннями та прискорює впровадження новітніх технологій.

- Інноваційна екосистема: створення кластерів і центрів, присвячених розвитку сільськогосподарських технологій, може допомогти залучити інвестиції та підтримати розвиток інноваційних проектів.

Практичні приклади та застосування штучного інтелекту

Європейський інноваційний проект

Провідна сільськогосподарська компанія Західної Європи впровадила інтегровану систему штучного інтелекту, яка поєднує датчики IoT, аналітику великих даних і автономних роботів для моніторингу та керування посівами. Це дозволяє компанії:

- Зниження витрат на добрива на 25%.
- Збільшити врожайність на 15% за рахунок раннього виявлення хвороби.
- Оптимізація водокористування позитивно впливає на екологічну стійкість діяльності.

Аналіз здоров'я рослин безпілотником

В іншому проекті в Азії дрони, оснащені камерами високої роздільної здатності та алгоритмами комп'ютерного зору, здатні робити детальні зображення полів. Це дозволяє:

- Швидко реагувати на проблеми місцевого закладу.
- Зменшити вартість ручних перевірок стану об'єктів.
- Створити детальні карти, щоб допомогти прийняти рішення щодо агрономічних методів.

Висновки. Штучний інтелект має потенціал стати рушійною силою трансформації сільськогосподарського виробництва. Використання штучного інтелекту дозволяє досягти наступних ефектів:

- Значне підвищення ефективності та продуктивності ферми.
- Оптимізувати споживання ресурсів і зменшити забруднення навколишнього середовища.
- Забезпечення стабільного виробництва та підвищення продовольчої безпеки.

- Створення нових робочих місць та сприяння розвитку інноваційних технологій.

Незважаючи на такі виклики, як високі початкові інвестиції та брак кваліфікованих працівників, перспективи розвитку штучного інтелекту в галузі сільського господарства залишаються дуже оптимістичними. Подальша інтеграція інтелектуальних систем, державна підтримка та активна співпраця між науково-дослідними установами та аграрним бізнесом допоможуть галузі стабільно розвиватися та забезпечать продовольчу безпеку в умовах глобальних викликів.

Список використаної літератури

1. «Штучний інтелект у сільському господарстві: застосування та виклики» Journal of Agricultural Informatics, 2023.

2. «Штучний інтелект і великі дані в сільському господарстві» Agricultural Systems, 2022.

3. «Роль штучного інтелекту в сталому сільському господарстві» Journal of International Agricultural Research, 2021.

4. «Машинне навчання для точного землеробства: застосування та виклики» Сільськогосподарська інформатика та електроніка, 2020.

5. «Розумне сільське господарство: інтеграція IoT та AI у сільське господарство» AgriTech Insights, 2022.

6. «Робототехніка та комп'ютерне бачення в сучасному сільському господарстві» Journal of Agricultural Engineering, 2021.

7. «Економічний вплив сільського господарства на основі штучного інтелекту» International Journal of Agricultural Economics, 2023.

8. Palamarchuk V.D., Klymchuk O.V., Polishchuk I.S., Kolisnyk O.M., Borivskyi A.F. (2010). Ekolohe-biolohehni ta tekhnolohehni pryntsyipy vyroshchuvannya polovykh kultur: Navchalnyi posibnyk [*Ecological, biological and technological principles of growing field crops: Textbook*]. Vinnytsia. [in Ukrainian].

9. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. (2019). Research of the influence of the parameters of the block-portion separator on the adjustment range of speed of operating elements [*Research of the influence of the parameters of the block-portion separator on the adjustment range of speed of operating elements*]. Inmateh. Agricultural Engineering. Vol. 57/1. P. 37-44. [in English].

10. Kolisnyk O.M., Matushev A.O. Influence of foliage feeding in productivity formation of sunflower hybrids. *Sil's'ke hospodarstvo ta lisivnytstvo - Agriculture and forestry* 2024. №2 (33). С. 90-99. [in Ukrainian].

11. Kolisnyk, O. M., Butenko, A. O., Malynka, L. V., Masik, I. M., Onychko, V. I., Onychko, T. O., Kriuchko, L. V., Kobzhev, O. M. (2019). Adaptive properties of maize forms for improvement in the ecological status of fields. *Ukrainian Journal of Ecology*. 9 (2), 33-37. [in English].

Роман ЗАЯЦЬ¹⁴,
Студент першого курсу
Факультет агрономії, садівництва та захисту рослин
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

МІКРООГРАНІЗМИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Анотація. У статті розглядаються основні види мікроорганізмів, які застосовуються в сільському господарстві для підвищення родючості ґрунтів, захисту рослин від шкідників і хвороб, а також для покращення якості сільськогосподарської продукції. Особливу увагу приділено ролі бактерій, грибів та актиноміцетів у біологічних процесах, що сприяють сталому розвитку аграрного сектору. Проаналізовано сучасні дослідження та перспективи використання мікроорганізмів у сільськогосподарській практиці.

Ключові слова: мікроорганізми, сільське господарство, бактерії, гриби, актиноміцети, родючість ґрунту, захист рослин.

Annotation. This article explores the main types of microorganisms used in agriculture to enhance soil fertility, protect plants from pests and diseases, and improve the quality of agricultural products. Special attention is given to the role of bacteria, fungi, and actinomycetes in biological processes that support the sustainable development of the agricultural sector. Current research and prospects for the application of microorganisms in agricultural practice are analyzed.

Keywords: microorganisms, agriculture, bacteria, fungi, actinomycetes, soil fertility, plant protection.

Вступ. Сільське господарство відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки та економічного розвитку суспільства. Зростання потреб у продуктах харчування вимагає підвищення ефективності аграрного виробництва із збереженням екологічної рівноваги. У цьому контексті використання мікроорганізмів стає важливим інструментом, адже вони сприяють підтримці родючості ґрунтів, захисту рослин від шкідників і хвороб та підвищенню якості сільськогосподарської продукції.

Сучасні дослідження вказують на те, що мікроорганізми можуть слугувати екологічно безпечною альтернативою хімічним добривам і пестицидам, зменшуючи негативний вплив на довкілля [1, 2]. Водночас залишаються невирішені питання щодо оптимізації їх застосування в різних агроекологічних умовах та розробки нових біотехнологій для сільського господарства.

Метою статті є систематизація знань про види мікроорганізмів, які використовуються у сільському господарстві, та аналіз їхнього внеску в

¹⁴ Науковий керівник – Аралова Т. С., ст. викладач кафедри ботаніки генетики та захисту рослин.

підвищення ефективності аграрного виробництва. Завдання дослідження включають: 1) класифікацію основних груп мікроорганізмів, що застосовуються в сільському господарстві; 2) опис їхніх функцій і механізмів дії; 3) оцінку перспектив подальших досліджень у цій сфері.

Виклад основного матеріалу. Бактерії є однією з найпоширеніших груп мікроорганізмів у сільському господарстві. Вони беруть участь у фіксації азоту, розкладанні органічних речовин і захисті рослин від патогенів, забезпечуючи сталість агроєкосистем (табл. 1).

Азотфіксуючі бактерії:

Rhizobium leguminosarum: Утворює симбіоз із бобовими рослинами (горох, соя, люцерна) (рис.1) у корневих нодулях, де фіксує атмосферний азот (N_2) за допомогою ферменту нітрогенази. Вироблений аміак (NH_3) рослина використовує для синтезу амінокислот і білків, що підвищує врожайність на 10-30% і зменшує потребу в азотних добривах. Наприклад, на сої це може додати до 50-70 кг N/га за сезон.

Azotobacter chroococcum: Вільноживуча аеробна бактерія, що фіксує азот у ризосфері таких культур, як кукурудза, пшениця чи сорго. Фіксує до 20 мг N_2 на 1 г спожитого вуглецю завдяки високій метаболічній активності. Додатково синтезує гібереліни — фітогормони, які стимулюють ріст кореневої системи на 15-20%, покращуючи поглинання води та поживних речовин.

Clostridium pasteurianum: Анаеробна бактерія, що фіксує азот у вологих, киснево-бідних ґрунтах, таких як рисові поля чи болотисті ділянки. Процес аналогічний до *Rhizobium*, але відбувається без симбіозу, забезпечуючи 10-15 кг N/га за сезон. Її дія особливо цінна в органічному землеробстві [3].

Фосформобілізуючі бактерії:

Bacillus megaterium: Розчиняє важкорозчинні фосфати, наприклад, трикальційфосфат ($Ca_3(PO_4)_2$), шляхом секреції органічних кислот (глюконової, лимонної). Це підвищує доступність фосфору для рослин (томати, картопля) на 15-20%, особливо на кислих ґрунтах.

Pseudomonas putida: Синтезує фосфатази, які гідролізують органічні фосфорні сполуки (фосфоліпіди, нуклеотиди) до ортофосфатів (HPO_4^{2-}). Процес покращує фосфорне живлення культур (ячмінь, овес) на бідних ґрунтах, де фосфору в доступній формі менше 10 мг/кг [4].

Бактерії-антагоністи:

Bacillus subtilis: Продукує антибіотики (бацитрацин, субтилізін), які руйнують клітинні стінки патогенів, таких як *Fusarium oxysporum* (збудник в'янення). Додатково індукує системну резистентність у рослин (огірки, перець), активуючи синтез захисних білків (PR-протеїнів), що знижує ураженість на 30-40%.

Pseudomonas fluorescens: Синтезує сидерофори (піролюзорин), які зв'язують залізо (Fe^{3+}), обмежуючи його доступність для патогенів (*Erwinia amylovora*, збудник бактеріального опіку), і ціанистий водень (HCN), що пригнічує ріст грибів (*Rhizoctonia solani*). Захищає культури зменшуючи втрати врожаю на 20-25% [5].

Таблиця 1. Основні відомості про бактерії

Вид	Процес	Продукт/Ефект	Культури
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Фіксація N ₂	Аміак (NH ₃)	Соя, горох
<i>Azotobacter chroococcum</i>	Фіксація N ₂ + гібереліни	Азот, ріст коренів	Кукурудза, пшениця
<i>Clostridium pasteurianum</i>	Фіксація N ₂	Азот (10-15 кг/га)	Рис
<i>Bacillus megaterium</i>	Мобілізація P	Ортофосфати (HPO ₄ ²⁻)	Томати, картопля
<i>Pseudomonas putida</i>	Гідроліз Р-органічних	Ортофосфати	Ячмінь, овес
<i>Bacillus subtilis</i>	Антибіоз, імунітет	Бацитрацин, PR-протеїни	Огірки, перець
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Антибіоз	Сидерофори, HCN	Морква, буряк

Рис.1. Бактерії роду *Rhizobium* на бобових

2. Гриби

Гриби використовуються для покращення структури ґрунту, захисту рослин і як біологічні засоби боротьби зі шкідниками. Їхня дія ґрунтується на симбіозі, паразитизмі та ферментативній активності (табл 2).

Мікоризні гриби: *Glomus intraradices* (арбускулярний мікоризний гриб, AMF): Утворює симбіоз із коренями більшості культур (кукурудза, соняшник, соя), розширюючи кореневу систему через мережу гіфів (до 100 м на 1 см³ ґрунту). Процес: гіфи проникають у клітини кореня, транспортуючи фосфор (HPO₄²⁻), воду та мікроелементи (Zn, Cu) в обмін на вуглеводи від рослини, підвищуючи поглинання поживних речовин на 30-50%. Ефективність зростає на бідних ґрунтах.

Pisolithus tinctorius: Ектомікоризний гриб, що асоціюється з коренями дерев (сосна, дуб), утворюючи зовнішню мантию гіфів. У процесі синтезується полісахариди, які утримують вологу (до 20% більше), і транспортує азот (NH₄⁺) та мікроелементи, підвищуючи стійкість до посухи на 25-30% [6].

Триходерма (*Trichoderma*): *Trichoderma harzianum*, діє як біопестицид проти грибкових патогенів (*Fusarium oxysporum*, *Phytophthora infestans*). Процес: виділяє хітинази та глюканази, які гідролізують хітин і β -глюкани в клітинних стінках патогенів, а також стимулює імунітет рослин (томати, перець) через синтез фітоалексинів, знижуючи ураженість на 40%.

Trichoderma viride: Паразитуює на грибах (*Sclerotinia sclerotiorum*), обплітаючи їхні гіфи та руйнуючи їх ферментами (целюлази, протеази). Процес покращує здоров'я культур (капуста, салат) і сприяє розкладу органічних залишків, підвищуючи вміст гумусу на 10-15%.

Ентомопатогенні гриби: *Beauveria bassiana*, інфікує комах-шкідників (попелиці, колорадський жук) через спори, що проникають у кутикулу. У процесі гриб синтезує токсини (беаверин), які порушують обмін речовин і викликають параліч комах через 3-5 діб, захищаючи картоплю чи бавовник з ефективністю до 80% [7].

Таблиця 2. Основні відомості про гриби

Вид	Процес	Продукт/Ефект	Культури
<i>Glomus intraradices</i>	Симбіоз, транспорт Р	HPO_4^{2-} , вода	Кукурудза, соняшник
<i>Pisolithus tinctorius</i>	Симбіоз, утримання вологи	Азот, вологість	Сосна, дуб
<i>Trichoderma harzianum</i>	Паразитизм, імунітет	Хітинази, фітоалексини	Томати, перець
<i>Trichoderma viride</i>	Паразитизм, розклад	Ферменти, гумус	Капуста, салат
<i>Beauveria bassiana</i>	Ентомопатогенія	Беаверин	Картопля, бавовна

3. Актиноміцети поєднують властивості бактерій і грибів, відіграючи важливу роль у розкладанні органічних речовин і синтезі антибіотиків, що сприяє здоров'ю ґрунту й рослин (табл.3).

Стрептоміцети (*Streptomyces*): *Streptomyces griseus*, виробляє антибіотик стрептоміцин, який пригнічує ріст бактеріальних патогенів (*Xanthomonas campestris*, збудник плямистості). У процесі стрептоміцин зв'язується з 30S-субодиницею рибосом, блокуючи синтез білка в бактеріях, захищаючи культури (перець, капуста) з ефективністю до 70%.

Streptomyces coelicolor: Синтезує ферменти (лігнази, целюлази), які розщеплюють лігнін і целюлозу в рослинних залишках. Це збагачує ґрунт вуглецем і азотом, підвищуючи родючість для пшениці чи ячменю на 15%.

Streptomyces lydicus: Продукує актиновацин, ефективний проти грибів (*Phytophthora infestans*), і розкладає органічні сполуки (геміцелюлозу), покращуючи структуру ґрунту для винограду чи яблунь шляхом підвищення вмісту органічної речовини на 10-20%.

Розкладальні види: *Actinomyces thermophilus*, розкладає складні органічні речовини (лігнін, геміцелюлозу) у компості при високих температурах (50-60°C).

Основний процес це ферментативний гідроліз органічних полімерів до мономерів (глюкоза, амінокислоти), що підвищує вміст гумусу в ґрунті на 20-30%, сприяючи росту овочевих культур (морква, буряк) [8].

Таблиця 3. Основні відомості про актиноміцетів

Вид	Процес	Продукт/Ефект	Культури
<i>Streptomyces griseus</i>	Антибіоз	Стрептоміцин	Перець, капуста
<i>Streptomyces coelicolor</i>	Розкладання органіки	Глюкоза, азот	Пшениця, ячмінь
<i>Streptomyces lydicus</i>	Антибіоз, розкладання	Актиновацин, гумус	Виноград, яблуня
<i>Actinomyces thermophilus</i>	Компостування	Гумус	Морква, буряк

Описані дослідження продемонстрували, що мікроорганізми, зокрема бактерії, гриби та актиноміцети, відіграють незамінну роль у підвищенні ефективності сільського господарства, забезпечуючи комплексний вплив на агроєкосистеми. Бактерії, такі як *Rhizobium*, *Azotobacter* і *Bacillus subtilis*, сприяють фіксації азоту, мобілізації фосфору та захисту рослин від патогенів, що дозволяє значно підвищувати родючість ґрунтів і знижувати потребу в синтетичних азотних і фосфорних добривах. Гриби, зокрема мікоризні (*Glomus intraradices*) та біоконтрольні види (*Trichoderma harzianum*), покращують поглинання поживних речовин і води, а також ефективно борються з грибковими захворюваннями, зменшуючи залежність від хімічних пестицидів. Актиноміцети, такі як *Streptomyces griseus* і *Streptomyces coelicolor*, завдяки синтезу антибіотиків і розкладанню органічних сполук, не лише захищають рослини від інфекцій, а й збагачують ґрунт органічними речовинами, сприяючи його довготривалій родючості.

Використання цих мікроорганізмів сприяє зменшенню застосування хімічних речовин у сільському господарстві на 20-50%, що має позитивний вплив на екологічну безпеку, знижуючи забруднення ґрунтів, водних ресурсів і атмосфери. Такий підхід підтримує принципи сталого розвитку аграрного сектору, забезпечуючи баланс між продуктивністю та збереженням природного середовища. Крім того, мікроорганізми підвищують стійкість сільськогосподарських культур до абіотичних стресів, таких як посуха чи засолення, що є особливо актуальним в умовах зміни клімату.

Висновки. Перспективи подальших досліджень у сфері використання мікроорганізмів в сільському господарстві є багатограними та обіцяють значний прогрес. По-перше, розробка нових штамів мікроорганізмів із покращеними властивостями (наприклад, підвищеною стійкістю до екстремальних умов або більшою продуктивністю) може розширити їхнє практичне застосування. По-друге, оптимізація методів застосування — таких як інокуляція насіння, внесення в ґрунт чи створення комбінованих біопрепаратів — дозволить підвищити ефективність і економічну доцільність їхнього використання. По-третє, поглиблене вивчення молекулярних механізмів

взаємодії мікроорганізмів із рослинами, зокрема на рівні генної експресії та сигнальних шляхів, відкриває можливості для цілеспрямованого вдосконалення цих процесів. Нарешті, дослідження синергічних ефектів від комбінованого застосування різних видів мікроорганізмів (наприклад, *Rhizobium* із *Trichoderma*) може стати проривом у створенні комплексних біологічних рішень для сучасного сільського господарства. Таким чином, мікроорганізми не лише вирішують поточні аграрні виклики, а й закладають основу для інноваційного розвитку галузі в майбутньому.

Список використаної літератури

1. Smith J. Microorganisms in Agriculture: A Review. *Journal of Agricultural Science*. 2020. Vol. 15. P. 123-135.
2. Іванов І.І. Біологічні методи захисту рослин. Київ: Наукова думка, 2018. 250 с.
3. Петренко П.П. Азотфіксуючі бактерії в сільському господарстві. Харків: Основа, 2019. 180 с.
4. Сидоренко С.С. Фосформобілізуючі мікроорганізми та їх роль у підвищенні родючості ґрунтів. Львів: Львівський національний аграрний університет, 2021. 200 с.
5. Brown A., White B. Biological Control of Plant Pathogens. London: Academic Press, 2017. 300 p.
6. Garcia K., Zimmermann S. Mycorrhizal Symbiosis in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 1-15.
7. Harman G.E. Trichoderma for Biocontrol of Plant Pathogens. *Plant Disease*. 2018. Vol. 102. P. 1234-1245.
8. Doumbou C.L., Salove M.K. Actinomycetes in Agriculture. *Canadian Journal of Microbiology*. 2016. Vol. 62. P. 789-800.

Дмитро КАЛІНА¹⁵,
студент 2-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОХОРОНА ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

Анотація. Охорона земельних ресурсів є критично важливим аспектом екологічної політики України, адже землі є основою для сільського господарства, забезпечення продовольчої безпеки та збереження природного середовища. Україна, як країна з розвинутим аграрним сектором, стикається з рядом серйозних загроз, які мають прямий вплив на якість та родючість

¹⁵ Науковий керівник – Шкатула Ю.М., доцент, к .с. г. наук, зав. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

ґрунтів. Серед таких загроз основними є ерозія, деградація, засолення, забруднення ґрунтів хімічними речовинами, а також неправильне землекористування. Все це веде до зменшення родючості земель, зниження врожайів та погіршення екологічного стану. Ерозія, яка займає значну частину території країни, зокрема на південному сході та в західних регіонах, є однією з основних проблем. Деградація ґрунтів, зокрема у вигляді виснаження родючих шарів або їх забруднення, є результатом агрохімічного навантаження, що не завжди регулюється належним чином. Крім того, в Україні існує проблема забруднення ґрунтів пестицидами та іншими хімічними речовинами, що використовуються в сільському господарстві.

Ключові слова: земельні ресурси; охорона ґрунтів; деградація; ерозія; землекористування; екологічна політика; сталий розвиток; забруднення; родючість; агролісомеліорація.

Annotation. Land resource protection is a critically important aspect of Ukraine's environmental policy, as land is the basis for agriculture, ensuring food security and preserving the natural environment. Ukraine, as a country with a developed agricultural sector, faces a number of serious threats that have a direct impact on the quality and fertility of soils. The main threats include erosion, degradation, salinization, soil contamination with chemicals, and improper land use. All this leads to a decrease in land fertility, a decrease in yields, and a deterioration in the ecological state. Erosion, which occupies a significant part of the country's territory, in particular in the southeast and western regions, is one of the main problems. Soil degradation, in particular in the form of depletion of fertile layers or their contamination, is the result of agrochemical load, which is not always properly regulated. In addition, Ukraine has a problem of soil contamination with pesticides and other chemicals used in agriculture.

Keywords: land resources; soil protection; degradation; erosion; land use; environmental policy; sustainable development; pollution; fertility; agroforestry.

Вступ. Земельні ресурси є основою економічного розвитку України, оскільки сільське господарство залишається ключовим сектором національної економіки. Проте інтенсивна експлуатація земель, забруднення, ерозійні процеси, деградація ґрунтів та зміни клімату створюють серйозні загрози їхньому стану. Розораність земель в Україні є однією з найвищих у світі, що призводить до виснаження ґрунтів та втрати їхньої родючості. В умовах глобальних екологічних змін питання раціонального використання та охорони земельних ресурсів набуває особливої актуальності. Охорона земельних ресурсів передбачає комплекс заходів, спрямованих на запобігання їх деградації, збереження родючості, відновлення пошкоджених територій і забезпечення сталого землекористування. Важливу роль у цьому процесі відіграють законодавчі ініціативи, наукові розробки та впровадження екологічно безпечних агротехнологій.

Метою статті є аналіз сучасного стану земельних ресурсів України, виявлення основних загроз їхньому екологічному стану та розгляд ефективних заходів з їхньої охорони та відновлення.

Виклад основного матеріалу. Україна володіє значними земельними ресурсами, які є основою її економіки та продовольчої безпеки. Загальна площа земельного фонду становить близько 60 млн га, з яких понад 70% припадає на сільськогосподарські угіддя. Основним багатством країни є чорноземи, які займають близько 40% території й вважаються одними з найродючіших у світі. Проте незважаючи на їх високий потенціал, сучасний стан земельних ресурсів викликає занепокоєння через деградаційні процеси та екологічні проблеми.

Однією з ключових особливостей землекористування в Україні є надмірна розораність. Близько 53% території країни зайнято ріллею, що є одним із найвищих показників у світі. Надмірна розораність призводить до порушення природної рівноваги екосистем, зниження вмісту гумусу в ґрунті, збільшення водної та вітрової ерозії. Крім того, масштабна оранка сприяє зниженню біорізноманіття, руйнуванню природних ландшафтів і виснаженню ґрунтів [5].

Інтенсивне використання земель без дотримання сівозмін та застосування ґрунтозахисних технологій призводить до виснаження ґрунтового покриву. Внаслідок цього зменшується врожайність, а аграрне виробництво стає менш стійким до змін клімату. Основні проблеми земельних ресурсів України:

1. Ерозія ґрунтів. Ерозія є одним із найсерйозніших викликів для українських земельних ресурсів. Близько 30% орних земель піддаються водній ерозії, ще 6-8% – вітровій.

2. Деградація земель. Під дією нераціонального землекористування, виснажливого землеробства та кліматичних змін значна частина земель зазнає деградації. До основних форм деградації належать ущільнення ґрунту, зниження вмісту органічної речовини, порушення структури ґрунтового профілю.

3. Засолення ґрунтів. Засолення є серйозною проблемою в південних регіонах України, зокрема в степовій зоні. Воно виникає внаслідок неправильного зрошення, коли ґрунтові води піднімаються і накопичують солі у верхніх шарах ґрунту.

4. Забруднення земель. Важливим фактором погіршення стану земель є їхнє забруднення хімічними речовинами, важкими металами, пестицидами та промисловими відходами. Особливо актуальною є проблема накопичення нітратів у ґрунті через надмірне використання мінеральних добрив. У промислових регіонах спостерігається високий рівень забруднення важкими металами (кадмієм, свинцем, ртуттю), що не лише знижує родючість ґрунтів, але й становить загрозу для здоров'я людей [2].

Земельні ресурси України є стратегічним природним багатством, однак їх стан викликає серйозне занепокоєння через ерозійні, деградаційні та забруднювальні процеси. Надмірна розораність, нераціональне землекористування та екологічні загрози потребують термінового впровадження ефективних заходів щодо охорони ґрунтів. Важливими напрямками є впровадження екологічно безпечних агротехнологій, збереження природних

екосистем та контроль за використанням хімічних речовин у сільському господарстві. Лише комплексний підхід та державна підтримка зможуть забезпечити збереження земельних ресурсів для майбутніх поколінь.

Таблиця 1. Стан земельних ресурсів України та боротьба з проблемами [7]

Проблема	Стан в Україні	Шляхи боротьби
Ерозія ґрунтів	Понад 30% орних земель піддаються водній ерозії, 6-8% – вітровій.	Впровадження контурного землеробства, захисних лісосмуг, мінімального обробітку ґрунту.
Деградація ґрунтів	Виснаження гумусу, порушення структури ґрунту через надмірну експлуатацію.	Дотримання сівозмін, використання органічних добрив, сидерація, консервація деградованих земель.
Засолення ґрунтів	Поширене в південних регіонах через неправильне зрошення та підняття ґрунтових вод.	Раціональне зрошення, використання гіпсування, висадка солестійких культур.
Хімічне забруднення	Забруднення пестицидами, важкими металами, промисловими відходами.	Контроль за використанням агрохімікатів, рекультивація забруднених територій, екологічний моніторинг.
Надмірна розораність	Близько 53% території зайнято ріллею, що перевищує екологічно безпечний рівень.	Скорочення орних земель, впровадження природоохоронних територій, екологічно орієнтоване землеробство.
Зміни клімату	Зростання посух, екстремальні погодні явища, що впливають на стан ґрунтів.	Використання посухостійких культур, оптимізація зрошувальних систем, підвищення органічної речовини в ґрунті

Ґрунти є основою сільськогосподарського виробництва, забезпечуючи врожайність та екологічну стабільність. Однак деградаційні процеси, спричинені як природними, так і антропогенними факторами, значно погіршують їхній стан. В Україні ця проблема набуває особливої гостроти через високу розораність територій, нераціональне землекористування та зміни клімату. Розглянемо основні чинники деградації ґрунтів та їх вплив на довкілля. Антропогенні фактори деградації ґрунтів:

1) Нераціональне землекористування. Інтенсивне використання земель без дотримання екологічних норм та сівозмін призводить до виснаження ґрунтів. В Україні частка орних земель перевищує 50% загальної території, що є одним із найвищих показників у світі. Надмірна розораність сприяє руйнуванню структури ґрунту, зменшенню вмісту гумусу та зниженню його родючості. Окрім того, недотримання ґрунтозахисних технологій, таких як контурне землеробство та сидерація, посилює ерозійні процеси.

2) Надмірне застосування агрохімікатів. Сучасне сільське господарство широко використовує мінеральні добрива, пестициди та гербіциди для

підвищення врожайності. Проте їхнє надмірне або неконтрольоване використання призводить до хімічного забруднення ґрунту. Нітрати, фосфати та залишки пестицидів накопичуються в ґрунтових горизонтах, змінюючи природний баланс поживних речовин.

3) Промислове забруднення. Україна має розвинену промисловість, яка є значним джерелом забруднення земель. Металургійні та хімічні підприємства викидають у навколишнє середовище важкі метали (свинець, кадмій, ртуть), нафтопродукти та токсичні сполуки. Ці речовини осідають у ґрунті, змінюючи його хімічний склад та зменшуючи біологічну активність. Забруднені ґрунти стають непридатними для вирощування сільськогосподарських культур та потребують довготривалої рекультивації [3].

Природні фактори деградації ґрунтів:

1. Кліматичні зміни. Зміни клімату мають значний вплив на стан ґрунтів, особливо в південних регіонах України. Підвищення середньорічних температур, зменшення кількості опадів та часті посухи сприяють висушуванню ґрунту та зниженню його продуктивності. Водночас екстремальні погодні явища, такі як сильні зливи чи посухи, викликають ерозію та ущільнення ґрунту.

2. Водна ерозія є однією з головних причин втрати родючого шару ґрунту в Україні. Вона виникає внаслідок сильних опадів, весняного танення снігу та неправильної системи зрошення. Найбільш вразливими є схилі землі, де потоки води вимивають поживні речовини, залишаючи ґрунт малопродуктивним. За відсутності захисних лісосмуг і контурного землеробства процес водної ерозії посилюється.

3. Вітрова ерозія особливо небезпечна для степових та посушливих регіонів України. Відсутність лісових насаджень та інтенсивна оранка сприяють утворенню пилових бур, які виносять верхній родючий шар ґрунту. Вітрова ерозія найбільш активно проявляється навесні, коли ґрунт висušений і не захищений рослинним покривом.

Деградація ґрунтів в Україні є наслідком поєднання антропогенних і природних факторів. Нераціональне землекористування, надмірне застосування агрохімікатів та промислове забруднення призводять до хімічного та фізичного виснаження ґрунтів. Водночас кліматичні зміни, водна та вітрова ерозія посилюють ці процеси, загрожуючи продовольчій безпеці країни. Для збереження та відновлення родючих земель необхідно впроваджувати екологічно безпечні технології землекористування, розширювати агролісомеліорацію та запроваджувати ефективні заходи проти ерозії. Лише комплексний підхід дозволить забезпечити сталий розвиток сільськогосподарства та зберегти ґрунтові ресурси для майбутніх поколінь [5].

Останні п'ять років в Україні відзначилися суттєвими змінами в законодавчому регулюванні охорони земельних ресурсів. Ці зміни спрямовані на забезпечення раціонального використання ґрунтів, збереження їхньої родючості та інтеграцію європейського досвіду в національну політику. У період з 2020 по 2025 роки було прийнято низку законодавчих актів, які посилили охорону земельних ресурсів:

- Закон України "Про охорону земель": визначає правові основи охорони земель, встановлює заходи щодо запобігання деградації ґрунтів та їхнього забруднення.

- Зміни до Земельного кодексу України: внесено поправки, які посилюють відповідальність за порушення правил використання земель та впроваджують механізми контролю за станом ґрунтів.

- Закон України "Про державний контроль за використанням та охороною земель": встановлює порядок здійснення державного нагляду у сфері земельних відносин, включаючи заходи щодо виявлення та запобігання порушенням [1].

Для реалізації законодавчих норм були розроблені та впроваджені державні програми та стратегії:

- Національна стратегія управління земельними ресурсами до 2030 року: визначає пріоритети та заходи щодо збереження та відновлення родючості ґрунтів, впровадження сучасних технологій землекористування та моніторингу стану земель.

- Державна програма "Охорона ґрунтів України": спрямована на боротьбу з ерозією, засоленням та іншими негативними процесами, що впливають на якість ґрунтів.

Україна активно інтегрує міжнародний досвід у сфері охорони земель:

- Угода про асоціацію з Європейським Союзом: зобов'язує Україну адаптувати своє законодавство до європейських стандартів, включаючи сферу земельних відносин та охорони ґрунтів.

- Участь у міжнародних екологічних програмах: Україна бере участь у глобальних ініціативах щодо боротьби з деградацією земель та змін клімату, що сприяє впровадженню передових практик у національну політику.

- Співпраця з європейськими країнами: вивчення досвіду держав ЄС у сфері регулювання ринку земель сільськогосподарського призначення та впровадження найкращих практик в українське законодавство [4].

За останні п'ять років Україна зробила значні кроки у вдосконаленні законодавчої бази та впровадженні стратегій для охорони земельних ресурсів, орієнтуючись на міжнародний досвід та європейські стандарти. Збереження та відновлення земельних ресурсів є великим завданням для забезпечення сталого розвитку сільського господарства, продовольчої безпеки та екологічної стабільності. Для досягнення цієї мети розроблено та впроваджено різноманітні методи охорони та відновлення земель, які включають екологічно безпечні агротехнології, консервацію деградованих земель, агролісомеліорацію, рекультивацію та розвиток органічного землеробства:

1. Одним із головних напрямків охорони земель є використання екологічно безпечних агротехнологій, які мінімізують негативний вплив на підставі. Це включає:

- Мінімальний обробіток обґрунтування: зменшення кількості коштів та застосування технологій прямого висіву дозволяє зберегти структуру обґрунтування, зменшити ерозію та зберегти вологу.

- Сівозміна та сидерація: правильна чергова сівозміна приготування підготовленості ґрунтів, а сидерати (рослини, що висіваються для покращення ґрунтів) постачають органічну речовину та покращують мікробіологічну активність ґрунту.

- Інтегрована система захисту рослин: вона сталася у використанні біологічних методів боротьби зі шкідниками та хворобами, що зменшує потребу в хімічних пестицидах та гербіцидах, що шкодить як підставу, так і навколишньому середовищу [6].

2. Консервація деградованих земель забезпечує збереження обґрунтувань від подальшої ерозії, засолення або виснаження шляхом припинення їх інтенсивного використання та відновлення їх родючості. Основними методами є:

- Закриття земель для відновлення: тимчасове припинення використання земель для сільськогосподарських потреб дає можливість обґрунтовано відновити свою структуру та родючість.

- Використання захисних культур: висадження спеціальних рослин, які стабілізують обґрунтування та покращують його властивості.

- Забезпечення належного зволоження: збереження природних водних ресурсів, створення системи зрошення та дренажу для запобігання засолення та висихання обґрунтувань.

3. Агролісомеліорація – це комплекс заходів, спрямованих на використання лісових культур для покращення стану обґрунтувань та запобігання їх ерозії. Це включає:

- Створення лісових смуг: лісові смуги між полями зменшують вплив вітрової та водної ерозії, зберігають вологу та поживні речовини в обґрунтуванні.

- Висадження дерев та кущів: ці рослини зменшують швидкість вітру, зменшують ерозію та покращують структуру ґрунтів.

- Застосування ґрунтозахисних технологій: застосування технологій, які захищають ґрунт від руйнування, таких як мульчування, використання агрофільтрів і покривних культур.

4. Рекультивація пошкоджених територій. Рекультивація – це відновлення земель після їх використання для промислових чи інших потреб, коли вони були пошкоджені чи пошкоджені. Рекультивація включає:

- Очищення від забруднення важкими металами, нафтопродуктами або токсичними хімікатами.

- Покращення фізичних та хімічних властивостей підстав : додавання органічних добрив, гіпсування та інші методи відновлення балансу мінералів та поживних речовин.

- Відновлення рослинного покриву : засадження території травами, кущами чи деревами для відновлення біологічної активності обґрунтовано та покращення екологічного стану [1].

5. Розвиток органічного землеробства. Органічне землеробство – це система ведення сільського господарства, що обґрунтовується на використанні

природних методів для покращення якості підстав і продуктів харчування. Основні принципи органічного землеробства включають:

- Використання органічних добрив: заміна мінеральних добрив на компости, гній та інші природні добрива для збереження здоров'я підстав.
- Заборона на застосування хімічних пестицидів та гербіцидів : замість хімічних засобів для боротьби зі шкідниками та хворобами застосовуються біологічні методи.
- Підвищення біорізноманіття: органічне землеробство підтримує різноманіття рослин, тварин і мікроорганізмів, що сприяє стійкості агроєкосистем [4].

Методи охорони та відновлення земельних ресурсів є невід'ємною частиною забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку аграрного сектору. Впровадження екологічно безпечних агротехнологій, агролісомеліорації, рекультивації, розширення органічного землеробства та інші заходи допомагають зберегти родючість підстав і запобігти їх деградацію. Використання цих методів є прогресивним кроком для збереження земельних ресурсів для майбутніх поколінь та забезпечення екологічної стійкості країни.

Збереження земельних ресурсів є ключовим елементом у забезпеченні сталого розвитку економіки, зокрема аграрного сектору, та забезпеченні продовольчої безпеки. У той час як економічні інтереси часто вимагають швидкого використання земель для отримання прибутку, соціальні та екологічні наслідки деградації обґрунтовують довгострокові руйнівні ефекти. Тому необхідно зберегти баланс між економічними і соціальними аспектами використання земель, впроваджуючи ефективні стратегії збереження та відновлення земельних ресурсів. Одним із важливих економічних аспектів охорони земель є програма фінансування, що сприяють збереженню обґрунтувань. Основні джерела фінансування включають:

- Державний бюджет: держава може розподіляти витрати на реалізацію національних і регіональних програм щодо охорони земель, зокрема на заходи щодо боротьби з ерозією, рекультивацією деградованих земель та впровадження екологічно безпечних агротехнологій.
- Міжнародні гранти та кредити: Україна активно співпрацює з міжнародними організаціями, такими як Світовий банк, Європейський Союз, які фінансують екологічні проекти та програми охорони земель.
- Приватні інвестиції : аграрний сектор може залучати приватні інвестиції через пільгові кредити, субсидії для розвитку органічного землеробства чи агролісомеліорації [1].

Деградація обґрунтувань є однією з головних загроз для сільського господарства та продовольчої безпеки. Втрата родючості обґрунтувань, ерозії та забруднення можуть суттєво знизити урожайність, що, у своєму разі, впливає на доступність і ціну продуктів харчування. У результаті деградації знижується ефективність сільськогосподарського виробництва, що може призвести до дефіциту продукції та збільшення імпорту. Враховуючи ці ризики, важливо

приймати заходи щодо збереження родючості обґрунтувань через ефективні агротехнології та екологічне управління землями.

Соціальна відповідальність аграрного бізнесу – це важливий аспект для сталого розвитку сільського господарства та охорони земельних ресурсів. Аграрні підприємства не повинні прагнути до прибутку, але й захищають соціальну місію щодо захисту довкілля та підтримки місцевих громад. Основні принципи соціальної відповідальності аграрного бізнесу включають:

1. Екологічна стійкість: аграрні підприємства повинні використовувати практики, які зменшують негативний вплив на ґрунти, водні ресурси та екосистеми, наприклад, впровадження органічного землеробства та збереження біорізноманітності.

2. Підтримка місцевих громад: агробізнес має інвестувати в соціальні програми розвитку сільських територій, створення робочих місць та покращення рівня життя.

3. Прозорість та етика: ведення бізнесу повинно базуватися на принципах прозорості, дотримання прав працівників та етичного ведення справ.

Підприємства, які реалізують принципи соціальної відповідальності, не тільки сприяють сталому розвитку своєї діяльності, але й беруть на себе роль захисників навколишнього середовища та підтримують соціальну стабільність у сільських регіонах. Збереження земельних ресурсів є лише з екологічної, а й з економічної та соціальної точки зору. Фінансування програми охорони земель, адекватна боротьба з деградацією обґрунтувань та соціальна відповідальність аграрного бізнесу є основними складовими успішної земельної політики [5].

Охорона земельних ресурсів є невід'ємною складовою сталого розвитку сільського господарства, і в умовах сучасних викликів, таких як зміни клімату, деградація ґрунтів і забруднення навколишнього середовища, важливо впроваджувати нові підходи та технології для збереження земель. Перспективи розвитку охорони земельних ресурсів потребують комплексного підходу, який охоплює інтеграцію новітніх технологій, підвищення екологічної освіти, посилення контролю та розвиток міжнародного співробітництва. Однією з основних перспектив є інтеграція новітніх технологій у сільське господарство. Сучасні технології, такі як точне землеробство, моніторинг за допомогою супутникових даних, використання безпілотників і датчиків для аналізу стану ґрунту, дозволяють зменшити негативний вплив на екосистеми, оптимізувати використання ресурсів і знижувати рівень забруднення. Впровадження таких інноваційних методів не лише підвищує ефективність агровиробництва, а й дозволяє зберегти родючість ґрунтів на довгий термін. Не менш важливим є розширення екологічної освіти та підвищення обізнаності фермерів. Тренінги, семінари та інформаційні кампанії можуть значно підвищити рівень знань серед аграріїв щодо важливості збереження ґрунтів, впровадження екологічних методів і технологій. Підвищення обізнаності дозволить фермерам краще розуміти, як їхні дії впливають на навколишнє середовище та як можна запобігти деградації земель, що в свою чергу сприятиме сталому розвитку аграрного сектора [2].

Посилення контролю за дотриманням екологічних стандартів є ще одним важливим напрямком. Впровадження чітких і ефективних механізмів контролю за використанням земель та дотриманням екологічних норм може значно знизити рівень порушень і забруднення. Важливо, щоб державні органи мали можливість своєчасно реагувати на порушення та забезпечувати виконання норм, спрямованих на збереження ґрунтів та екосистем [7].

Україна повинна активно співпрацювати з іншими країнами та міжнародними організаціями, що займаються охороною навколишнього середовища. Обмін досвідом, спільні проекти та фінансування екологічних ініціатив дозволяють запроваджувати передові практики у сфері охорони земель, що позитивно впливають на національну політику та розвиток аграрного сектора.

Усвідомлення важливості збереження земельних ресурсів на рівні держави, бізнесу та громади є необхідною умовою для сталого розвитку та забезпечення продовольчої безпеки. Тому впровадження новітніх технологій, екологічної освіти, посилення контролю та міжнародного співробітництва є основними аспектами, які можуть значно покращити стан земельних ресурсів і забезпечити їх ефективне використання в майбутньому.

Висновок. Охорона земельних ресурсів України є важливим завданням, що має вирішальне значення для екологічної безпеки, сталого розвитку аграрного сектору та забезпечення продовольчої незалежності країни. Аналіз показує, що основними загрозами для ґрунтів залишаються ерозія, деградація, забруднення та нерациональне землекористування. Для зменшення цих негативних явищ необхідно впроваджувати комплексні заходи, серед яких ключову роль відіграють агролісомеліорація, екологічно орієнтовані технології землеробства, консервація деградованих земель і вдосконалення правового регулювання.

Ефективна реалізація політики охорони земельних ресурсів вимагає узгодженої взаємодії держави, науковців, аграрного бізнесу та громадськості. Важливим напрямом є використання міжнародного досвіду та сучасних технологій для підвищення ефективності землекористування. Лише за умови комплексного підходу можливо досягти балансу між інтенсивним використанням земель та їх збереженням для майбутніх поколінь.

Список використаної літератури

1. Кулинич П. Ф. Земельна реформа в Україні: правові проблеми: монографія; НАН України, Ін-т держави і права ім. В. М. Корецького. Київ : Норма права, 2021. 307 с.

2. Моніторинг та охорона земель. Конспект лекцій В.О. Романко, В.Ю. Пересоляк, І.В. Калинич, Т.Б. Марухнич - Ужгород: УжНУ «Говерла», 2021. 85 с.

3. Попело О. В., Кифяк В. І. Державне регулювання у сфері використання земельних ресурсів в умовах мінливого безпекового середовища. *Economic Synergy*, 2023. (4), С. 23–36. URL: <https://doi.org/10.53920/ES-2023-4-2>

4. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану : Закон України від 12.05.2022 No 2247-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2247-20#Text>.

5. Радзій В.Ф. Управління земельними ресурсами : конспект лекцій. Луцьк : Вол. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2022. 130 с.

6. Становлення законодавства в Україні про охорону земель. URL: http://apnl.dnu.in.ua/2_2021/9.pdf

7. Третьак А. М. Управління земельними ресурсами та землекористуванням: базові засади теорії, інституціалізації, практики: монографія / А.М. Третьак, В.М. Третьак, Р.М. Курильців, Т.М. Прядка, Н.А. Третьак; [за заг. ред. А.М. Третьака]. Біла Церква: «ТОВ «Білоцерківдрук», 2021. 227 с.

Лада КАПШИЦЬКА¹⁶,
студентка 3 курсу, групи 35-А
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ПЕРСИКОВА ПЛОДОЖЕРКА

Анотація. Ця наукова стаття присвячена дослідженню персикової плодожерки (*Carposina piropenis*), небезпечного шкідника, який завдає значної шкоди плодовим культурам. Особлива увага приділяється потенційній загрозі поширення цього шкідника на території України, де кліматичні умови можуть сприяти його акліматизації. У статті детально розглядаються біологічні особливості персикової плодожерки, її життєвий цикл, а також спектр рослин-господарів, серед яких не лише персик, але й інші кісточкові та зерняткові культури, що широко культивуються в Україні. Особливий акцент зроблено на аналізі ризиків інтродукції та поширення шкідника в українських садах, враховуючи зміни клімату та активізацію міжнародної торгівлі. Розглядаються можливі шляхи проникнення персикової плодожерки, включаючи імпорт зараженого садивного матеріалу та плодів. Стаття також містить рекомендації для українських садівників та агрономів щодо своєчасного виявлення, моніторингу та ефективного контролю персикової плодожерки. Особлива увага приділяється необхідності проведення карантинних заходів та фітосанітарного контролю для запобігання проникненню та поширенню шкідника в Україні. Результати дослідження, представлені в статті, мають важливе значення для розробки ефективних стратегій захисту плодових

¹⁶ Науковий керівник – Вергелес П. М., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

культур від персикової плодожерки в Україні, що сприятиме збереженню врожаю та забезпеченню продовольчої безпеки.

Ключові слова: персикова плодожерка, *Carposina niponensis*, моніторинг, садивний матеріал, небезпечний шкідник, майбутнє поширення, збереження врожаю

Annotation. This scientific article is devoted to the study of the peach codling moth (*Carposina niponensis*), a dangerous pest that causes significant damage to fruit crops. Particular attention is paid to the potential threat of the spread of this pest in Ukraine, where climatic conditions may favour its acclimatisation. The article discusses in detail the biological characteristics of the peach codling moth, its life cycle, and the range of host plants, including not only peach but also other stone fruit and pome crops widely cultivated in Ukraine. Particular emphasis is placed on the analysis of the risks of introduction and spread of the pest in Ukrainian orchards, taking into account climate change and increased international trade. Possible ways of penetration of the peach codling moth, including the import of infected planting material and fruit, are considered. The article also contains recommendations for Ukrainian gardeners and agronomists on timely detection, monitoring and effective control of the peach codling moth. Particular attention is paid to the need for quarantine measures and phytosanitary control to prevent the penetration and spread of the pest in Ukraine. The results of the study presented in the article are important for the development of effective strategies for the protection of fruit crops from the peach codling moth in Ukraine, which will contribute to crop preservation and food security.

Keywords: peach fruit borer, *Carposina niponensis*, monitoring, planting material, dangerous pest, future expansion, crop preservation

Вступ. Персикова плодожерка (*Carposina sasakii*, *Conogethes punctiferalis*) – один з найнебезпечніших шкідників плодових культур, таких як персик, яблуня та кукурудза, що завдає значних економічних збитків сільському господарству. Його ареал поширюється на Південно-Східну Азію, Китай та Австралію, де він активно розмножується та адаптується до змін клімату [1].

Вплив глобального потепління на фенологію шкідника є важливим фактором, що визначає ступінь його заселення та адаптацію до нових умов. Проте, зважаючи на глобалізацію торгівлі та зміни клімату, існує реальна загроза проникнення цього шкідника на територію України. Кліматичні умови деяких регіонів нашої країни можуть бути цілком сприятливими для акліматизації та розмноження персикової плодожерки, що створює серйозну загрозу для українського садівництва. Тому надзвичайно важливо вже зараз усвідомити потенційну небезпеку та ознайомитися з ефективними заходами боротьби з цим шкідником, щоб запобігти його поширенню та мінімізувати можливі економічні втрати. Дослідження показали, що зміни температурних режимів можуть призвести до зсуву термінів перезимівлі та появи першого покоління імаго, що ускладнює прогнозування чисельності популяції та ефективну боротьбу [1].

У зв'язку з цим існує нагальна потреба в розробці стійких стратегій інтегрованої боротьби зі шкідниками (ІБВ), які зменшують залежність від хімічних інсектицидів і сприяють застосуванню екологічно безпечних методів контролю. Таким чином, дослідження характеристик персикового короїда, його реакції на зміну клімату та вдосконалення систем моніторингу і контролю є ключовими для підтримання врожайності та сталого розвитку сільськогосподарського сектору.

Виклад основного матеріалу. Персикова плодожерка (*Carposina niponensis*) є надзвичайно небезпечним шкідником через її здатність завдавати значних економічних збитків сільському господарству. Цей шкідник вирізняється широким спектром рослин-господарів, уражаючи персик, яблуню, грушу, сливу, абрикос та інші кісточкові й зерняткові культури.

C. niponensis зимує у вигляді зимуючих личинок у коконах у ґрунті, хоча деякі личинки можуть зимувати у фруктах на зберіганні. Личинки заляльковуються навесні у свіжих коконах на поверхні ґрунту, а метелики з'являються приблизно через 12 днів. Період льоту починається в кінці травня або на початку червня і закінчується в середині червня, а друге покоління імаго літає з середини серпня до початку вересня [2].

Личинки, що перезимували, можуть заляльковуватися в будь-який час між серединою травня і кінцем липня, залежно від температури і вологості ґрунту. Метелики *Carposina niponensis* літають з середини червня до кінця вересня, причому спостерігається значне перекриття поколінь. Друге покоління є лише частковим, і личинки першого покоління, які залишають плоди в липні, можуть впадати у сплячку.



Рис.1. Персикова плодожерка (*Carposina niponensis*)

Поява першого покоління плодожерки на Хоккайдо (Японія) була добре синхронізована з ростом основних тамтешніх сортів яблуні. Кілька яєць відкладається на кожному плоді, зазвичай біля чашечки. В одній груші було зафіксовано до 13 личинок. Одна самка може нести до 350 зрілих яєць і відкладає в середньому близько 100 яєць. Яйце у персикової плодожерки еліптичне, світло-жовтуватого-коричневого кольору з гранульованим хоріоном, рожево-червоне. Характерні ознаки: кільце шипів навколо верхівки, яке оточує мікропіле [3].

Молоді личинки зароджуються в плодах, зазвичай біля чашечки, але відкидають шкірку. Пізніше вони можуть переходити з одного плоду на інший. Сприйнятливість до проникнення молодих личинок залежить від стадії росту,

виду та сорту плодів. Ці фактори (на додаток до температури) впливають на швидкість розвитку личинок [3].

Імаго: розмах крил 15-19 мм. Передні крила довгі вузькі, плямисто-сірі, з темнішою ділянкою вздовж переднього краю; задні крила з бахромою довгих лусочок і лише з п'ятьма жилками, що виходять із серединної клітини [4].

Метелик зазвичай літає лише на короткі відстані. У Китаї 80% помічених дорослих особин розліталися випадково в радіусі 100 м, а найдовша відстань, на яку розліталася доросла особина, становила 225 м. Отже, міжнародне розсіювання шляхом польоту вкрай мало ймовірне. Личинки можуть тривалий час виживати в збережених фруктах, тому імпортовані фрукти є найбільш вірогідним засобом проникнення. *C. niponensis* майже щороку виявляється інспекторами USDA на сирих фруктах з Японії та Кореї [4].

Персикова плодожерка вважається одним з найнебезпечніших шкідників зерняткових культур на Далекому Сході. На яблуках в Японії, Кореї та Китаї він спричиняє великих втрати врожаю, якщо не контролювати його популяцію. У Китаї було зафіксовано знищення близько третини врожаю яблук у провінції Ляонін. Пошкодження груш може досягати 100% у деяких випадках, але яблука уражаються менше (40-100%) [5].

Контроль шкідника може бути успішно досягнутий шляхом застосування фенітротіону, паратіону, фенвалерата або дельтаметрину під час піків яйцекладки першого та другого поколінь, у поєднанні з механічним видаленням опалих плодів [5].

Ризики поширення персикової плодожерки в Україні є значними через сприятливі кліматичні умови південних регіонів країни, зокрема Одеської, Херсонської, Миколаївської та Запорізької областей, які сприяють акліматизації та розмноженню шкідника. Зміни клімату, такі як підвищення середньорічної температури, можуть сприяти розширенню ареалу шкідника на північ. Основним шляхом проникнення персикової плодожерки в Україну є імпорт зараженого садивного матеріалу (саджанців, живців) та плодів з країн, де шкідник поширений (Китай, Японія, Корея). Недостатній фітосанітарний контроль на кордоні може сприяти ввезенню зараженої продукції, а транспортування заражених плодів та садивного матеріалу всередині країни може сприяти поширенню шкідника з первинних вогнищ зараження. В Україні відсутні природні вороги персикової плодожерки, що може сприяти її швидкому розмноженню та поширенню [5].

Наслідки поширення персикової плодожерки в Україні будуть руйнівними, включаючи значні втрати врожаю плодових культур (персика, яблуні, груші, сливи, абрикоса), що призведе до зниження доходів сільськогосподарських виробників. Зниження якості плодів призведе до зменшення їхньої товарної вартості, а збільшення витрат на захист рослин від шкідника (застосування інсектицидів, феромонних пасток) ляже додатковим тягарем на аграріїв. Екологічні наслідки включатимуть збільшення застосування інсектицидів, що призведе до забруднення довкілля та негативного впливу на корисних комах, а також порушення біологічного балансу в екосистемах [5]. Соціальні наслідки

включатимуть зростання цін на фрукти, що негативно вплине на добробут населення, та втрату робочих місць у сільськогосподарському секторі.

Заходи боротьби з персиковою плодожеркою в Україні повинні бути комплексними та включати карантинні заходи, такі як посилення фітосанітарного контролю на кордоні, заборона ввезення зараженої продукції та внутрішній карантин при виявленні вогнищ зараження. Агротехнічні заходи включають санітарну обрізку дерев, збір та знищення опалих плодів, а також перекопування ґрунту під деревами. Біологічні методи включають використання феромонних пасток, застосування біологічних інсектицидів та залучення природних ворогів шкідника. Хімічні методи включають застосування інсектицидів під час масового льоту метеликів та відкладання яєць, з урахуванням їхньої ефективності, селективності та безпеки для довкілля.

Моніторинг популяції шкідника є важливим для своєчасного виявлення вогнищ зараження. Інформування сільськогосподарських виробників та населення про небезпеку персикової плодожерки та заходи боротьби з нею є ключовим для запобігання поширенню шкідника. Своєчасне виявлення та ефективне застосування заходів боротьби допоможе запобігти поширенню шкідника та мінімізувати його негативний вплив на сільське господарство України [6].

Висока здатність до розмноження, з кількома поколіннями на рік, дозволяє шкіднику швидко збільшувати популяцію та завдавати значної шкоди врожаю. Пошкоджені плоди втрачають товарний вигляд і стають непридатними для реалізації, що призводить до великих економічних втрат. Крім того, боротьба з цим шкідником вимагає додаткових витрат на застосування інсектицидів та інших методів захисту. Зміни клімату та активна міжнародна торгівля сприяють розширенню ареалу персикової плодожерки, створюючи загрозу для нових регіонів, включаючи Україну. В районах поширення персикова плодожерка відноситься до небезпечних шкідників плодових культур. В необроблюваних садах пошкодженість плодів гусеницями шкідника сягає 80-90 %. Ці фактори роблять персикову плодожерку надзвичайно небезпечним шкідником, здатним завдати значних економічних збитків сільському господарству [6].

Висновки. Персикова плодожерка (*Carposina niponensis*) є надзвичайно небезпечним шкідником, здатним завдати значних економічних збитків сільському господарству України. Враховуючи її поліфагію, високу здатність до розмноження та прихований спосіб життя личинок, цей шкідник становить серйозну загрозу для плодових культур, зокрема персика, яблуні, груші, сливи та абрикоса.

Аналіз ризиків поширення персикової плодожерки в Україні виявив, що сприятливі кліматичні умови південних регіонів країни, а також активна міжнародна торгівля та імпорту зараженого садивного матеріалу створюють реальну загрозу проникнення та акліматизації цього шкідника. Наслідки поширення персикової плодожерки можуть бути катастрофічними для українського садівництва, включаючи значні втрати врожаю, зниження якості плодів, збільшення витрат на захист рослин та негативний вплив на довкілля.

Саме тому знання методів боротьби з персиковою плодожеркою є надзвичайно важливим для українських садівників та агрономів. Своєчасне виявлення шкідника, застосування ефективних агротехнічних, біологічних та хімічних заходів, а також проведення постійного моніторингу та інформаційно-роз'яснювальної роботи допоможуть запобігти поширенню цього небезпечного шкідника та мінімізувати його негативний вплив.

Результати цього дослідження підкреслюють необхідність посилення фітосанітарного контролю на кордоні, проведення карантинних заходів та розробки ефективних стратегій захисту плодових культур від персикової плодожерки. Лише спільними зусиллями науковців, сільськогосподарських виробників та державних органів можна запобігти поширенню цього шкідника та зберегти українське садівництво.

Список використаної літератури

1. Рамзан М., Панг Т., Ши, Л., Наїм-Уллах У., Саїд С., Чжан,Т., Чжан Ю. Біоекологія та підходи до управління жовтою персиковою мінуючою мілью, 2024, *Conogethes punctiferalis* (Lepidoptera: Crambidae). EJE, 121(1), 234-251.
2. Advancing Open Science. URL: <https://www.mdpi.com/2075-4450/15/10/82>
3. Хуан Д.Л.; Ченг Х.М.; Чжоу К.Б. (1987) Структура зараження *Carposina niponensis* на плантаціях *Ziziphus jujuba* та боротьба з нею. Захист рослин.
4. *Carposina sasakii* (peach fruit moth). URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.11401>
5. Персикова плодожерка (*Carposina niponensis*) – небезпечний шкідник плодових. URL: <https://dpssko.gov.ua/blog/2024/05/15/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B0-carposina-niponensis-%D0%BD%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%BD/>
6. Небезпечний карантинний шкідник плодових культур – персикова плодожерка. URL: <https://www.pro-of.com.ua/nebezpechnij-karantinnij-shkidnik-plodovix-kultur-persikova-plodozherka/>

Богдан КИРИЛЮК¹⁷,
студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

РОЛЬ ҐРУНТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОСИСТЕМ

***Анотація.** У статті розглядається важливість ґрунтів у підтримці сталого розвитку екосистем та їхній вплив на біорізноманіття, продовольчу безпеку й екологічну рівновагу. Аналізуються основні загрози, що призводять до деградації ґрунтів, серед яких ерозія, засолення, хімічне забруднення, урбанізація та зміни клімату. Описані екосистемні функції ґрунтів, зокрема регуляція водного балансу, накопичення вуглецю та забезпечення поживними речовинами. Значна увага приділяється методам збереження та відновлення ґрунтових ресурсів, зокрема впровадженню органічного землеробства, сівозміни, агролісомеліорації та мінімального обробітку ґрунту. Розглянуто важливість створення природоохоронних територій для захисту деградованих земель та підтримки природних ландшафтів. Проаналізовано сучасні технології відновлення ґрунтів, такі як фіторе mediaція, точне землеробство та використання донних відкладень з водою. Особливу увагу приділено впливу зміни клімату на стан ґрунтів і необхідності розробки державних програм для їх збереження. Підкреслено роль раціонального землекористування в забезпеченні екологічної стійкості та стабільності агроекосистем. Запропоновані заходи спрямовані на запобігання деградації ґрунтів та відновлення їхньої родючості. Впровадження комплексного підходу до управління ґрунтовими ресурсами сприятиме збереженню довкілля, підвищенню продуктивності сільського господарства та забезпеченню сталого розвитку.*

***Ключові слова:** ґрунт, сталий розвиток, екосистема, родючість, деградація, органічне землеробство, екосистемні послуги, агролісомеліорація.*

***Annotation.** This article examines the importance of soils in supporting sustainable ecosystem development and their impact on biodiversity, food security and ecological balance. The main threats leading to soil degradation are analyzed, including erosion, salinization, chemical pollution, urbanization and climate change. The ecosystem functions of soils are described, in particular, water balance regulation, carbon storage and nutriently. Significant attention is paid to methods of preserving and restoring soil resources, in particular, the introduction of organic farming, crop rotation, agroforestry and minimum tillage. The importance of creating nature reserves to protect degraded lands and maintain natural landscapes is considered.*

¹⁷Науковий керівник: ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ Ліна БРОННІКОВА

Modern soil restoration technologies, such as phytoremediation, precision agriculture and the use of bottom sediments from water bodies, are analyzed. Particular attention is paid to the impact of climate change on the condition of soils and the need to develop state programs for their preservation. The role of rational land use in ensuring environmental sustainability and stability of agroecosystems is emphasized. The proposed measures are aimed at preventing soil degradation and restoring their fertility. The implementation of an integrated approach to soil resource management will contribute to environmental conservation, increasing agricultural productivity and ensuring sustainable development.

Keywords: soil, sustainable development, ecosystem, fertility, degradation, organic farming, ecosystem services, agroforestry.

Вступ. Ґрунт є базовим компонентом екосистеми та одним із найцінніших природних ресурсів, який виконує незамінну роль у підтримці екологічної рівноваги та сталого розвитку. Його значення полягає не лише в забезпеченні продуктивності агроекосистем, а й у регуляції глобальних природних процесів, таких як цикл вуглецю, водний обіг та збереження біорізноманіття. Однак у сучасному світі ґрунти зазнають інтенсивного антропогенного впливу, що призводить до їх деградації. У статті розглядається роль ґрунтів у сталому розвитку екосистем, загрози їхньому стану та заходи збереження.[1]

Виклад основного матеріалу. Родючість ґрунту є ключовим фактором у підтримці біорізноманіття, сільськогосподарського виробництва та глобальної екологічної рівноваги. Деградація ґрунту внаслідок інтенсивного сільського господарства, ерозії та забруднення зменшує його здатність до регенерації. Органічне землеробство, сівозміна, мінімальний обробіток ґрунту та використання сидератів сприяють збереженню його структури та родючості. Важливу роль відіграє також підтримка ґрунтової мікрофлори, яка забезпечує кругообіг поживних речовин. Деградація ґрунтів загрожує не лише продовольчій безпеці, а й кліматичній стабільності, оскільки вони є важливим резервуаром вуглецю. Відновлення родючості сприяє підтримці екосистемних послуг, таких як регулювання водного балансу та підтримка флори та фауни. Для сталого розвитку необхідно впроваджувати раціональне використання добрив, зменшувати забруднення та сприяти відновленню природних ландшафтів. Раціональне землекористування є одним із пріоритетів світової екологічної політики [2].

Забезпечення екосистемних послуг. Ґрунти є основою для надання екосистемних послуг, які підтримують життя на планеті та забезпечують сталий розвиток екосистем. Вони виконують регуляторну функцію, зберігаючи вуглець, очищаючи воду та регулюючи клімат. Завдяки родючості ґрунтів забезпечується постійний кругообіг поживних речовин, що необхідно для росту рослин і стабільності агроекосистем. Важливу роль відіграє також біорізноманіття ґрунтових організмів, які розкладають органічні речовини, формують структуру ґрунту та сприяють збереженню його водного балансу. Деградація ґрунтів призводить до втрати цих функцій, що негативно впливає на врожайність, якість

води та кліматичну стійкість регіонів. Збереження екосистемних послуг можливе завдяки сталому управлінню ґрунтовими ресурсами: застосуванню органічних добрив, мінімальному обробітку ґрунту та відновленню природних екосистем. Важливим є впровадження політик щодо охорони ґрунтів, зокрема контролю за ерозією, рекультивації деградованих земель та підтримки агролісомеліорації. Раціональне використання ґрунтів сприяє забезпеченню продовольчої безпеки, збереженню кліматичного балансу та стійкому розвитку екосистем [3].

Вуглецевий баланс – це співвідношення між поглинанням і викидами вуглецю в природних та антропогенних процесах. Основними поглиначами вуглецю є ліси, океани та ґрунти, які накопичують його у вигляді органічної речовини. З іншого боку, викиди вуглецю в атмосферу відбуваються через спалювання викопного палива, промислову діяльність, вирубку лісів та розорювання земель. Порушення вуглецевого балансу сприяє глобальному потеплінню, що призводить до змін клімату, екстремальних погодних явищ та деградації екосистем. Важливу роль у збереженні балансу відіграє раціональне управління ґрунтами, впровадження технологій регенеративного землеробства та відновлення лісових масивів. Збільшення частки відновлюваної енергетики та зменшення використання викопного палива є ключовими заходами для зниження викидів CO₂. Вуглецеве землеробство, яке сприяє накопиченню органічного вуглецю в ґрунтах, допомагає зменшити парниковий ефект. Контроль і моніторинг вуглецевого балансу є необхідними для досягнення кліматичної нейтральності та сталого розвитку [4].

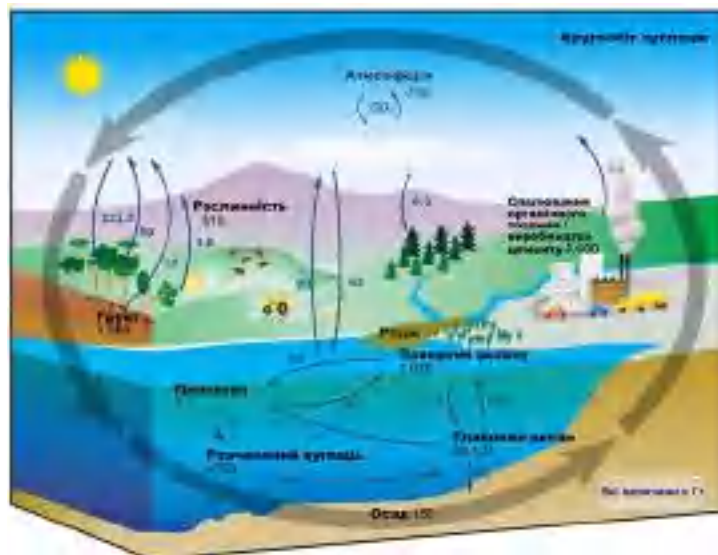


Рис.1. Кругообіг вуглецю [5].

Основні загрози для ґрунтів:

- Деградація ґрунтів – це процес поступового погіршення їхніх властивостей, що призводить до зниження родючості та втрати екосистемних функцій. Основними причинами деградації є як природні, так і антропогенні фактори. Серед антропогенних чинників виділяють інтенсивне землеробство, вирубку лісів, надмірне випасання худоби та урбанізацію. Ці дії сприяють ерозії, ущільненню, засоленню та забрудненню ґрунтів. Ерозія, зокрема, руйнує верхній

родючий шар, зменшуючи продуктивність земель. Засолення, яке часто виникає через неправильне зрошення, робить ґрунти непридатними для вирощування культур. Забруднення хімічними речовинами, такими як пестициди та важкі метали, негативно впливає на мікробіологічну активність ґрунту та його структуру. Наслідками деградації є зниження врожайності, втрата біорізноманіття, погіршення якості водних ресурсів та підвищення викидів парникових газів. Для запобігання деградації необхідно впроваджувати стале управління земельними ресурсами, зокрема агролісомеліорацію, консерваційне землеробство, раціональне зрошення та зменшення використання хімікатів. Такі заходи сприятимуть збереженню родючості ґрунтів та забезпеченню продовольчої безпеки [6].

- Урбанізація, як процес зростання міст і збільшення ваги міського населення, істотно впливає на стан ґрунтів і екосистем в цілому. Розширення міських територій призводить до ущільнення ґрунту, що зменшує його здатність до проникнення води та газообміну, погіршуючи ситуацію та умови для рослинності. Будівництво інфраструктури та промислових об'єктів часто пов'язане із забрудненням ґрунту важкими металами та іншими токсичними речовинами, що негативно впливає на біорізноманіття та здоров'я людини, а також природних ландшафтів і зелених насаджень. У містах це зменшує екосистемні послуги, такі як очищення повітря, регулювання мікроклімату та збереження біорізноманіття [7].

- Зміна клімату суттєво впливає на стан ґрунтів, що є основою екосистем і сільського господарства. Підвищення температури, зміни у кількості опадів та екстремальні погодні явища спричиняють деградацію ґрунтів, посилюють ерозію та зменшують їхню родючість. Через посухи ґрунти втрачають вологу, що негативно впливає на врожайність та біорізноманіття. Інтенсивні дощі та паводки сприяють вимиванню поживних речовин і структури ґрунту. Зменшення вмісту органічної речовини та руйнування ґрунтового покриву знижують здатність ґрунтів утримувати вуглець, що погіршує баланс парникових газів у атмосфері [8].

В Україні, де сільське господарство відіграє ключову роль, збереження та відновлення ґрунтів є життєво важливим завданням. Родючість ґрунтів є основою для забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку сільського господарства. Проте, через інтенсивне використання, ерозію та інші негативні фактори, ґрунти України зазнають значного збитку.

Методи збереження й відновлення ґрунтів:

- Екологічне управління земельними ресурсами є ключовим елементом сталого розвитку, адже воно спрямоване на збереження родючості ґрунтів, зниження негативного впливу людської діяльності та забезпечення екосистемних послуг. Інтенсивне використання земель, ерозія, засолення, забруднення пестицидами та промисловими відходами призводять до деградації ґрунтів і втрати їх продуктивності. Раціональне землекористування передбачає застосування сівозміни, органічного землеробства, мінімальної обробки ґрунту, рекультивації деградованих земель і відновлення лісосмуг.

Використання сучасних технологій, таких як точне землеробство та цифровий моніторинг стану ґрунтів, сприяє ефективному управлінню земельними ресурсами. Важливу роль відіграє державне регулювання, що включає розробку екологічних стандартів, стимулювання екологічно безпечного господарювання та контроль за використанням земель. Рациональне екологічне управління сприяє покращенню якості ґрунтів, підвищенню їхньої стійкості до змін клімату та збереженню біорізноманіття [9].

- Ерозія ґрунтів є однією з найсерйозніших загроз для сільського господарства та екосистем. Вона спричиняється водою, вітром, неправильним обробітком землі та вирубкою лісів. Основні методи боротьби з ерозією включають впровадження сівозміни, агролісомеліорацію, мінімальний або нульовий обробіток ґрунту, контурне землеробство та використання покривних культур. Такі заходи допомагають зберегти родючий шар ґрунту, зменшують втрати вологи та покращують структуру землі. Важливу роль у зменшенні ерозійних процесів відіграє відновлення природних екосистем, особливо лісосмуг і луків. Використання технологій точного землеробства дозволяє ефективно контролювати стан ґрунту та запобігати його деградації. Державні програми та міжнародні ініціативи спрямовані на підтримку екологічно стійкого управління земельними ресурсами. Окрім агротехнічних та природоохоронних заходів, важливу роль у боротьбі з ерозією ґрунтів відіграє підвищення екологічної свідомості серед аграріїв. Освіта фермерів щодо сталого землекористування та використання інноваційних технологій сприяє зменшенню негативного впливу на ґрунт.

Впровадження органічного землеробства та зменшення використання хімічних добрив також допомагають покращити структуру ґрунту та його стійкість до ерозійних процесів. Лише комплексний підхід до боротьби з ерозією може забезпечити збереження ґрунтових ресурсів для майбутніх поколінь.



Рис. 2. Використання покривних культур [11].

- Створення природоохоронних територій відіграє ключову роль у збереженні та відновленні ґрунтів, забезпечуючи їх захист від деградації та

ерозії. Виділення таких зон сприяє збереженню природних ландшафтів, що підтримують біорізноманіття та стабільність екосистем. Охоронні заходи на цих територіях включають обмеження на інтенсивне землекористування, що дозволяє ґрунтам відновлювати свою структуру та родючість. Збереження природної рослинності на таких ділянках запобігає водній та вітровій ерозії, а також сприяє накопиченню органічної речовини в ґрунті [12].

- Сучасні технології відіграють вирішальну роль у збереженні та відновленні ґрунтів, забезпечуючи стаке сільське господарство та екологічну рівновагу. Одним із ефективних методів є агролісомеліорація, яка передбачає створення лісових насаджень на сільськогосподарських землях. Це сприяє зміцненню ґрунту, збереженню вологи та підвищенню врожайності, а також зменшує вітрову ерозію та покращує мікроклімат. Фіторемедіація, яка використовує рослини для очищення ґрунтів від забруднювачів, є перспективним напрямом відновлення деградованих земель. Дослідження показують, що певні види рослин здатні накопичувати важкі метали та інші токсичні речовини, тим самим очищуючи ґрунт і відновлюючи його родючість. Інноваційні підходи також включають використання донних відкладень з водою для покращення стану ґрунтів. Українські науковці пропонують застосовувати мул та донні відкладення як органічні добрива, що дозволяє одночасно відновлювати родючість земель та очищувати водні ресурси. Таким чином, інтеграція сучасних технологій у практику землекористування сприяє ефективному збереженню та відновленню ґрунтів, забезпечуючи їх родючість та екологічну стійкість для майбутніх поколінь [13].

Висновки. Ґрунти відіграють ключову роль у забезпеченні сталого розвитку екосистем, оскільки вони є основним середовищем для життя багатьох організмів, підтримують біорізноманіття та забезпечують продовольчу безпеку. Вони виконують важливі екосистемні функції, зокрема регулювання водного балансу, утримання вуглецю та збереження родючості. Проте сучасне інтенсивне землеробство, урбанізація та кліматичні зміни спричиняють деградацію ґрунтів, що призводить до зниження врожайності, втрати біорізноманіття та збільшення парникових викидів. Основними загрозами для ґрунтів є ерозія, засолення, забруднення пестицидами та важкими металами, а також ущільнення внаслідок надмірного використання. Деградовані ґрунти втрачають здатність утримувати вологу та поживні речовини, що негативно позначається на рослинності й аграрному виробництві. Особливої уваги потребує баланс між використанням ґрунтів для сільського господарства та необхідністю їх охорони. Для збереження та відновлення ґрунтів необхідне впровадження ефективних агротехнологій, таких як органічне землеробство, сівоzmіна, мінімальний обробіток ґрунту та використання сидератів. Створення природоохоронних територій сприяє відновленню екосистем і захисту ґрунтів від деградації. Також важливе значення мають агролісомеліорація, точне землеробство та застосування природних методів очищення ґрунтів, таких як фіторемедіація. Рациональне управління ґрунтовими ресурсами потребує державної підтримки та впровадження екологічних стандартів. Контроль за ерозійними процесами, рекультивація

земель та розвиток екологічно безпечного землекористування є ключовими напрямками для збереження родючості ґрунтів. Відновлення природних ландшафтів та використання інноваційних підходів у сільському господарстві дозволяють мінімізувати негативний вплив людини на ґрунтовий покрив.

Таким чином, забезпечення сталого розвитку екосистем неможливе без збереження ґрунтів, їхньої родючості та екологічної рівноваги. Впровадження комплексного підходу до управління ґрунтовими ресурсами сприятиме збереженню довкілля, підвищенню продуктивності агросистем і підтримці кліматичної стабільності.

Список використаної літератури

1. Позняк С. ҐРУНТИ В СУЧАСНОМУ СУСПІЛЬСТВІ. Вісник Львівського національного університету імені Івана Франка. 2017. №51. с.304–313.
2. Збереження родючості ґрунту. AGROSPRAY. 09.02.2024. URL: <https://agrospray.in.ua/ua/a494130-sohranenie-plodorodiya-pochvy.html> (дата звернення 05.03.2025).
3. Безлатня Л.О., Матківський М.П., Лозінська Т.П. Біорізноманіття як основа екосистемних послуг: оцінка, збереження та відновлення. Таврійський науковий вісник № 135. Частина 1. 2024. с.12-19.
4. Шлапак М. Що таке вуглецеве фермерство? WWF-Україна. URL: <https://nbs.wwf.ua/shcho-take-vuhletseve-fermerstvo/> (дата звернення 08.03.2025).
5. Вуглецевий цикл. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вуглецевий_цикл (дата звернення 10.03.2025).
6. Когут П. Деградація ґрунтів: причини, наслідки та профілактика. EOS DATA ANALYTICS. 30.12.2024. URL: <https://eos.com/uk/blog/dehradatsiia-gruntiv/> (дата звернення 10.03.2025).
7. Урбанізація та її наслідки. *Pidru4niki*. URL: https://pidru4niki.com/20080215/ekologiya/urbanizatsiya_naslidki (дата звернення 12.03.2025).
8. Рубіш Н. Як зміни клімату впливають на якість ґрунту. *КЛІМАТИНФО*. 12.05.2013. URL: <http://www.climateinfo.org.ua/content/yak-zmini-klimatu-vplivayut-na-yakist-runtu> (дата звернення 06.03.2025).
9. Мельник-Шамрай В.В.; Шамрай В.І.; Пацева І.Г.; Пацев І.С. ЗЕМЛЕУСТРІЙ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ В УМОВАХ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ. Екологічні науки № 6(51) НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ. 2023. С.78-83.
10. Сучасні методи боротьби з ерозією ґрунтів: ефективні рішення для захисту довкілля. *LANDLORD Агролайф*. 24.06.2024. URL: <https://landlord.ua/agrolife-en/suchasni-metodi-borotbi-z-erozieyu-gruntiv-efektivni-rishennya-dlya-zaxistu-dovkillya/> (дата звернення 13.03.2025).

11. Ерозія ґрунту: причини, види, заходи боротьби. WEARGO.15.11.2024. URL: <https://weagro.com.ua/blog/eroziya-gruntu-prychyny-vydy-zahody-borotby/> (дата звернення 13.03.2025).
12. Василюк О., Драпалюк А., Парчук Г., Ширяєва Д., Кравченко О.. Виявлення територій, придатних для оголошення об'єктами природно-заповідного фонду. 2015. с. 26-28.
13. Сучасні методи збереження ґрунту: техніки та технології. SEMAGRO.31.07.2022.URL: <https://semagro.com.ua/suchasni-metody-zberezheniya-gruntu-tehniky-ta-tehnologiyi/> (дата звернення 15.03.2025).
14. Позняк С.П., Шищенко П.Г., Кривульченко А.І.. Ґрунтознавство і географія ґрунтів. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 2010. с. 243-246.
15. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В.. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. Вісник аграрної науки. 2017. с.8-11.
16. Медведєв В.В., Лактіонова Т.Н., Бреус Н.М.. Поширення деградації ґрунтів в Україні. URL:<http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wp-content/uploads/sites/20/lr.23.ocinka-dehradaciyi-hruntiv.pdf> (дата звернення 16.03.2025).

Дмитро КЛЕШКО¹⁸,
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЛЬ СОВКИ ЛЮЦЕРНОВОЇ (*HELIOTHIS VIRIPLASA*) В ЕКОСИСТЕМАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР: БІОЛОГІЯ, ВПЛИВ НА ВРОЖАЇ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

***Анотація.** Совка люцернова (*Heliothis viriplasa*) є важливим шкідником сільськогосподарських культур, здатним завдати значної шкоди різним рослинам, включаючи бобові, кукурудзу, соняшник та інші. Її біологія включає швидке розмноження та здатність до тривалого розвитку на різноманітних рослинах-гостях, що дозволяє їй ефективно колонізувати нові території. Личинки цього шкідника пошкоджують листя, що знижує фотосинтетичну активність та призводить до зниження врожайів. Вплив совки люцернової на агроecosистеми спричиняє економічні збитки, а її високий потенціал до розвитку резистентності до пестицидів ускладнює контроль. Основні методи боротьби включають агротехнічні заходи, біологічний контроль (використання*

¹⁸Науковий керівник – Рудська Н.О., доцент, кандидат с.-г. наук, кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин ВНАУ

природних ворогів) та хімічні обробки, що потребують комплексного підходу для ефективного управління популяцією шкідника.

Ключові слова: совка люцернова, сільськогосподарські культури, шкідники, біології, контроль, агроєкосистеми, врожай, пестициди, біологічний контроль.

Annotation. The alfalfa weevil (*Heliothis virescens*) is an important crop pest that can cause significant damage to a variety of crops, including legumes, corn, sunflower, and others. Its biology includes rapid reproduction and the ability to develop over a long period of time on a variety of host plants, which allows it to effectively colonize new areas. The larvae of this pest damage leaves, which reduces photosynthetic activity and leads to reduced yields. The impact of the alfalfa weevil on agroecosystems causes economic losses, and its high potential for developing pesticide resistance makes control difficult. The main control methods include agrotechnical measures, biological control (use of natural enemies), and chemical treatments, which require an integrated approach to effectively manage the pest population.

Keywords: alfalfa weevil, crops, pests, biology, control, agroecosystems, harvest, pesticides, biological control.

Вступ. Совка люцернова (*Heliothis virescens*) є одним із найважливіших шкідників сільськогосподарських культур, що поширений у різних кліматичних зонах, включаючи тропічні та субтропічні регіони. Цей шкідник завдає значної шкоди різноманітним сільськогосподарським культурам, включаючи бобові, соняшник, кукурудзу та багато інших рослин. Пошкодження листя та інших частин рослин спричиняє значне зниження врожайності та погіршення якості продукції. Враховуючи економічні збитки, що виникають через діяльність цього шкідника, важливо розуміти його біологічні особливості, шляхи поширення та ефективні методи контролю. Дослідження совки люцернової є важливим для розробки нових стратегій боротьби та зменшення негативного впливу цього шкідника на агроєкосистеми.

Метою даної статті є вивчення біології совки люцернової (*Heliothis virescens*), визначення її впливу на врожаї сільськогосподарських культур та аналіз ефективних методів контролю цієї комахи.

Виклад основного матеріалу. Совка люцернова належить до родини Noctuidae, і її морфологія має кілька характерних ознак, що допомагають у її ідентифікації. Імаго (доросла особина) – це нічний метелик, з розмахом крил 30-40 мм. Передні крила мають коричневе забарвлення з характерними темними плямами, задні – більш світлі, з червоно-коричневим відтінком. Личинки – це основний шкідник, їх забарвлення варіюється від зеленого до коричневого з темними смужками вздовж тіла. Личинки можуть досягати довжини 40 мм (рис 1). Пупарій формується на поверхні ґрунту або на рослинах.

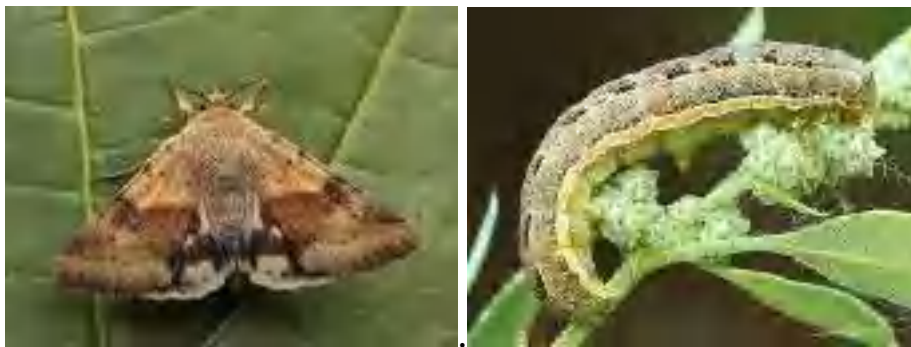


Рис.1. Імаго та личинка совки люцернової [4]

Життєвий цикл совки люцернової складається з чотирьох основних стадій: яйце, личинка, лялечка та дорослий метелик. Статевозрілі метелики відкладають яйця на нижній поверхні листя рослин-господарів, зазвичай невеликими групами (від 20 до 200 яєць). Личинки вилуплюються через 2-3 дні після відкладання та починають харчуватися на молодому листі. Процес розвитку личинок триває від 2 до 3 тижнів, після чого вони перетворюються на лялечок. Після перетворення на лялечку, яке може тривати від 5 до 10 днів, з'являються нові метелики, які починають відкладати яйця, завершуючи цикл.

Личинки совки люцернової є фітофагами, тобто вони харчуються на рослинах-гостях. Основним об'єктом їх поїдання є листя, хоча вони також можуть пошкоджувати квітки та плоди. Личинки, зазвичай, починають з молодого листя, поступово переходячи до старших частин рослини. Вони можуть залишати характерні отвори в листі або навіть повністю обгризати листя, що значно знижує фотосинтетичну здатність рослини.

Совка люцернова має високий репродуктивний потенціал. Дорослі метелики здатні відкладати велику кількість яєць, що сприяє швидкому росту популяції. Оскільки самці можуть паруватися з кількома самицями, це забезпечує генетичну різноманітність серед нащадків.

Літ метеликів триває в основному в нічний час. Для метеликів характерний феромонний атрактивний сигнал, що привертає партнера для парування. Після парування самиця відкладає яйця на нижній поверхні листя рослин-господарів. У різних кліматичних умовах цикл розвитку може варіюватися, але в середньому він займає 30-40 днів, в залежності від температури і харчових ресурсів.

Совка люцернова здатна адаптуватися до різних умов і агроєкосистем, що дозволяє їй поширюватися на великі території та завдавати шкоди в різних кліматичних зонах.

Однією з головних адаптацій є здатність совки люцернової жити на великій кількості різноманітних рослин-господарів. Це дозволяє їй адаптуватися до різних агроєкосистем, де вона може використовувати як бобові культури, так і зернові чи олійні рослини. Шкідник може змінювати рослини-господарі залежно від наявності їжі [1].

З часом совка люцернова розвиває стійкість до пестицидів, що є однією з основних причин її успішного розповсюдження в агроєкосистемах. Зміни в генетичній структурі популяцій дозволяють їй виживати в умовах хімічної обробки.

Совка люцернова добре адаптується до різних температурних і вологісних умов, що дозволяє їй жити в тропічних, субтропічних і навіть помірних зонах. Вона здатна перенести короточасні зміни в погодних умовах, змінюючи свої репродуктивні цикли відповідно до кліматичних змін.

Завдяки своїй високій здатності до розповсюдження метелики активно мігрують на нові території в пошуках нових рослин-господарів. Це дозволяє їм швидко колонізувати нові агрогрунти, де відсутні природні вороги.

Таким чином, біологія, харчові звички та здатність до адаптації совки люцернової дозволяють їй бути надзвичайно успішним шкідником, що вимагає комплексного підходу до управління її популяцією в агроecosистемах.

Совка люцернова (*Heliothis virescens*) є надзвичайно шкідливим паразитом для широкого спектра сільськогосподарських культур. Її личинки поїдають листя, а в деяких випадках і стебла, що завдає прямої шкоди рослинам. Основні культури, на яких совка люцернова завдає найбільшої шкоди:

Совка люцернова часто пошкоджує бобові культури, такі як соя, фасоль, горох і нут. Личинки поїдають листя, що знижує здатність рослин до фотосинтезу. Це, в свою чергу, веде до затримки росту рослин і зниження врожаю. Ураження бобових також може призвести до зниження якості бобів, особливо на пізніх етапах розвитку.

Загальновідомо, що совка люцернова є серйозним шкідником для кукурудзи, особливо на етапі вегетації. Личинки активно поїдають листя, знижуючи здатність рослин до фотосинтезу. Це позначається на розвитку рослин, особливо при високій щільності популяції шкідника. На пізніших етапах розвитку совка може також пошкоджувати качани кукурудзи, що призводить до їх деформації та загибелі.

Совка люцернова також завдає значної шкоди соняшнику, поїдаючи його листя, що знижує урожайність та якість олійного насіння. Це особливо критично на початкових етапах розвитку рослин, коли листя є основним джерелом енергії для росту.

Крім основних зернових і бобових культур, совка люцернова пошкоджує також деякі овочеві культури, такі як капусту, картоплю та інші, що може призвести до значних втрат у виробництві.

Через втрату листя та зменшення фотосинтетичної активності рослини не отримують достатньо енергії для повного розвитку, що може призвести до значного зниження врожайності. Наприклад, у кукурудзи та соняшнику втрати врожаю можуть досягати 30-40% у разі сильної заселеності фітофагом.

Пошкодження листя і качанів, особливо на пізніх етапах розвитку, може значно знизити якість продукції. У кукурудзі це проявляється в деформації качанів, а в соняшнику – у зниженні якості насіння, що впливає на його використання в олійній промисловості.

Зазначені пошкодження можуть змусити рослини раніше перейти до репродуктивної стадії, що призводить до зниження кількості та якості врожаю, оскільки рослини не отримують достатньо ресурсів для повноцінного розвитку.

Оцінки економічних збитків від совки люцернової варіюються в залежності від інтенсивності популяції і культур, на яких вона діє. В середньому втрати можуть досягати від 10% до 40% від загального врожаю на певних культурах, зокрема на кукурудзі та соняшнику. Це означає значні економічні втрати для фермерів, оскільки ці культури займають важливе місце у сільськогосподарському виробництві.

Використання пестицидів для контролю популяції совки люцернової може бути дорогим, і в багатьох випадках це потребує кількох обробок протягом сезону. Проте застосування хімічних препаратів може призвести до розвитку стійкості у популяції шкідника, що ускладнює боротьбу з ним і збільшує витрати на контроль. Також, неефективне застосування пестицидів може призвести до забруднення навколишнього середовища [2].

Використання хімічних методів боротьби також може впливати на природних ворогів совки люцернової, таких як птахи, хижі комахи та інші види. Це може призвести до зниження біорізноманіття та погіршення екологічної ситуації в регіоні.

Враховуючи постійну адаптацію совки до традиційних методів боротьби, аграрії змушені інвестувати в нові стратегії контролю, включаючи біологічні методи та генетично модифіковані культури, що також потребує додаткових витрат.

Діяльність совки люцернової завдає значних економічних збитків на рівні фермерських господарств, а також на рівні агропромислового комплексу загалом. Для зменшення таких збитків необхідна комплексна боротьба з шкідником, що включає поєднання різних методів контролю та постійний моніторинг популяцій цього шкідника.

Методи контролю совки люцернової є наступними:

1. Хімічні методи боротьби: пестициди та їх ефективність. Хімічні методи залишаються основним підходом до боротьби з совкою люцерною в багатьох аграрних регіонах. Вони базуються на використанні пестицидів, що знищують шкідника на різних етапах його розвитку. До найбільш поширених пестицидів належать інсектициди класу піретроїдів, органофосфатів, карбамітів, а також новітні системні препарати.

Переваги:

- Висока ефективність у короткостроковій перспективі.
- Швидке знищення шкідника та запобігання великим збиткам, якщо популяція совки досягає критичних розмірів.
- Зручність і швидкість застосування, що важливо для боротьби в великих агрогосподарствах.

Недоліки та проблеми:

- Розвиток резистентності: Застосування пестицидів на регулярній основі призводить до розвитку стійкості у популяціях совки люцернової. Це робить ефективність хімічних методів з часом меншою.

- Шкідливий вплив на навколишнє середовище: Застосування хімічних засобів може призводити до забруднення води та ґрунту, а також до загибелі корисних організмів, таких як бджоли та інші комахи.

- Витрати на пестициди: Високі витрати на пестициди і необхідність кількох обробок можуть бути економічно обтяжливими для фермерів [3].

2. Біологічні методи: природні вороги (паразити, хижі комахи). Біологічні методи боротьби з совкою люцерновою передбачають використання природних ворогів цього шкідника, таких як хижі комахи, паразитичні оси та грибкові інфекції.

Переваги:

- Екологічна безпека. Біологічні методи є менш шкідливими для навколишнього середовища порівняно з хімічними препаратами.

- Тривалий ефект. Природні вороги можуть підтримувати контроль за популяцією совки протягом тривалого часу, навіть після завершення обробки.

Мінімальний вплив на корисні організми: Вони зазвичай не впливають на інші види комах, які є корисними для сільського господарства.

Типи біологічних агентів:

- Паразитичні оси. Наприклад, оси роду *Trichogramma* відкладають свої яйця в яйця совки люцернової, що призводить до загибелі шкідника на ранніх стадіях розвитку.

- Хижі комахи. Наприклад, жужелиці та ентомофаги, що поїдають личинок совки люцернової.

- Мікроорганізми. Грибкові препарати, такі як *Beauveria bassiana*, можуть використовуватись для біологічного контролю, атакуючи шкідника через його зовнішній покрив.

Недоліки:

- Тривалий ефект. Біологічні методи можуть бути менш ефективними у короткостроковій перспективі в порівнянні з хімічними.

- Залежність від погодних умов. Ефективність деяких біологічних агентів залежить від кліматичних умов, таких як температура та вологість.

3. Агротехнічні заходи: сівозмінна, обробка ґрунту, використання стійких сортів. Агротехнічні методи боротьби з совкою люцерновою включають зміну агрономічних практик для зменшення чисельності шкідника та створення умов для його природних ворогів.

Зміна сівозміни – один із основних методів, який допомагає зменшити чисельність совки люцернової. Пересування культур, на яких шкідник розмножується, дозволяє зменшити доступність їжі для личинок. Це також перешкоджає накопиченню популяції шкідника на одному полі.

Глибока обробка ґрунту може допомогти знищити пупарії совки, що зимують в ґрунті. Виконання таких робіт перед початком посівної кампанії дозволяє знизити популяцію шкідника вже на початку сезону.

Перевагою є використання стійких сортів. Розробка та використання стійких до совки люцернової сортів сільськогосподарських культур може значно знизити вплив шкідника. Наприклад, стійкі сорти кукурудзи або соняшнику

можуть зменшити шкоду, яку завдає совка, через свою природну здатність витримувати деякі види ушкоджень.

Недоліком є трудомісткість і часова затратність. Агротехнічні заходи можуть вимагати значних витрат часу та зусиль, а їх ефективність може бути меншою у випадку високої щільності популяції совки [5].

4. Інтегрований підхід до контролю популяції совки люцернової передбачає використання комбінації хімічних, біологічних та агротехнічних методів для досягнення максимального ефекту при мінімальному негативному впливі на навколишнє середовище.

Переваги:

- Збалансованість. Інтегрований підхід дозволяє використовувати кожен метод у відповідний час і на відповідному етапі розвитку шкідника, що допомагає знизити загальні витрати та збільшити ефективність боротьби.

- Підтримка природних ворогів. Поряд з використанням пестицидів, аграрії можуть підтримувати популяції природних ворогів совки, що буде корисним для стабільного контролю над популяцією шкідника в майбутньому.

- Зменшення резистентності. Різноманітні методи допомагають уникнути розвитку стійкості у популяції совки люцернової.

Недоліки:

- Високі вимоги до знань та навичок. Інтегрований підхід вимагає постійного моніторингу стану посівів, що може бути складним і витратним процесом для малих фермерських господарств.

- Необхідність координації. Для успішної реалізації інтегрованого підходу потрібна гарна координація різних методів та стратегій.

Таким чином, найефективнішим способом контролю популяції совки люцернової є використання інтегрованого підходу, що поєднує хімічні, біологічні та агротехнічні методи для забезпечення сталого та ефективного управління шкідником в агроєкосистемах.

Однією з найбільших проблем у боротьбі з совкою люцерною є розвиток стійкості до пестицидів. З часом популяції шкідника можуть адаптуватися до хімічних препаратів, що використовуються для його знищення. Це призводить до зниження ефективності традиційних методів боротьби.

Причини розвитку стійкості:

- Часте застосування пестицидів: Постійне використання одного і того ж препарату або пестицидів з однаковим механізмом дії призводить до відбору стійких особин серед популяції совки. З часом ці особини здатні передавати свої гени стійкості наступним поколінням.

- Порушення регламентів застосування: Неконтрольоване або недостатньо дозоване використання пестицидів може не забезпечити достатнього знищення шкідника, а тільки сприяти розвитку стійкості.

Наслідки:

- Зниження ефективності хімічних обробок. В результаті розвитку резистентних популяцій препарати стають менш ефективними, що вимагає

збільшення доз або застосування нових, часто більш дорогих або токсичних пестицидів.

- Збільшення витрат. Витрати на боротьбу з шкідниками зростають, що створює економічні труднощі для аграріїв [6].

У зв'язку з проблемою розвитку стійкості до пестицидів, існує нагальна потреба в пошуку нових методів та стратегій для зниження популяції совки люцернової. Деякі перспективні напрямки включають:

Як уже згадувалося, інтеграція хімічних, біологічних та агротехнічних методів дає можливість знижувати популяцію шкідника при мінімальному негативному впливі на навколишнє середовище. Цей підхід дозволяє розподіляти навантаження на шкідника між різними методами, що сприяє зниженню розвитку резистентності.

Включення біологічних агентів, таких як паразитичні оси або хижі комахи, може суттєво зменшити залежність від хімічних препаратів.

Розвиток технологій для моніторингу популяцій совки люцернової, таких як використання феромонних пасток, електронних систем спостереження за шкідниками, допоможе своєчасно визначати кількість шкідників і оптимізувати застосування методів контролю.

Встановлення фізичних бар'єрів, таких як сітки або захисні покриття, може знижувати популяцію совки на різних етапах її життєвого циклу, запобігаючи поширенню шкідника.

Розробка сортів сільськогосподарських культур, стійких до совки люцернової, може значно зменшити потребу в пестицидах. Такі рослини можуть містити гени, які роблять їх непривабливими або токсичними для шкідника. Наприклад, в таких рослинах можуть бути введені гени від *Bacillus thuringiensis* (Bt), які виробляють токсини, що вбивають совку.

За допомогою технологій редагування генома, таких як CRISPR, можна створювати особини совки, які не здатні до репродукції, що призводить до зниження чисельності популяції. Ідея полягає в тому, щоб генетично модифікувати популяцію шкідника, щоб він не мав змоги успішно розмножуватися.

Використання мікроорганізмів або їх продуктів як біопестицидів, що спеціально розроблені для боротьби з совкою люцерною, може бути одним з перспективних напрямків. Ці біопестициди можуть бути специфічно орієнтовані на шкідника, не шкодячи корисним організмам та екосистемам.

Селекція природних ворогів совки люцернової, таких як паразитичні оси, може бути ще одним біотехнологічним підходом до контролю цього шкідника. Селекція може поліпшити ефективність біологічного контролю через збільшення життєздатності та продуктивності цих ворогів.

У боротьбі з совкою люцерною існує кілька актуальних проблем, серед яких важливим аспектом є проблема розвитку стійкості цього шкідника до пестицидів. Стійкість до хімічних засобів боротьби з кожним роком зростає, що змушує шукати нові альтернативні методи контролю. Водночас, існуючі стратегії контролю, що поєднують хімічні, біологічні та агротехнічні методи,

стають менш ефективними через надмірне використання пестицидів та розвиток резистентності у популяціях шкідників.

Для забезпечення сталого контролю та зниження негативного впливу на навколишнє середовище необхідно застосовувати більш комплексні підходи, які включають інноваційні біотехнологічні методи та генетичні технології. Розвиток генетично модифікованих культур, які можуть бути стійкими до шкідників, є одним із перспективних напрямків. Такі культури можуть мати вбудовані гени, що забезпечують їх захист від шкідників без необхідності використання пестицидів.

Іншим важливим напрямком є розробка та застосування біопестицидів, які є більш екологічно безпечними і мають менший вплив на корисних комах та навколишнє середовище. Біопестициди можуть включати різноманітні мікроорганізми або природні продукти, які знищують шкідників, але не створюють резистентності так швидко, як хімічні пестициди [7].

Крім того, контроль популяції совки люцернової може здійснюватися через генетичні методи, зокрема за допомогою генетичних модифікацій, які дозволяють знижувати репродуктивну здатність шкідників або навіть викликати їх самознищення. Такі підходи забезпечують не лише ефективний контроль, але й збереження біорізноманіття та мінімізацію екологічних ризиків.

Таким чином, майбутнє боротьби з совкою люцерною полягає в інтеграції новітніх біотехнологій і генетичних методів, що забезпечить більш ефективний, стійкий та екологічно безпечний контроль за популяцією цього шкідника.

Висновок. Совка люцернова (*Heliothis virescens*) є одним з найбільш шкідливих шкідників сільськогосподарських культур, який завдає значної шкоди врожаю різноманітних рослин. Її здатність адаптуватися до різних агроecosystem та швидке розмноження роблять цей вид складним об'єктом для контролю. Пошкодження листя та інших частин рослин веде до зниження фотосинтетичної активності, що негативно позначається на врожайності та якості продукції.

Основними методами боротьби з совкою люцерною є хімічні, біологічні та агротехнічні заходи. Хоча хімічні методи ефективні в короткостроковій перспективі, вони часто призводять до розвитку резистентності у популяціях шкідника. Біологічні методи, такі як використання природних ворогів, можуть бути більш сталими, однак їх ефективність залежить від багатьох факторів, включаючи екологічні умови. Агротехнічні заходи, зокрема правильна сівоzmіна та обробка ґрунту, також можуть значно знизити популяцію совки.

Найбільш ефективним є інтегрований підхід, що поєднує різні методи боротьби та враховує екологічні особливості конкретних регіонів. З огляду на розвиток стійкості до пестицидів та зміни кліматичних умов, вивчення нових стратегій та технологій контролю совки люцернової є важливим напрямом агрономічних досліджень. Тільки комплексне управління популяцією цього шкідника дозволить мінімізувати його негативний вплив на

сільськогосподарські культури та забезпечити стійкість агроєкосистем до майбутніх викликів.

Список використаної літератури

1. Станкевич С.В., Положенець В.М., Кабанець В.М. та ін. Засоби захисту рослин від шкідливих організмів: навч. посіб. Житомир: Видавництво Рута, 2023. 428 с.
2. Rudska. N. O. Species composition of soy agrocenose pests and control of their number in the Right Bank Forest Steppe. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 24 (1). С. 128–142.
3. Станкевич С.В., Забродіна І.В., Васильєва Ю.В. та ін. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур: навч. посіб. Харків. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 624 с.
4. Пінчук Н.В., Коваленко Т.М., Вергелес П.М., Рудська Н.О. Контроль чисельності основних шкідників у посівах гороху. *Сільське господарство та лісівництво* №3 (14). 2019. С. 137–150.
5. Совка люцернова. URL: <https://superagronom.com/shkidniki-luskokrili-lepidoptera/sovka-lyutsernova-abo-lonova-id16715> (дата звернення 18.03.2025 р)
6. Станкевич С.В., Забродіна І. В. Економічні пороги шкідливості основних шкідників сільськогосподарських культур. Харків: ХНАУ, 2020. 25 с.
7. Туренко В.П., Білик М.О., Кулешов А.В. та ін. Комплексні системи захисту сільськогосподарських культур від шкідників та хвороб: навч. посіб. За ред. В.П. Туренка, М.О. Білика. Харків: Майдан, 2019. 330 с.

Микола КОЗАР¹⁹,

студент 2 курсу,

факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,

ННІ агротехнологій та природокористування

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

Анотація. *Покращення родючості ґрунту є ключовим аспектом сільського господарства, що забезпечує високі врожаї та стійкість агроєкосистем. Основні методи включають органічне та мінеральне удобрення, які постачають необхідні елементи живлення для рослин. Використання компосту та сидератів допомагає підвищити вміст гумусу, покращуючи структуру ґрунту та водоутримувальні властивості. Крім того, сівозміння сприяє збереженню біорізноманіття, що позитивно впливає на екосистему. Мікробіологічні препарати та біологічні методи захисту рослин також можуть бути ефективними у покращенні здоров'я ґрунту. Використання*

¹⁹Науковий керівник – Шкатула Ю.М., канд. с.-г. н. доц. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

агролісів та консерваційних технологій обробітку ґрунту зменшує ерозію і сприяє збереженню вологи. Комплексний підхід до управління родючістю ґрунту, враховуючи специфіку місцевості та кліматичні умови, забезпечує стійкий розвиток сільського господарства та екологічну безпеку.

Ключові слова. *Родючість ґрунту, сільське господарство, високі врожаї, стійкість агроєкосистем, органічне удобрення, мінеральне удобрення, елементи живлення, компост, сидерати, гумус, структура ґрунту, водоутримувальні властивості, сівозміна, біорізноманіття, мікробіологічні препарати, біологічні методи, захист рослин, агроліси, консерваційні технології, ерозія, збереження вологи, управління родючістю, специфіка місцевості, кліматичні умови, стійкий розвиток, екологічна безпека.*

Annotation. *Improving soil fertility is a key aspect of agriculture, ensuring high yields and the sustainability of agroecosystems. The main methods include organic and mineral fertilizers, which supply the necessary nutrients for plants. The use of compost and green manure helps to increase the humus content, improving soil structure and water-holding properties. In addition, crop rotation contributes to the preservation of biodiversity, which has a positive effect on the ecosystem. Microbiological preparations and biological methods of plant protection can also be effective in improving soil health. The use of agroforestry and conservation tillage technologies reduces erosion and helps preserve moisture. An integrated approach to soil fertility management, taking into account the specifics of the area and climatic conditions, ensures sustainable agricultural development and environmental safety.*

Keywords. *Soil fertility, agriculture, high yields, agroecosystem stability, organic fertilizer, mineral fertilizer, nutrients, compost, green manure, humus, soil structure, water-retaining properties, crop rotation, biodiversity, microbiological preparations, biological methods, plant protection, agroforests, conservation technologies, erosion, moisture conservation, fertility management, terrain specifics, climatic conditions, sustainable development, environmental safety.*

Вступ. Родючість ґрунту є одним із найважливіших аспектів, що впливають на ефективність сільського господарства. Вона визначає здатність землі забезпечувати рослини всіма необхідними елементами для їхнього росту і розвитку. Фермери, які володіють родючими землями, повинні вживати заходів для підтримання їхньої продуктивності, щоб уникнути виснаження і зберегти їх у доброму стані на довгий термін.

Підвищення родючості ґрунту досягається за допомогою різних агрономічних практик, включаючи внесення добрив, оптимізацію умов для розвитку корисних мікроорганізмів і запровадження сучасних технологій обробки. Гумус, що утворюється з органічних залишків, є критично важливим компонентом, що підвищує родючість і впливає на фізико-хімічні процеси в ґрунті.

Родючість ґрунтів класифікують на кілька категорій: потенційну, природну, штучну та ефективну. Потенційна родючість відображає наявність

поживних речовин, тоді як природна формується під впливом природних процесів. Штучна родючість виникає внаслідок людської діяльності, зокрема через внесення добрив і агрономічних заходів, а ефективна показує реальний обсяг врожаю.

Основні фактори, що впливають на родючість, включають вміст гумусу, зволоженість, рН, баланс поживних елементів та активність ґрунтової біоти. Для досягнення оптимальних умов розвитку рослин важливо підтримувати правильний баланс усіх цих показників.

Для збереження та підвищення родючості ґрунту необхідно проводити регулярний аналіз і використовувати ефективні методи обробки. Це може включати сівоzmіни, внесення органічних і мінеральних добрив, а також заходи щодо запобігання ерозії. Специфічні стратегії можуть варіюватися залежно від типу ґрунту.

Проблема збереження родючості є критично важливою для агрономів і фермерів. Рациональне застосування сучасних агрономічних практик і технологій може значно підвищити продуктивність сільськогосподарських угідь, що забезпечить стабільні врожаї та підтримує екологічну рівновагу. [1]

Виклад основного матеріалу. Для досягнення багатого врожаю агроном має правильно обрати рослину, час посіву та місце, яке залежить не лише від кліматичних умов, а й від типу ґрунту. Кожен тип ґрунту має свої переваги та недоліки, що впливають на вирощування різних культур. Важливими аспектами є вміст поживних речовин, легкість обробки та швидкість водопостачання, що дозволяє максимально ефективно використовувати ресурс.

Класифікація ґрунтів не має єдиного підходу і часто базується на їх складі. Основні компоненти — пісок, глина та мул — визначають різні типи ґрунтів, які характеризуються специфічними властивостями. Розмір частинок є ключовим фактором: глиняні ґрунти мають найменші частинки, що призводить до більшої щільності і зменшення повітряного простору.

Піщані ґрунти, зокрема, мають високу частку піску, що забезпечує легкість у обробці, але погано утримують вологу. Ці ґрунти швидко прогріваються, але їхнє біологічне життя обмежене через нестачу вологи та поживних речовин. Часті підживлення органікою є необхідними, але добрива швидко вимиваються, не завжди забезпечуючи рослини потрібними елементами.

Глинисті ґрунти, навпаки, є щільними та важкими, що ускладнює їх обробку. Вони погано пропускають воду, що може призвести до застою вологи та загнивання кореневої системи рослин. Така структура призводить до недостатньої аерації, що ускладнює розвиток коренів і знижує біологічну активність ґрунту.

Кам'яністі ґрунти зустрічаються в гірських районах, де каміння переважає. Вони добре зберігають тепло, але мають обмежене біологічне життя та швидко втрачають вологу. Торф'яно-болотні ґрунти, з іншого боку, багаті на органічні речовини, проте мають недостатній вміст фосфору і калію, що обмежує їхню продуктивність.

Супіщані ґрунти є збалансованими, поєднуючи властивості піщаних і глинистих ґрунтів. Вони добре вбирають і утримують вологу, забезпечуючи рослинам потрібні елементи живлення. Суглинні ґрунти, у свою чергу, є оптимальними для вирощування рослин завдяки своїй структурі та здатності підтримувати високий рівень поживності. Такі ґрунти легко обробляються і добре регулюють вологість, створюючи сприятливі умови для росту рослин.

Зменшення родючості ґрунту є серйозною проблемою, що виникає внаслідок кількох факторів, зокрема надмірного порушення структури ґрунту, недотримання сівозмін, а також використання синтетичних добрив і пестицидів. Надмірна оранка та обробка важкою технікою сприяють деградації верхнього родючого шару ґрунту, що призводить до зниження його біологічної активності. Порушення природної структури ґрунту також шкодить аеробним і анаеробним мікроорганізмам, необхідним для підтримки його родючості. Використання монокультур та неправильні сівозміни сприяють виснаженню поживних речовин і накопиченню шкідливих організмів, що знижує врожайність. Крім того, надмірне застосування пестицидів призводить до знищення корисних мікроорганізмів, забруднює ґрунтові води та змінює рН ґрунту, що створює додаткові проблеми для рослин і екосистеми в цілому.[2]

Родючість ґрунту – це ключовий аспект агрономії, що визначає можливості для успішного вирощування сільськогосподарських культур. Вона залежить від численних взаємопов'язаних факторів, які впливають на здоров'я рослин і їх продуктивність. У цьому контексті важливо враховувати фізичні, хімічні та біологічні характеристики ґрунту. Правильне розуміння та управління цими факторами дозволяє агрономам оптимізувати умови для росту рослин, покращити врожайність і забезпечити сталість сільського господарства в умовах змінного клімату.

Клімат має істотний вплив на родючість ґрунту. Температура та кількість опадів формують умови для росту рослин. Підвищення температури і низька кількість опадів можуть призвести до посухи, що негативно позначається на родючості та врожайності. Натомість надмірні опади можуть викликати ерозію та затоплення. Щодо текстури ґрунту, вона визначається співвідношенням піску, мулу та глини. Глинисті ґрунти здатні утримувати більше вологи і поживних речовин, тоді як піщані швидко висихають. Структура ґрунту, що формується за участі гумусу і мікроорганізмів, також важлива, оскільки впливає на аерацію та водоутримання. [2]

рН ґрунту - це ще один важливий показник родючості. Він визначає доступність поживних речовин для рослин. Для більшості сільськогосподарських культур оптимальним є рН в межах 5,5-6,5. Високий рівень кислотності може знижувати доступність таких елементів, як азот, фосфор і калій. Ємність катіонного обміну, що характеризує здатність ґрунту зберігати позитивно заряджені іони (катіони), також впливає на родючість. Глинисті та органічні матеріали забезпечують високу ємність катіонного обміну, що дозволяє утримувати більше поживних речовин.

Біологічна активність ґрунту є ключовим показником його родючості. Вміст органічної речовини, що складається з решток рослин і тварин, а також продуктів їхньої життєдіяльності, є основою для формування родючого ґрунту. Органічна речовина забезпечує мікроорганізмам їжу, що сприяє їхній діяльності, яка, в свою чергу, веде до розкладання органічних матеріалів і вивільнення поживних елементів. Мікроорганізми, такі як бактерії і гриби, активно беруть участь у кругообігу поживних речовин і формуванні структури ґрунту, покращуючи його аерацію, пористість і водоутримувальну здатність.[3]

Природна родючість є базовою характеристикою ґрунту, що формується в результаті природних процесів без втручання людини. Вона залежить від ряду факторів, таких як клімат, тип гірських порід, рельєф, вологість та наявність органічних елементів і мікроорганізмів. Природна родючість варіюється залежно від цих умов і характеризується механічними, фізичними, хімічними, фізико-хімічними та біологічними властивостями. Ці фактори, включаючи рослинність та мікроорганізми, постійно впливають на родючість ґрунту, що дозволяє говорити про потенційну родючість, яка включає доступні та недоступні для рослин поживні речовини.

Штучна родючість виникає внаслідок свідомого втручання людини. Вона досягається шляхом використання різних агрономічних методів, таких як сівоzmіна, зрошення, дренажування та внесення добрив. Цей вид родючості тісно пов'язаний із розвитком агрономічних знань і технологій. Яскравим прикладом штучної родючості є субстрати для вирощування рослин в умовах оранжерей або парників.

Ефективна родючість поєднує в собі природну та штучну родючість і вимірюється врожайністю сільськогосподарських культур. Вона залежить не тільки від характеристик ґрунту, а й від агротехнічних заходів, які використовує людина для управління ґрунтовими ресурсами. Ефективна родючість має тісний зв'язок з економічними умовами, оскільки відображає можливість використання ґрунту та підвищення його родючості для досягнення економічного результату.

Економічна родючість розглядається як здатність ґрунту виробляти продукцію в умовах соціально-економічних факторів. Вона визначається зусиллями, ресурсами та методами впливу на ґрунт, які можуть покращити його природні властивості та підвищити загальну продуктивність. У цьому контексті економічна родючість відображає здатність рільництва до реалізації продукції у визначених обсягах та вартості.[4]

Покращення родючості ґрунту є ключовим аспектом ефективного агрономічного управління. Для створення оптимального режиму харчування рослин важливо вносити добрива лише за необхідності, особливо в прикореневу зону, що є актуальним для садів і виноградників. Тепловий режим ґрунту також потребує уваги, оскільки деякі типи, як торф'яні або піщані, можуть вимагати поліпшення своїх теплових характеристик через використання органічних добрив та мінерального мулу. Важливо враховувати токсикоз ґрунту, викликаний надлишком шкідливих речовин, що негативно впливають на

рослини. З метою покращення родючості слід вжити меліоративних заходів, таких як посадка солестійких культур, внесення гіпсу або інших меліорантів.

В залежності від типу ґрунту, наприклад, в зоні підзолистих ґрунтів рекомендується використовувати сівозміни, правильну обробку ґрунту, вапнування та посів сидератів для покращення якості ґрунту. У чорноземній зоні важливо зберігати гумусовий горизонт, проводити заходи для накопичення води та запобігати ерозії. У степовій зоні сільгоспкультури можуть потерпати від посухи, тому тут використовують зрошення з обережним дотриманням норм, щоб уникнути засолення. Загалом, правильне ведення господарства і дбайливе ставлення до ґрунту можуть суттєво покращити його родючість, що забезпечить високі врожаї. Регулярний аналіз ґрунту на родючість допомагає виявити проблеми і визначити ефективні рішення для підвищення його якості.[5]

Перспективні методи покращення родючості ґрунту включають різноманітні технології та підходи, які можуть суттєво вплинути на агрономічну практику. Біоензимна технологія використовує бентоніт як сорбент і поживне середовище для автотрофних бактерій, поєднуючи його з ферментами та ферментованим курячим послідом. Це дозволяє підвищити родючість навіть у пустельних умовах. Грибки *Trichoderma*, що витримують екстремальні умови, є важливими мікроорганізмами, які пригнічують патогени і стимулюють ріст рослин, мінералізуючи органічні речовини і контролюючи хвороботворні організми в ґрунті.

Ascorphyllum nodosum, бурі водорості з Північної Атлантики, використовуються як органічне добриво завдяки вмісту біомолекул, які сприяють росту рослин. Цеоліт, природний мінерал, допомагає утримувати вологу і поживні речовини, покращуючи структуру ґрунту та нейтралізуючи його рН. Методика часткового висихання коренів передбачає контрольоване зниження вологості ґрунту, що стимулює розвиток глибшої кореневої системи. Додавання кам'яного пилу, як базальтового або гранітного, відновлює мінерали і покращує родючість з часом.

Нанобіотехнології пропонують використання наноматеріалів для підвищення ефективності добрив і зменшення їх стіку, знижуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Дослідження показують потенціал наночастинок у покращенні поглинання поживних речовин і виробництві наносенсорів, що виявляють зміни в стані ґрунту. Електрокультура, що використовує електричні струми низької напруги, може стимулювати ріст рослин і очищувати ґрунт від забруднень. Додатково, системи, що сприяють пом'якшенню клімату, сталому тваринництву та відновленню біорізноманіття, також мають великий потенціал для відновлення родючості ґрунту[5].

Висновки. Покращення родючості ґрунту є критично важливим завданням для забезпечення високих врожаїв і сталого розвитку сільського господарства. Серед основних методів, які використовуються для цього, важливо зазначити створення оптимального режиму харчування рослин. Внесення добрив повинно бути адаптоване до конкретних етапів розвитку рослин та їх потреб, з акцентом на локальне внесення в прикореневу зону. Це особливо актуально для садів та

виноградників, де точність підходу може суттєво вплинути на кінцевий результат.

Тепловий режим ґрунту також є важливим аспектом, оскільки деякі типи, такі як торф'яні та піщані, потребують поліпшення теплових властивостей. Використання мінерального мулу та органічних добрив може значно підвищити їх ефективність. Однак не менш важливою є боротьба з токсикозом ґрунту, що виникає через накопичення шкідливих речовин. Для вирішення цієї проблеми застосовують різноманітні меліоративні заходи, включаючи фітобіологічну, хімічну та агротехнічну меліорацію. Це дозволяє не лише зменшити токсичність, а й покращити загальний стан ґрунту.

Також варто підкреслити важливість підтримання оптимального кислотно-лужного балансу, оскільки його зміни можуть обмежувати доступність основних поживних елементів для рослин. Введення сівозмін, посів сидератів та внесення органічних добрив допомагає підвищити родючість у різних типах ґрунтів. Наприклад, у підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтах важливо використовувати сівозміни та дренаж, тоді як у чорноземних зонах акцент має бути на захисті гумусового горизонту та правильному зволоженні. Завдяки комплексному підходу до управління родючістю можна досягти стабільних високих урожаїв, що в свою чергу сприятиме продовольчій безпеці та економічному розвитку аграрного сектору. Успішне покращення родючості ґрунту залежить від глибокого розуміння його характеристик, потреб рослин та екологічних умов, що дозволяє аграріям ефективно управляти ресурсами для отримання максимальних результатів.

Список використаної літератури

1. Родючість Ґрунту: Як зберегти та підвищити. URL: <https://eos.com/uk/blog/rodyuchist-gruntu/> (Дата звернення: 10.03.2025)
2. Родючість Ґрунту. *Bikinedia*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D1%8E%D1%87%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%83 (Дата звернення: 10.03.2025)
3. Види та типи ґрунту – Основні характеристики, що мають значення. URL: <https://eos.com/uk/blog/vydy-ta-typy-gruntiv/> (Дата звернення: 11.03.2025)
4. Родючість ґрунту – способи покращення, основні фактори та проблеми в Україні. URL: https://www.systopt.com.ua/article-rodyuchist-gruntu?srsId=AfmBOoqYfP4c8doCNkQd9bAgoylNJO-Jf5TFVeIQ9LONqqBN_Ulamcv (Дата звернення: 11.03.2025)
5. Як поліпшити родючість ґрунту. URL: <https://himanaliz.ua/uk/yak-polipshiti-rodyuchist-gruntu/> (Дата звернення: 12.03.2025)

Олександра КРАВЧУК²⁰,
студентка 3 курсу,
факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЛЬ ФІТОНЦИДНИХ РОСЛИН У ФІТОДИЗАЙНІ

Анотація: У статті досліджується важливість використання рослин, що виділяють фітонциди, у створенні здорового та естетичного простору. Фітонциди мають антибактеріальні, протівірусні та очищувальні властивості, позитивно впливають на якість повітря, знижують рівень стресу та сприяють покращенню самопочуття. Автор аналізує основні види фітонцидних рослин, їхню роль у внутрішньому та міському дизайні та екологічні переваги їхнього використання. Особливу увагу приділено інтеграції цих рослин у сучасні дизайнерські концепції з метою гармонізації житлових просторів.

Ключові слова: фітонцидні рослини, фітодизайн, антимікробні властивості, якість повітря, екологічний дизайн, ландшафтна архітектура, озеленення.

Annotation: The article explores the importance of using plants that emit phytoncides in creating healthy and aesthetic spaces. Phytoncides have antibacterial, antiviral, and purifying properties, have a positive effect on air quality, reduce stress, and promote well-being. The authors analyze the main types of phytoncidal plants, their role in interior and urban combat design, and the environmental benefits of their use. Particular attention is paid to the integration of these plants into modern design concepts to harmonize living spaces.

Keywords: phytoncidal plants, phytodesign, antimicrobial properties, air quality, environmental design, landscape architecture, landscaping.

Вступ. У сучасних суспільствах, де урбанізація та антропогенний вплив мають значний вплив на навколишнє середовище, зростає потреба у створенні зручних та екологічних просторів для життя. Важливим аспектом вирішення цієї проблеми є інтеграція природних елементів у місця, де живуть і працюють люди. Все більшої популярності набуває фрі-дизайн - напрямок у дизайні, який має на меті використання рослин для гармонізації інтер'єрів, екстер'єрів та ландшафтів.

Фітонцидні рослини, які відіграють особливу роль у рослинному дизайні, – це унікальні представники флори, що виділяють активні речовини, які сповільнюють ріст і розвиток мікроорганізмів.

²⁰ Науковий керівник – Окрушко С.Є., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

Ці рослини не тільки естетично збагачують простір, але й позитивно впливають на здоров'я людини, очищаючи повітря від шкідливих мікроорганізмів і токсинів та сприяючи загальному покращенню мікроклімату.

Відкриті у 20 столітті, фітонциди мають антибактеріальні, противірусні, протигрибкові та антиоксидантні властивості. Завдяки цим властивостям фітонцидні рослини широко використовуються в медицині, екології та дизайні. Використання таких рослин у рослинному дизайні є інноваційним підходом до створення здорового середовища, що відповідає потребам сучасної людини [1].

Мета цієї статті – дослідити роль фітонцидних рослин у рослинному дизайні, їхній вплив на якість життя та проаналізувати їхній потенціал для інтеграції в сучасні ландшафтні концепції. Звертається увага на екологічні, естетичні та функціональні переваги рослин-фітоконтролерів та їхнє значення у вирішенні проблем, пов'язаних з якістю повітря, стресом та гармонією людини і природи.

Виклад основного матеріалу. Фітонциди були відкриті в 1928 році професором Б.П. Токіним. Професори Б. Токін (1957) і А. Гродзинський (1984) стверджували, що вивчення біологічно активних летких виділень рослин, які мають бактерицидні властивості і здатні зміцнювати захисні сили людського організму, з часом буде набувати все більшого значення. А.М. Гродзинський, який брав участь у Всесоюзній конференції, у своїй 8-й книзі, підкреслював необхідність поглибленої розробки теорії фітонцидів згідно з теорією фітодизайну.

Ефірні олії є типовим прикладом фітонцидів і отримуються з рослин промисловим способом. Леткі речовини, що виділяються рослинами, також називаються фітонцидами, і їх дуже важно зібрати в кількостях, які можна було б виявити. Ці фітонциди також називають «природними рослинними антимікробними агентами». Хімічна структура фітонцидів не є важливою для їхньої функції, і вони можуть бути складними сполуками, такими як глікозиди, терпеноїди та речовини, які називаються вторинними метаболітами [3].



Рис. 1. Кімнатні рослини з найбільшим вмістом фітонцидів:
а) хлорофітум, б) пеларгонія, в) алоє

Природні фітонциди займають важливе місце в імунітеті рослин та у взаємовідносинах між організмами в біосфері. Леткі фітонциди (ЛФ) можуть діяти на відстані, наприклад, фітонциди дуба, евкаліпта і сосни. Сила і спектр

антимікробної дії фітонцидів дуже варіабельні. Фітонциди, що містяться в часнику, цибулі та хроні, вбивають багато видів простих бактерій (інфузорій) і нижчих грибів протягом перших кількох хвилин або секунд, а комах - протягом короткого часу (кількох хвилин). Фітонциди є одним з природних імунних факторів рослин (рослини стерилізуються продуктами життєдіяльності).

Прояв захисної ролі фітонцидів можна побачити не тільки у знищенні мікроорганізмів, але й у пригніченні розмноження, у негативному хемотаксисі рухливих мікроорганізмів, у стимуляції мікробної життєдіяльності, у ворожості патогенів до певних рослин та у відлякуванні різних комах. З одного гектару соснового лісу в атмосферу виділяється близько 5 кг летких фітонцидів протягом доби, тоді як у ялівцевому лісі – 30 кг протягом доби, таким чином знижуючи кількість мікроорганізмів у атмосфері. Тому у хвойних лісах (особливо в молодих соснових) повітря практично стерильне (містить лише 200-300 бактеріальних клітин на м^3), що становить інтерес для гігієністів і ландшафтних архітекторів [5].

Фітонцидна активність притаманна всім видам рослин. Газові виділення є продуктом метаболізму рослинних клітин, засобом позитивного впливу на навколишнє середовище і, на думку багатьох вчених, регулятором росту і розвитку рослин. Однією з найважливіших особливостей фітонцидів є специфічність їх дії. Зокрема у дуже малих кількостях вони пригнічують ріст і розмноження одних мікроорганізмів, стимулюють ріст інших та відіграють неабияку роль у регулюванні складу мікрофлори ґрунту, повітря і води.

Виділення фітонцидів кімнатними рослинами залежить від їхньої належності до певної родини, віку, фізіологічного стану, еколого-біологічних особливостей рослини, умов вирощування. Відомо, що активність фітонцидів підвищується при пошкодженні рослин (механічні рани, вплив мікро- і макропаразитів, зрізання квітів на букети). У багатьох субтропічних рослин підвищення активності летких фітонцидів спостерігається від зими до весни і знижується наприкінці вегетаційного періоду, тобто восени. У мирта, до прикладу, летюча активність підвищується від першої хвили росту (січень-лютий) до літа. Найвищу активність рослини демонструють під час проростання та цвітіння. У цибулинних рослин амарилісів і лілій інтенсивний ріст і проростання в кімнатних умовах, як правило, відбувається взимку. Тому активність летючих виділень цих рослин зростає з кінця грудня і триває до середини січня.

Зміни фітонцидної активності рослин залежать від біологічних особливостей рослини, її сезонних ритмів і змін у накопиченні та складі певних речовин протягом вегетаційного періоду. Наприклад, на початку і в середині вегетації летючість речовин є найвищою через наявність у їх складі терпеноїдів, тоді як наприкінці вегетації в рослинній тканині утворюються аскорбінова кислота та окисеновані монотерпеноїди, що характеризуються високою в'язкістю і мінімальною летючістю [4].

Процес вивільнення фітонцидів також залежить від температури. При підвищенні температури до 20-25°C концентрація цих сполук зростає в 1,8 рази,

а зменшення температури негативно впливає на виділення рослиною таких сполук. Значне зниження фітонцидної активності спостерігається також під час фізіологічної депресії, зумовленої дефіцитом води та низьким рівнем живлення. Таким чином, знаючи, що інтенсивність продукування та вивільнення фітонцидів залежить від стану рослини та умов зростання, можна контролювати цей процес.

Згідно з дослідженням Норвезького інституту сільськогосподарських досліджень, кімнатні рослини можуть полегшити симптоми застуди, такі як кашель, біль у горлі та втому, більш ніж на 30 відсотків. Вдихання фітонциду, що виділяється кімнатними лимонами, також може бути корисним, якщо людина більш сприйнятлива до інфекцій верхніх дихальних шляхів. Рослина позитивно впливає на людей із серцево-судинними захворюваннями.

Оскільки ми проводимо значну частину свого життя в приміщенні, дуже важливо створити для цього сприятливе середовище. Відомо, що багато кімнатних рослин покращують гігієну, а також естетичний вигляд приміщення. Рослини звожують повітря, виділяють бактерицидні фітонциди, а деякі рослини навіть поглинають шкідливе випромінювання і гази, якими наповнені сучасні квартири. Численні технологічні пристрої також впливають на екологічний стан житла. Дослідження показують, що концентрація токсичних речовин у повітрі в квартирах часто досягає рівня, який може призвести до запалення верхніх дихальних шляхів, бронхіту та алергічних симптомів [2].

Патогенні мікроорганізми підстерігають нас вдома та в інших установах, а також віруси і грибки, які можуть викликати серйозні захворювання. Відомо, що рослини завдяки своїм фітонцидам зменшують кількість хвороботворних мікроорганізмів у повітрі. Наприклад, вважається, що для кімнати площею 15-25 квадратних метрів достатньо п'яти-семи рослин: наприклад, один або два мирта, дві квітучі бегонії, два аглонеми.

Стафілокок є одним з найпоширеніших мікроорганізмів. В умовах зниженого імунітету достатньо невеликого пошкодження шкірних покривів, щоб відкрити «ворота» інфекції. Однак, розміщення в кімнаті руелії, санхезії, аруму, дифенбахію, мирти, псидіуму достатньо для того, щоб бактерії істотно пригнічувалися. Інші мікроорганізми, такі як стрептокок, також дуже популярні. Вони зустрічаються рідше, але можуть викликати серйозні захворювання, якщо імунна система ослаблена. Запобігти цьому можуть: аглаонема, бегонія, бересклет, антуріум. Бактерії кишкової палички, які вважаються умовно патогенними, живуть у кишечнику людини. Кишкова паличка небезпечна, коли присутня в повітрі приміщень, а лавр, лавровишня та понцирус допомагають її усунути. Особливе місце займає клебсієла пневмонії, яка викликає пневмонію, гайморит і менінгіт. М'ята, шавлія, лаванда та гісоп відіграють певну роль у їх профілактиці [5].

Іонізація повітря в природних рослинних угрупованнях якісно і кількісно відрізняється від звичайної за відсутності рослин. Це пов'язано не тільки з радіоактивністю та особливостями мікрокліматичних умов повітряного середовища, але й з впливом летких речовин, зокрема фітонцидів, що

виділяються рослинами. Фітонциди з'єднуються з леткими аерозолями в повітрі, перетворюючи їх на електроаерозолі. Тому позитивний вплив рослин на здоров'я людини залежить не тільки від хімічного складу фітонцидів, але і від кількості електроаерозолів. Фітонциди підвищують бактерицидну енергію повітря. Механізм цього явища пов'язаний з перетворенням молекул озону в електронно збуджені молекули кисню – озоніди – здатні руйнувати структуру ДНК патогенних мікроорганізмів. Багате на фітонциди повітря також має бактерицидні властивості, що сприяють його свіжості. Свіже повітря покращує самопочуття і допомагає лікувати багато захворювань.



Рис. 2. Приклад застосування фітодизайну в інтер'єрі:
а) офісне приміщення, б) ресторани та кафе

Тропічні та субтропічні рослини використовуються з лікувально-профілактичною метою в закладах різного типу, а їх різновиди можна розділити на три групи:

- 1) рослини, леткі виділення яких мають виражену протівірусну, антибактеріальну та протигрибкову активність по відношенню до повітряної мікрофлори;
- 2) рослини, що поглинають токсичні гази в повітрі;
- 3) рослини-фотофільтри.

Відповідний вибір рослин з високим фітонцидним ефектом для різних типів рослин є предметом досліджень екологічного фітодизайну. Розглянемо деякі типові кімнатні рослини з фітонцидною дією. Серед кімнатних рослин найкращу дію має хлорофітум. Ця рослина сама по собі може знизити дію оксидів азоту в приміщенні, де є газ, на кілька годин. У квартирі середнього розміру потрібно 40 рослин хлорофітуму, щоб поглинути формальдегід, який виділяється з утеплювача із синтетичних матеріалів. Така ж кількість рослин повністю очистить повітря у 20-метровій вітальні від патогенних частинок. Більше того, очисний ефект рослин значно посилюється, якщо в горшки додати трохи активованого вугілля. Хлорофітум також має високу бактерицидну дію. Вчені встановили, що рослина може повністю очистити повітря від шкідливих мікроорганізмів протягом 24 годин.

Ще одна рослина з фітонцидним ефектом – пістряволиста диффенбахія. Вона очищає повітря в приміщенні від токсичних речовин і її варто ставити біля вікон, що виходять на галасливі автомагістралі, заводи чи загазовані робочі

місця. Фікус ефективно очищає повітря від токсичного формальдегіду і поглинає токсичні речовини, перетворюючи їх на цукор і амінокислоти. Також було доведено, що він фільтрує продукти випаровування бензолу, трихлоретилену і пентахлорфенолу з повітря [3].



Діаграма 1. Категорії використання фітонцидних рослин у фітодизайні.

Висновок. Фітонцидні рослини відіграють важливу роль у фітодизайні, сприяючи створенню здорового, комфортного та екологічно безпечного середовища для життя і роботи людини. Їхні унікальні властивості, зокрема здатність виділяти біологічно активні речовини, що очищують повітря, пригнічують ріст шкідливих мікроорганізмів та сприяють зміцненню здоров'я, роблять ці рослини незамінним інструментом у дизайні інтер'єрів, ландшафтному озелененні та міському середовищі.

Використання фітонцидних рослин у фітодизайні має значні екологічні та соціальні переваги. Вони не лише естетично збагачують простір, але й підвищують його функціональність, покращують мікроклімат, знижують рівень стресу та створюють умови для гармонійного співіснування людини і природи. Інтеграція фітонцидних рослин у сучасний дизайн є перспективним напрямком, який варто активно розвивати.

Подальші дослідження у цій галузі можуть сприяти розробці нових підходів до застосування фітонцидних рослин у різних аспектах дизайну та урбаністики, що відкриває широкі перспективи для їхнього використання у майбутньому.

Список використаної літератури

1. Фітонциди: веб-сайт. URL: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki> (дата звернення 17.12.2024).
2. Вплив фітонцидних властивостей кімнатних рослин на здоров'я учнів: веб-сайт. URL: <https://vseosvita.ua/library/embed/01009u8a-16b7.docx.html> (дата звернення 29.12.2024).
3. Оформлення різних типів приміщень: веб-сайт. URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1110214/mod_resource/content/0/ФД-ЛІ8-23-24.pdf (дата звернення 10.01.2025).
4. Кабар А.М., Лихолат Ю.В., Зайцева І.О., Дідур О.О., Пахомов О.Є. Ландшафтний фітодизайн з основами біотехнології: підручник. 2021. 195 с.

5. Задорожня Х.І. Фітонцидні рослини в озелененні. Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Стан і майбутнє лісового господарства, деревообробки та землевпорядкування» (09–10.10.2023 р.). 2023. С. 171-173.

Дмитро МАЙДАНОВ²¹,
студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ТА УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ

***Анотація.** Сучасні системи живлення та удобрення кукурудзи є основними елементами забезпечення високих і стабільних врожаїв цієї важливої сільськогосподарської культури. Від ефективності використання добрив залежить не лише кількість, а й якість продукції. В умовах інтенсифікації землеробства все більшу роль відіграють технології точного землеробства, які дозволяють оптимізувати процеси живлення рослин і знижувати витрати на добрива, при цьому підвищуючи продуктивність і зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Внесення добрив повинно базуватися на врахуванні потреб кукурудзи на різних етапах її розвитку, а також на типі ґрунту, кліматичних умовах і факторі ефективності використання елементів живлення. Важливою складовою є використання органічних та мікроелементних добрив, які сприяють покращенню структури ґрунту, збільшують його родючість та забезпечують рослину усіма необхідними елементами для оптимального росту і розвитку. Найбільшу увагу слід приділяти азотним, фосфорним та калійним добривам, які є основними для росту кукурудзи. Разом з тим, використання новітніх методів, таких як диференційоване внесення добрив, дозволяє досягти максимального ефекту та економії ресурсів.*

***Ключові слова:** системи живлення; удобрення кукурудзи; точне землеробство; макроеlementи та мікроelementи; органічні добрива; диференційоване внесення; родючість ґрунту; інтенсифікація сільськогосподарства; технології живлення.*

***Annotation.** Modern corn nutrition and fertilization systems are the main elements of ensuring high and stable yields of this important agricultural crop. Not only the quantity, but also the quality of products depends on the efficiency of fertilizer use. In the conditions of intensification of agriculture, precision farming technologies play an increasingly important role, which allow optimizing plant nutrition processes*

²¹Керівник – Васильков О.В., асистент кафедри Землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

and reducing fertilizer costs, while increasing productivity and reducing the negative impact on the environment. Fertilizer application should be based on taking into account the needs of corn at different stages of its development, as well as on the type of soil, climatic conditions and the factor of efficiency of nutrient use. An important component is the use of organic and microelement fertilizers, which contribute to improving soil structure, increasing its fertility and providing the plant with all the necessary elements for optimal growth and development. The greatest attention should be paid to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers, which are essential for corn growth. At the same time, the use of modern methods, such as differentiated fertilization, allows you to achieve maximum effect and save resources.

Keywords: *nutrition systems; corn fertilization; precision agriculture; macronutrients and micronutrients; organic fertilizers; differentiated application; soil fertility; agricultural intensification; nutrition technologies.*

Вступ. Сучасні системи живлення та удобрення кукурудзи є важливим аспектом агрономії, оскільки вони безпосередньо впливають на врожайність та якість цієї культури. Кукурудза – одна з основних сільськогосподарських культур, яка вирощується на великих площах у багатьох країнах, зокрема в Україні. Вона потребує значних витрат поживних елементів для росту та розвитку, а тому правильно організоване живлення є основою для отримання високих урожаїв. Сучасні технології удобрення кукурудзи враховують інтенсивне використання добрив, яке дозволяє покрити потреби культури в макро- та мікроелементах. При цьому важливо забезпечити баланс між ефективним використанням добрив і збереженням навколишнього середовища. Застосування сучасних систем живлення включає як традиційні способи внесення мінеральних добрив, так і новітні методи, що базуються на точному землеробстві, використанні органічних добрив, біологічних стимуляторів росту та інших інноваційних рішень. Однією з ключових складових є оптимізація доз добрив залежно від різних факторів, таких як тип ґрунту, кліматичні умови, сорт кукурудзи та етапи її розвитку. Завдяки цим методам можна значно підвищити ефективність використання добрив і знизити їх витрати, що робить виробництво кукурудзи більш економічно вигідним та екологічно сталим.

Мета роботи полягає в дослідженні сучасних систем живлення та удобрення кукурудзи з акцентом на визначення оптимальних методів внесення добрив для забезпечення високих урожаїв при мінімальних витратах ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Кукурудза – це культура, що потребує збалансованого живлення для забезпечення нормального росту та розвитку. Її потреби в макро- і мікроелементах варіюються залежно від фаз розвитку рослин, і забезпечення їх оптимальним рівнем є основою для досягнення високих урожаїв.

Азот (N) є одним з найбільш важливих елементів для рослин, оскільки є складовою частиною амінокислот, білків і хлорофілу, що забезпечує нормальне функціонування фотосинтетичних процесів. Кукурудза має високу потребу в азоті, особливо в період активного росту. Він сприяє розвитку вегетативної маси

(листя та стебел), що є необхідним для накопичення енергії, яку рослина потім використовує на інших етапах росту, включаючи формування качанів.

Фосфор (P) важливий для розвитку кореневої системи, а також для синтезу АТФ – основної енергії для біохімічних процесів у рослині. У початкові етапи розвитку кукурудзи фосфор особливо важливий, оскільки він стимулює формування здорової кореневої системи, що дозволяє рослині краще засвоювати інші елементи живлення. Фосфор також сприяє закладці квіток і насіння, тому його дефіцит може призвести до зниження якості та кількості врожаю.

Калій (K) – це елемент, який грає ключову роль у регулюванні водного балансу рослини, підтримці осмотичного тиску в клітинах, а також у активації ферментів, що беруть участь у фотосинтетичних процесах. Калій також допомагає рослинам протистояти стресовим умовам, таким як посуха або низькі температури. Кукурудза потребує калію протягом усього періоду вегетації, особливо під час формування та дозрівання качанів [1].

Мікроелементи, хоча і потрібні в набагато менших кількостях, мають важливу роль у життєдіяльності рослин. До таких елементів для кукурудзи належать залізо, марганець, мідь, цинк, молібден, бор та інші.

Залізо (Fe) є важливим для утворення хлорофілу та фотосинтетичних процесів. Його дефіцит призводить до хлорозу (пожовтіння листя), що обмежує здатність рослини до фотосинтезу.

Бор (B) сприяє нормальному розвитку квіток і запліднення, що є критично важливим на етапі формування качанів. Він також важливий для правильного функціонування клітинних стінок і забезпечення стабільного процесу росту рослин. Недостатність бору може спричинити деформацію качанів та зниження врожайності.

Мідь (Cu) і цинк (Zn) активують багато ферментативних процесів у рослині, включаючи обмін речовин та утворення білків. Мідь також має роль у розвитку імунної системи рослин, тоді як цинк необхідний для нормальної роботи фітогормонів. Їх дефіцит може призвести до погіршення росту та розвитку кукурудзи, а також зниження стійкості до хвороб.

Кукурудза має різні потреби в елементах живлення на різних етапах свого розвитку. Перша фаза – проростання та розвиток кореневої системи. У цей період рослина має найбільшу потребу в фосфорі, оскільки він сприяє розвитку здорової кореневої системи, що є основою для подальшого росту. Азот і калій також важливі, але фосфор має пріоритет. Друга фаза – активний ріст і формування вегетативної маси. На цьому етапі необхідний вищий рівень азоту для стимулювання росту стебел та листя. Калій допомагає рослині підтримувати водний баланс, що важливо в умовах високої температури та посухи. Третя фаза – цвітіння і формування качанів. Кукурудза потребує значної кількості калію для забезпечення стабільної роботи клітинних процесів. Це також критичний момент для надходження мікроелементів, зокрема бору, що впливає на нормальне запліднення квіток і утворення качанів. Четверта фаза – дозрівання. На етапі дозрівання головну роль відіграє калій, який сприяє накопиченню цукрів і

крохмалю в зерні. Також важливою є наявність мікроелементів, оскільки вони підтримують стабільність фізіологічних процесів у рослині [2].

Оптимальне забезпечення кукурудзи макро- і мікроелементами на кожному етапі її розвитку є ключовим чинником для досягнення високих урожаїв. Азот, фосфор і калій – це основні макроелементи, що забезпечують інтенсивний ріст, розвиток коренів та формування качанів, тоді як мікроелементи відіграють важливу роль у підтримці здоров'я рослин та їх здатності протистояти стресам. Правильне планування та управління живленням допомагає підвищити врожайність та якість кукурудзи, забезпечуючи її стійкість до хвороб та шкідників.

Технології точного землеробства (ТЗ) за останні десятиліття стали невід'ємною частиною сучасного агровиробництва, дозволяючи значно підвищити ефективність використання ресурсів, зменшити витрати на добрива, а також зберегти навколишнє середовище. В умовах високої конкуренції в аграрному секторі та необхідності забезпечення сталого розвитку сільського господарства, точне землеробство є важливим інструментом для підвищення врожайності, зниження затрат та досягнення екологічної безпеки.

Один із основних принципів точного землеробства полягає в диференційованому внесенні добрив, що дозволяє точно враховувати потреби кожної окремої ділянки поля в поживних елементах. Це досягається завдяки використанню сучасних технологій, таких як GPS-навігація, дистанційне зондування землі та супутникові знімки, які допомагають створити детальну карту ґрунтів, враховуючи їх родючість, структуру та вологість [3].

Сучасні технології точного землеробства дозволяють здійснювати постійний моніторинг стану рослин і ґрунтів на всіх етапах розвитку кукурудзи. До таких технологій відносяться:

1. Системи GPS-навігації та автопілоти. Вони дозволяють точно вносити добрива та інші агрохімікати, а також обробляти ґрунт з максимальною точністю, що мінімізує втрати ресурсів.

2. Дистанційне зондування землі та супутникові знімки. З їх допомогою можна отримати точні дані про стан ґрунтів, рівень вологи, наявність поживних елементів, а також ідентифікувати проблемні ділянки на полях, де необхідно внести додаткові добрива.

3. Сенсори та монітори на обладнанні. Використання сенсорів, які вимірюють рівень поживних елементів у ґрунті або показники здоров'я рослин, дозволяє аграріям здійснювати коригування внесення добрив в режимі реального часу. Такі монітори можуть бути встановлені на сільськогосподарській техніці і давати точні дані про необхідність внесення добрив в конкретній точці поля.

4. Програмне забезпечення для аналізу даних. Використання спеціалізованих програм для аналізу зібраних даних дозволяє агрономам приймати обґрунтовані рішення щодо внесення добрив, орієнтуючись на точні показники стану поля та рослин.

Технології точного землеробства є ефективним інструментом для оптимізації живлення кукурудзи, що дозволяє досягти високих урожаїв, знизити

витрати на добрива та забезпечити сталий розвиток агровиробництва. Диференційоване внесення добрив, використання сучасних технологій контролю та моніторингу, а також економічна ефективність і екологічна безпека роблять точне землеробство одним з найбільш перспективних напрямків у сільському господарстві, що дозволяє поєднати високі прибутки з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище [4].

Правильний вибір системи удобрення є одним із найважливіших аспектів для досягнення високих врожаїв кукурудзи. Оскільки різні типи ґрунтів мають різну здатність утримувати поживні елементи, а також відрізняються за фізичними та хімічними властивостями, ефективність добрив значною мірою залежить від цих характеристик. Крім того, кліматичні умови, такі як температура, вологість, сезонні зміни та опади, також відіграють ключову роль у визначенні потреби в добривах та способах їх внесення.

Піщані ґрунти мають низьку здатність утримувати вологу та поживні речовини, що робить їх менш родючими. Вони швидко висихають і мають низьку кількість органічної речовини, що обмежує здатність цих ґрунтів утримувати азот, фосфор і калій.

Таблиця 1. Сучасні системи живлення та удобрення кукурудзи [5]

Етап розвитку рослини	Основні елементи живлення	Методи внесення добрив	Очікуваний ефект
Передпосівна підготовка ґрунту	Азот (N), фосфор (P), калій (K), мікроелементи (B, Zn)	Внесення органічних добрив (перегній, компост), основне удобрення мінеральними добривами	Покращення структури ґрунту, забезпечення початкового живлення рослин
Посівний період	Фосфор (P), калій (K), молібден (Mo), цинк (Zn)	Внесення стартових добрив у рядки при посіві, обробка насіння мікроелементами	Стимуляція проростання, розвиток кореневої системи
Фаза 3-5 листків	Азот (N), сірка (S), марганець (Mn)	Листкове підживлення мікродобривами, підживлення гранульованими азотними добривами	Посилення фотосинтезу, активний ріст надземної частини
Фаза 6-10 листків	Азот (N), калій (K), бор (B)	Підживлення азотними добривами (аміачна селітра, КАС), листкове підживлення бором	Посилення фотосинтезу, активний ріст надземної частини
Фаза викидання волоті	Калій (K), фосфор (P), цинк (Zn), бор (B)	Листкове підживлення мікроелементами, внесення фосфорно-калійних добрив	Покращення цвітіння та запилення, формування качанів
Післязбиральний період	Органічні речовини, калій (K), азот (N)	Внесення органічних добрив, сидератів	Відновлення родючості ґрунту, покращення структури

Сучасні системи живлення кукурудзи поєднують традиційні методи удобрення з використанням біостимуляторів, мікродобрих та технологій точного землеробства, що дозволяє підвищити врожайність і якість зерна, оптимізувати витрати добрив та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Використання добрив з повільним вивільненням. Це дозволяє забезпечити поступове надходження поживних елементів протягом тривалого періоду.

Органічні добрива (гній, компост) мають важливу роль в покращенні структури піщаних ґрунтів. Вони підвищують здатність ґрунту утримувати вологу та знижують втрати добрив.

Суглинні ґрунти мають середню здатність утримувати вологу та поживні елементи. Вони є найбільш підходящими для вирощування багатьох культур, у тому числі кукурудзи. Суглинні ґрунти володіють помірною родючістю, що робить їх ідеальними для використання різноманітних систем удобрення.

Збалансоване внесення мінеральних добрив. Суглинні ґрунти дозволяють застосовувати стандартні дози азотних, фосфорних та калійних добрив, оскільки ці ґрунти мають достатній запас води та органічних речовин [6].

Добрива з органічними добавками. Внесення органічних добрив у суглинні ґрунти сприяє покращенню їх структури та збільшенню родючості, що дозволяє підвищити врожайність на таких ґрунтах.

Чорноземні ґрунти мають високу родючість завдяки великій кількості органічних сполук і високому вмісту поживних елементів. Вони здатні утримувати значну кількість вологи, що робить їх ідеальними для вирощування таких культур, як кукурудза. Чорноземні ґрунти мають хорошу структуру та здатність до аерації, що забезпечує оптимальні умови для росту рослин.

Менше внесення азотних добрив. Чорноземні ґрунти часто містять достатньо азоту, тому на таких ґрунтах не потрібно вносити великі кількості азотних добрив.

Збільшення внесення калійних та фосфорних добрив. Чорноземні ґрунти можуть потребувати додаткового внесення калію та фосфору, особливо на високих етапах розвитку кукурудзи, коли ці елементи активно використовуються для утворення колоса і качанів.

Погодні умови та кліматичні характеристики мають важливе значення при виборі доз та типів добрив для кукурудзи. Кліматичні умови можуть впливати як на ефективність внесення добрив, так і на їх взаємодію з рослинами та ґрунтом.

У регіонах з теплим та вологим кліматом, де опади випадають регулярно, добрива можуть швидко вимиватися з ґрунту, особливо якщо їх внесення відбувається на поверхню. В таких умовах слід застосовувати добрива з повільним вивільненням, які забезпечать рослини живленням протягом більш тривалого періоду.

У посушливих регіонах, де опадів менше, вносяться добрива, які здатні більш ефективно утримувати вологу, або ж використовуються добрива, що сприяють збереженню вологи в ґрунті, такі як органічні добавки.

В таких умовах потрібно також зменшити кількість азотних добрив, щоб уникнути їх втрат через випаровування.

Якщо в ряді регіонів часті дощі, добрива можуть вимиватися з ґрунту, особливо на піщаних ґрунтах. Для таких умов необхідно використовувати добрива з контрольованим вивільненням, що дозволяє уникнути втрат поживних елементів. З іншого боку, в умовах крапельного зрошення або в регіонах з обмеженими водними ресурсами, найбільш ефективним буде внесення добрив через систему зрошення, що дозволить зменшити витрати води та добрив.

Різні етапи розвитку кукурудзи вимагають різних доз добрив. Так, на ранніх етапах розвитку, коли температура ґрунту ще низька, важливо забезпечити рослини фосфором, який стимулює розвиток кореневої системи. В періоди високих температур, коли рослини активно ростуть і вимагають великої кількості азоту для утворення листя, внесення азотних добрив буде необхідним.

Тип ґрунту та кліматичні умови мають вирішальний вплив на вибір системи удобрення для кукурудзи. Адаптація добрив до різних типів ґрунтів дозволяє максимально ефективно використовувати поживні елементи, знижуючи ризики втрат та перевитрати. Врахування погодних умов і кліматичних особливостей підвищує ефективність внесення добрив, допомагає зберегти родючість ґрунтів та зменшує негативний вплив на навколишнє середовище. Комплексний підхід до вибору добрив, орієнтуючись на специфіку ґрунтів та клімату, дозволяє забезпечити високу врожайність кукурудзи, зберігаючи ресурси та сприяючи сталому розвитку агропромисловості [7].

Кукурудза є однією з найбільш важливих сільськогосподарських культур, яка забезпечує значну частину світового продовольчого виробництва. Завдяки високим вимогам до живлення та особливостям розвитку, вона вимагає ретельного підходу до добрив, що забезпечує максимальну врожайність і якість. У той же час, зростаючий попит на продовольство, зміни клімату та необхідність збереження екологічної рівноваги змушують сільське господарство шукати нові шляхи розвитку систем живлення та удобрення кукурудзи. У цьому контексті інновації в агрохімії та біотехнологіях, роль органічних і біодобрив, а також взаємозв'язок між агрономічними, економічними та екологічними аспектами стають ключовими для сталого розвитку аграрного сектору.

Сучасні інновації в агрохімії та біотехнологіях відкривають нові можливості для покращення систем живлення кукурудзи. Зокрема, у цій сфері можна виділити кілька основних напрямів розвитку:

1. Модернізація добрив. Розвиток добрив з контрольованим вивільненням, які забезпечують рослинам постійний доступ до поживних елементів протягом усього вегетаційного періоду, є одним з найперспективніших напрямів. Такі добрива дозволяють зменшити їх втрати через вимивання або випаровування, що важливо в умовах зміни клімату та збереження навколишнього середовища.

2. Біостимулятори та мікробіологічні препарати. Вони допомагають активізувати природні процеси живлення рослин, підвищують їх стійкість до стресових умов і сприяють кращому засвоєнню поживних елементів. Біостимулятори, які стимулюють ріст кореневої системи або посилюють фотосинтетичну активність, можуть значно підвищити ефективність живлення кукурудзи, знижуючи потребу в хімічних добривах.

3. Генетичні та біотехнологічні інновації. Селекція сортів і гібридів кукурудзи, що краще пристосовані до певних ґрунтово-кліматичних умов та можуть ефективніше використовувати доступні поживні речовини, є важливим кроком у розвитку інновацій у системах живлення. Генетичні модифікації також дозволяють створювати культури, які більш стійкі до хвороб, шкідників і стресових умов, що зменшує потребу в хімічних обробках.

4. Нанотехнології в агрохімії. Використання наноматеріалів у виробництві добрив і пестицидів має потенціал значно підвищити ефективність внесення та утримання поживних елементів у ґрунті, а також знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, наночастки можуть доставляти поживні елементи безпосередньо до коренів рослин, що забезпечує більш ефективне їх засвоєння.

Сталий розвиток аграрного сектору вимагає поєднання агрономічних, економічних і екологічних аспектів у системах живлення та удобрення. Всі ці компоненти взаємопов'язані і взаємодіють, що підкреслює необхідність комплексного підходу:

1. Агрономічні аспекти. Рішення щодо внесення добрив мають базуватися на точному аналізі потреб рослин, типу ґрунту, кліматичних умов і стадії розвитку культури. Це дозволяє підвищити врожайність і якість продукції без зайвих витрат ресурсів.

2. Економічні аспекти. Використання сучасних систем живлення, таких як точне землеробство, дозволяє оптимізувати витрати на добрива і пестициди, що знижує загальні витрати на виробництво. Однак, ці системи потребують інвестицій в нові технології, тому фермери мають оцінювати економічну доцільність таких рішень у контексті своїх фінансових можливостей.

3. Екологічні аспекти. Сучасні системи удобрення повинні враховувати не лише економічну вигоду, але й екологічний вплив на довкілля. Використання органічних і біодобрив, а також технологій точного внесення добрив, допомагає знижувати забруднення водних ресурсів та ґрунтів, що є важливим для збереження екологічної рівноваги [5].

Перспективи розвитку систем живлення та удобрення кукурудзи залежать від інтеграції новітніх технологій у галузі агрохімії, біотехнологій та сталого сільського господарства. Інновації в цій сфері, такі як добрива з повільним вивільненням, біостимулятори, органічні та біодобрива, а також технології точного землеробства, дозволяють аграріям підвищувати врожайність, знижувати витрати і мінімізувати негативний вплив на довкілля. У поєднанні з економічною ефективністю і екологічною безпекою, ці технології можуть стати основою сталого розвитку аграрного сектору та забезпечити продовольчу безпеку в майбутньому.

Висновок. Таким чином, сучасні системи живлення та удобрення кукурудзи, орієнтуючись на інноваційні агрономічні технології та стале сільське господарство, сприяють підвищенню ефективності виробництва і збереженню навколишнього середовища. Впровадження нових підходів до удобрення, інтеграція органічних і мінеральних добрив, а також використання біодобрив і

біостимуляторів відкривають великі можливості для аграріїв. Перспективи подальших досліджень у галузі агрохімії, біотехнологій і точного землеробства забезпечать подальший розвиток сільськогосподарського виробництва, роблячи його більш ефективним, економічним і екологічно безпечним.

Список використаної літератури

1. Асанішвілі Н. М., Буслаєва Н. Г., Шляхтурова С. П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2020. Вип. 32. С. 9–19.
2. Василенко Р. Захист кукурудзи на зрошенні. Farmer (the Ukrainian). 2017. №3 (87). С. 42-44.
3. Влащук А., Прищепко М., Желтова А. Цариця полів. Чинники урожайності. Farmer (the Ukrainian). 2017. №3 (87). С. 12-13.
4. Гангур В. В., Єремко Л. С., Руденко В. В. Вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Таврійський науковий вісник. 2021. № 117. С. 37–43. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.117.6.
5. Калетнік Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В., Ємчик Т.В., Телекало Н.В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій. Монографія. Вінниця, 2021. 260 с.
6. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Монографія. Вінниця: Видавництво «Друк». 2020. 536 с.
7. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2022. 376 с.

Вадим МАНІЛКО²²,
студент 4-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ

***Анотація.** Вирощування зернобобових культур – це необхідний елемент сільського господарства від якого ми відвернулися, але зараз це необхідно як ніколи, тому в даній роботі детально описано та визначено умови за яких*

²²Науковий керівник – Шевченко Н. В., кандидат с.-г. наук, старший викладач кафедри рослинництва та садівництва.

відбувається обробка ґрунту, посів, обробка, догляд та збір отриманого врожаю. Описано біологічні особливості культури, особливості посіву та збору. Наведено приклади речовин та агротехнічних заходів боротьби. Визначено місце у сівозмінах та її ефект на них.

Ключові слова: Горох посівний, підвищення родючості, біологічні особливості, посів, догляд, збір, попередник.

Annotation. Growing legumes is a necessary element of agriculture from which we have turned our backs, but now it is more necessary than ever, therefore this work describes in detail and defines the conditions under which soil cultivation, sowing, processing, care and harvesting of the resulting crop occur. The biological features of the culture, the features of sowing and harvesting are described. Examples of substances and agrotechnical measures of control are given. The place in crop rotations and its effect on them are determined.

Keywords: Peas, increasing fertility, biological features, sowing, care, harvesting, predecessor.

Вступ. Горох посівний (*Pisum sativum*) – вид квіткових рослин з родини бобові. Трав'яниста рослина, що широко вирощується на полях як зернобобова рослина.

Найвідоміший і найбільш розповсюджений. Його насіннини кулькоподібні або трохи приплюснуті. Квітки майже завжди білі, хоча бувають і рожеві.

Серед зернових бобових культур, ця займає найбільші площі серед країн пострадянського простору, а саме приблизно до 5,0 млн, що становить близько 31% світової площі. Цінні продовольчі й кормові якості та висока середня врожайність пояснюють його значне поширення серед цих країн. Зерно цієї культури містить від 15 до 37 % білка, до 55 % вуглеводів, 1,60 % жиру, понад 3,0 % зольних речовин. Вміст білків повноцінних за амінокислотним складом і засвоюваних десь в півтора рази краще ніж білок пшениці є вагомими аргументами на користь гороху. В ньому міститься 4,5% лізину, 11,5% аргініну, 1,2 % триптофану (від сумарної кількості білка), тоді як у складі білка пшениці - тільки 2,2% лізину та 3,4% аргініну [1, 5].

Високий вміст вітамінів А, В1, В2, С, мінеральних речовин є причинами цінності гороху як дієтичного продукту харчування. Як важливий концентрований корм, виробляють борошно із зерна культури, що містить 1,16 кормових одиниць і 180–240 г перетравного протеїну. Сіно, соломку та зелену масу завдяки підвищеному вмісту в них білка (значно вищому ніж у злакових культур) згодують тваринам [5].

Виклад основного матеріалу. Перед початком посіву гороху потрібно розібратися з його біологічними особливостями, в Україні набули популярності лише кілька видів, з яких найпоширенішими є поліморфний (збірний) і культурний посівний. Горох звичайний посівний – ssp. *Sativum*, горох польовий (пелюшка) – ssp. *arvense* та інші є підвидами останнього. Маса 1000 насінин (M1000) в залежності від сорту чи гібриду коливається від 150 до 300 грам.

Горох – належить до культур світлолюбних і відноситься до рослин довгого дня.

До тепла горох не вибагливий. При прогріванні ґрунту до температури всього 1-2 градуси вище нуля може починатися проростання. Короткочасні заморозки в 6-7 °С нижче нуля не страшні для сходів. Температура +15 - +18°C є найсприятливішою для розвитку в період вегетації, проте в період наливу і дозрівання насіння для гороху потрібна дещо вища температура (близько +25°C).

Горох вибагливий до вологи починаючи з проростання: для бубнявіння насіння необхідно до 115% від загальної сухої маси насінини. Найвища врожайність спостерігається в районах де річна кількість опадів на рівні 450-600 мм і вологістю ґрунту 70-80%. Якщо рік посушливий, а особливо якщо опадів немає в період сходів і до кінця цвітіння та запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту становлять менше 25 мм починається опадання квіток, зменшення кількості бобів й маси 1000 насінин, що призводить до втрати значної кількості врожаю. Наявність великої кількості зайвої вологи також несе негативні наслідки, а саме: розвиток великої вегетативної маси, яка потребує багато поживних речовин. Велика вологість також робить рослини більш вразливими до ураження хворобами. [5, 6, 7]

Залежно від тривалості вегетації горох може дозрівати за 75-115 днів. Тому його часто вирощують як парозаймаючу культуру.

Горох є чудовим попередником з азотфіксуючими властивостями, який можна використовувати під наступну культуру та має ґрунтовідновлювальні властивості.

В умовах нинішньої нестабільної цінової політики ринку мінеральних добрив і засобів захисту рослин сівоzmіна гороху має беззаперечне сільськогосподарське значення [4].

Перед посівом гороху необхідно підготувати поле під попередню культуру, і в залежності від цього та наявності бур'янів на полі основний обробіток буде дещо відрізнятися. Після збирання зернових проводять лушення в два сліди дисковим лушильником ЛДГ-10 на забур'янених однорічними бур'янами полях на глибину 5-6 см. Якщо поле звільнено від коренеплодів, лушення проводять плужними лушильниками ПЛ-3-25А, ПЛП-10-25 і ПЛН-8-35 на глибину 10-12 см. При недостатньому зволоженні ґрунту використовують для обробітку ґрунту важкі дискові борони БДТ-3, БДТ-7. Оранку проводять через 15-20 днів, глибина оранки становить 25-27 см [6, 7].

Забезпечення елементами живлення є необхідним елементом для отримання високих показників урожайності, тож на ґрунтах з невисоким вмістом гумусу (менше 2,0%), попередників під які вносилися не високі дози добрив, а також якщо рівень доступного фосфору та калію є незадовільним рекомендується кинути фосфор та калій в дозі 40-60 кг д. р. під оранку. Калійні добрива бажано вносити з меншим вмістом хлору.

Азот з повітря починає поглинатися культурою в фазі 2-3 листків, тому застосування азотних добрив не є доцільним, хоча за умови виснаження

природних запасів азоту в ґрунті під час сівби (менше 30 мг/кг) все-таки варто застосувати невелику дозу добрив, десь 20-30 кг/га діючої речовини.

Для посилення симбіотичної азотфіксації необхідні молібден, цинк і бор за умови вмісту цих елементів, але вносити їх варто коли в 1 кг ґрунту менше 0,3 мг. Для цього використовується суперфосфат, який багатий цими елементами. Якщо суперфосфату немає, використовуйте мікроелементи при обробці насіння (100 г на 1 т насіння) або обприскуйте посіви в період вегетації (150-300 г/га). Важливим для симбіотичної азотфіксації є молібден. Вплив цього елемента можна порівняти із внесенням 30 кг/га діючої речовини азоту. Азотне забезпечення рослин поліпшують молібден і бор, а також внесення цинком сприяє засвоєнню магнію і калію. Сприяють підвищенню врожайності також мідь, кобальт та інші мікроелементи [3, 6, 8].

Нарешті після того як ми розібралися з агротехнікою, а також нормами, термінами та видами добрив, що необхідні для нормального проходження вегетації рослин гороху можна починати сівбу. Горох відноситься до однієї із культур ранніх строків посіву, таких як овес, яра пшениця та ячмінь. Фізична спілість ґрунту – це маркер того, що можна починати посів. Весняні приморозки до мінус 5–7°C сходи переносять добре. Десятиденне запізнення зі сівбою після оптимальних строків знижує урожайність на 5-8 ц/га.

Норму висіву встановлюють відповідно до біологічних особливостей сорту, а також ґрунтово-кліматичної зони, в якій він вирощується. На один гектар припадає від 0,8 до 1,4 мільйонів схожих насінин. У посушливих районах висівають насіння менше, у зоні достатнього зволоження більше. Рекомендовані норми висіву насіння: Український степ - 0,9-1,0, Лісостеп - 1,0-1,2, Полісся - 1,1-1,4 млн/га. Якщо для знищення бур'янів використовуються гербіциди, норму висіву можна зменшити та збільшити на 10–15% під час згрібання землі до та після появи сходів. Виходячи з розміру насіння в кілограмах на гектар. Орієнтовні норми висіву насіння для дрібних культур (M1000<250 г) – 2,0–2,6 т/га, для крупних (M1000>250 г) — 2,6–3,0 т/га.

Глибина загортання насіння буде варіюватися в залежності від кліматичних умов та типу ґрунту, але у більшості випадків оптимальна глибина загортання насіння становить 6-8 см. На сильно зволоженому ґрунті насіння закладають на 4-5 см. Глибина загортання збільшується до 8-10 см, якщо поверхневий шар ґрунту швидко висихає або є легким за гранулометричним складом. Також глибина загортання може зменшуватися до 3-4 см, якщо кількість запасів вологи дозволяє чи при високій культурі вирощування [2, 4, 5].

На базі Ізмаїльської дослідної станції (працює у вологодефіцитній зоні південно-західного Степу) закладено в двох 8-пільних сівозмінах, в яких польові культури були розміщені наступним чином: сівозміна № 1 - чорний пар - озима пшениця - зернова кукурудза - кукурудза на силос - озима пшениця 1/2 - горох - озима пшениця - соняшник; сівозміна № 2 – соняшник а - пшениця озима - кукурудза зернова - кукурудза на силос - ячмінь озимий - вівсяна суміш горох - озима пшениця - соняшник.

Горох розміщений після озимої пшениці і соняшнику на фоні 6 варіантів системи удобрення ґрунту в сівоzmіні: 1 – без добрив (контроль); 2 – без добрив з заорюванням пожнивних залишків; 3 – внесення гною 40 т/га двічі за ротацію сівоzmіни; 4 – внесення гною 40 т/га один раз за ротацію + $N_{30}P_{30}K_{30}$ під всі культури сівоzmіни щорічно; 5 – щорічне внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ під всі культури сівоzmіни; 6 – щорічне внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ під всі культури сівоzmіни із заорюванням пожнивних залишків. Обробіток ґрунту в сівоzmінах був двох систем: на базі полицевої оранки і безполицевого (плоскорізного) обробітку.

Середньорічна кількість опадів 436,7 мм з великими відхиленнями по роках.

Як свідчать дані отримані в ході дослідів, урожайність гороху після сівби попередника озимої пшениці була вищою, ніж після сівби соняшнику, причому середня врожайність на всіх варіантах дослідів вища на 20%. У роки зі сприятливими погодно-кліматичними умовами врожайність гороху після посіву озимих становить 10-15 %. У несприятливому випадку він на 30-40% вищий, що пояснюється появою кращих умов вологозабезпеченості після більш сприятливого попередника, а також позитивну дію на врожайність справляли поля відведені під чорний пар, включений у першу сівоzmіну, на всі наступні культури.

У системах удобрення майже однакову ефективність показали органо-мінеральна (варіант 4) та органічна (варіант 3) системи удобрення, хоча в окремі роки, в умовах недостатнього зволоження, спостерігалася незначна перевага органічної системи над іншими варіантами удобрення.

Ефективність органічних і мінеральних систем удобрення була майже на однаковому рівні (різниця була в межах похибки експерименту). Слід також звернути увагу на позитивний ефект зароблення рослинних решток у ґрунт (варіант 2), що підвищило урожайність зерна гороху на 0,11-0,17 ц/га.

Основні методи агротехніки істотно не впливають на рівень врожайності гороху (різниця в межах 3-5%).

Найбільшу врожайність озимої пшениці було отримано після чорного пару – 2,95-3,88 ц/га. Така залежність виявлена в усі роки дослідів (I та II сівоzmіни). Другим за цінністю попередником після чорного пару є горох: урожайність пшениці на 13,9-29,1 % нижча, ніж після чорного пару. Найнесприятливішим попередником виявився пар, зайнятий вівсяно-гороховою сумішшю. Це пов'язано з тим, що суміш вівса з горохом, як парозаймаюча культура степових районів України, споживає багато доступної вологи в ґрунті, особливо в роки, коли зелену масу збирають пізно. Тому втрачається цінність цієї культури як попередника озимої пшениці, оскільки відновлення запасів доступної вологи у ґрунті не відбувається повною мірою, і під час сівби її недостатньо для отримання дружних сходів пшениці [3, 7, 8].

Тож після посіву при посушливих веснах і при пізніх термінах сівби першим заходом є ущільнення ґрунту гладким катком. Це допомагає насінню краще контактувати з землею, притягуючи воду до шару ґрунту в якому лежить насіння та підвищуючи схожість гороху та бур'янів. Боронувати землю доцільно

посівними боронами під час коткування. Створюються неглибокий мулбчуючий шар, який запобігає випаровуванню води та утворенню кірки.

Боронування – наступна агротехнічна операція для догляду за посівами. Найпростішим, ефективним і економічно доцільним є боронування, за допомогою якого можна знищити від 60 до 80 % однорічних бур'янів. Через 4-7 днів після посіву, але не пізніше ніж за 3 дні до появи сходів проводять досходове боронування.

Не боронуйте, коли з'являються сходи. Не можна боронувати у момент появи сходів. Якщо післясходове боронування планується проводиться двічі, то перше, то перше проводиться у фазі 2-3 листків і висоті рослини 4-5 см, а друге - у фазі 3-5 листків і висоті рослин 7-10 см. Щоб запобігти обламуванню посівів, його проводять в суху погоду не раніше 11-12 години вдень, в цей час посіви втрачають тургор, менше пошкоджуються, а знищені бур'яни швидше висихають [7, 8].

Найбільш небезпечними шкідниками гороху є горохова попелиця і гороховий довгоносик. Від довгоносиків обробляти краю посівів на сходях. Найкращий період для боротьби з попелицею – поява великої кількості бутонів, з зернистою – поява поодиноких квіток на культурі, на початку цвітіння (Актара, Данадим, Карате, Фастак та ін.), при необхідності комплексності боротьби зі шкідниками та хворобами, обприскування посіву консервованою сумішшю інсектицидів і фунгіцидів, повною дозою кожного препарату.

Ну і звісно ж в агрофітоценозах присутні як бур'яни так і хвороби. При боротьбі з бур'янами на посівах гороху поєднанням агротехнічних і хімічних методів можна досягти максимальних результатів.

На посівах гороху найбільш поширені: малорічні – лобода біла, щириця звичайна, гірчиця польова, редька дика, вівсюг звичайний, мишій сизий, мишій зелений, плоскуха звичайна; багаторічні - осот рожевий польовий, осот жовтий польовий, берізка польова, свинорій пальчастий та інші. Для знищення однорічних злакових і деяких дводольних бур'янів рекомендується обприскати ґрунт гербіцидом на базі похідних хлорацетанілідів метолахлору та диметенаміду або динітроаніліну пендиметаліну до або після сівби та до появи сходів гороху [4, 6, 8].

Після завершення періоду вегетації та настання відповідної фази стиглості культури для тих чи інших цілей можна починати збір урожаю. Цей етап вважається початим, коли стручки максимально повні, а в діаметрі насіння має розмір приблизно 6-7 мм. За часом для більшої частини України це переважно друга декада червня. Оскільки горох дозріває нерівномірно, найкращим маркером для збору гороху є дозрівання 50-80% від загальної маси бобів. Цей показник може різнитися і становити 60-75% у спекотні дні та 50-60% у хмарні дні [5].

Найкраще збирати горох вранці або ввечері, коли температура нижча, щоб уникнути стресу для рослин і забезпечити кращу якість продукції за рахунок зменшення осипання.

Збір можна проводити двома способами: прямим (рівномірне дозрівання) і непрямим (зрізання в валки, сушіння і обмолот жаткою).

Методи прямого збирання передбачають використання зернових комбайнів (наприклад, John Deere, Claas, New Holland) з гнучкими жатками або спеціальними пристроями для зменшення втрат (підбирач, система реплікації).

Швидкість обертів барабана комбайна обмежуються значенням в 500–600 об/хв, щоб звести до мінімуму поломку зерна. Для підйому опалих рослин використовують комбайни зі стебlopідйомниками.

До переваг цього способу відноситься швидкий монтаж без додаткових робіт. Зменшити витрати на додаткову сушку. Єдиним недоліком цього способу можуть бути високі втрати через нерівномірне дозрівання культури або посіву.

Збирання врожаю роздільним способом передбачає наступні прийоми: Зрізання на ділянках (за 3-5 днів до досягнення повної стиглості) - за допомогою комбайна або косарки. Десикація (при необхідності) - хімічне сушіння рослин (препарати на основі диквату або гліфосату). Обмолот після підсихання – підбирачем комбайна.

Перевагами можуть стати зменшення втрат зерна та те що цей спосіб краще підходить для полеглих посівів. Недоліками в свою чергу стають: потреба в додаткових затратах часу та техніки, вища ймовірність втрат через вітри або опади.

Можливий також третій спосіб збирання - ручне збирання (на зелений горошок) для збирання зеленого горошку в технічно стиглому стані. Вирощують на невеликих площах або продають у свіжому вигляді [8, 9].

Висновок. Горох посівний (*Pisum sativum*) – збагачує ґрунт азотом і є хорошим попередником озимих культур, ярої пшениці, вівса, ячменю, проса, картоплі, цукрових буряків та інших культур. Вирощування гороху і інших зернобобових культур є важливим як зі сторони економічної, що в даний момент є ключовою так із сторони збереження наявних фізико-хімічних властивостей ґрунту.

Якщо вчасно зібрати горох до посіву озимих залишається ще близько місяця. За правильного планування посіву та збору вирощування цієї зернобобової культури як проміжної можна більш ефективно використовувати ріллю і на одній площі мати 2-3 врожаї на рік. Дану зернобобову культуру можна розміщувати в різних місцях сівозміни серед зернових культур. Дотримання сівозміни в поєднанні з ним сприяє підвищенню родючості ґрунту, урожайності культур, збору вуглеводів і білка. Крім того, при вирощуванні гороху аграрії мають можливість заощадити виробничий капітал, оскільки квасоля споживає менше азотних добрив, ніж інші культури.

Таким чином, горох у сівозмінах має важливе значення як кормова та продовольча культура, а з іншого - як добрий попередник. Його залучення в сівозміну однозначно підвищить її продуктивність.

Список використаної літератури

1. Зінченко О. І., Алексєєва О. С., Приходько П. М. та ін. Біологічне рослинництво : навч. посіб. / за ред. О. І. Зінченка. К. Вища школа 1996. 228 с.
2. Мазур В.А., Шевченко Н.В., Яковець Л.А. Агробіологічні особливості вирощування гібридів кукурудзи для виробництва біоетанолу в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2023. 288 с.
3. Особливості вирощування гороху і озимої пшениці в сівозмінах Степу. <https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-vyroshhuvannya-gorohu-i-ozymoi-pshenytsi-v-sivozminah-stepu/> (дата звернення: 11.03.2025).
4. Опис та характеристика рослини горох посівний. <https://agrarii-razom.com.ua/plants/goroh-posivniy> (дата звернення: 11.03.2025).
5. Біологічні особливості гороху. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/637-biolohichni-osoblyvosti-horokhu.html> (дата звернення: 11.03.2025).
6. Технологія вирощування гороху. Від вибору сорту до збирання. <https://superagronom.com/articles/364-tehnologiya-viroschuvannya-gorohu-vid-viboru-sortu-do-zbirannya> (дата звернення: 11.03.2025).
7. Технологія вирощування посівного гороху. <https://grain.in.ua/tehnologiya-viroschuvannya-posivnogo-goroxu.html> (дата звернення: 11.03.2025).
8. Технологія вирощування гороху на зерно в Україні на 2025. <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyiraschivaniya-goroha> (дата звернення: 11.03.2025).
9. Коли та чим збирають горох. Способи та пристрої. <https://sunfloromash.com.ua/news/zbiranna-gorohu-termini-tehnologia-ta-pristroi> (дата звернення: 11.03.2025).

Олександр МАЛЯРЕНКО²³,
студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ВУЗЬКОЗЛАТКА ЯСЕНЕВА СМАРАГДОВА: ПОШИРЕННЯ ТА ШКОДОЧІНІСТЬ

***Анотація.** Вузькозлатка ясенєва смарагдова (*Agrilus planipennis*) є карантинним шкідником, який завдає значної шкоди лісовим насадженням, зокрема ясеням. Поширення цього виду на території України, зокрема Києві, в Харківській та Луганській областях, є актуальною проблемою, оскільки шкідник продовжує поступово розширювати ареал і загрожує місцевим екосистемам. Личинки вузькозлатки пошкоджують кору і деревину ясеня, що призводить до*

²³ Науковий керівник – Вергелес П.М., доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

значного ослаблення та, в окремих випадках, загибелі дерев. Поширення шкідника в Україні відбувається через транспортні засоби, матеріали та насадження. Найбільше шкоди зазнають старі й ослаблені дерева, що є природними носіями паразита. Для контролю чисельності шкідника необхідне впровадження комплексних заходів, таких як моніторинг, карантинні заходи, а також застосування біологічних та хімічних методів боротьби.

Ключові слова: вузькозлатка ясенева смарагдова; карантинний шкідник; поширення; шкодочинність; ясен; лісові насадження; контроль.

Annotation. The emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) is a quarantine pest that causes significant damage to forest stands, in particular ash trees. The spread of this species in Ukraine, in particular in Kyiv, Kharkiv and Luhansk regions, is a pressing problem, as the pest continues to gradually expand its range and threatens local ecosystems. The larvae of the emerald ash borer damage the bark and wood of ash trees, which leads to significant weakening and, in some cases, death of trees. The spread of the pest in Ukraine occurs through vehicles, materials and plantings. The most damage is caused to old and weakened trees, which are natural carriers of the parasite. To control the number of the pest, it is necessary to implement comprehensive measures, such as monitoring, quarantine measures, as well as the use of biological and chemical methods of control.

Keywords: emerald ash borer; quarantine pest; spread; harmfulness; ash; forest plantations; control.

Вступ. Вузькозлатка ясенева смарагдова (*Agrilus planipennis* Fairmaire), є одним із найнебезпечніших карантинних шкідників, що спричиняє серйозні економічні і екологічні проблеми для лісових насаджень в Україні. Поширення цього виду є серйозною загрозою для ясеневих насаджень, особливо на територіях, де цей вид ще не здобув значного поширення. Шкідник активно поширюється через транспортні шляхи, саджанці та інші лісовий матеріали. Вузькозлатка ясенева смарагдова активно руйнує структуру дерев, поїдаючи тканини кори та деревини, що призводить до ослаблення та загибелі дерев.

Київ, а також Харківська та Луганська області України, на тій території, що не перебуває під тимчасовою окупацією, зазнають безпосередньої загрози через цей вид шкідника. Пошкодження деревини ясеня, унаслідок зараження вузькозлаткою, веде до зниження стійкості лісів до інших шкідників і хвороб, що ставить під загрозу лісове господарство і природне середовище. Оскільки дерева ясеня є важливою частиною екосистем, їх втрата або зменшення чисельності призводить до порушення біорізноманіття. Зважаючи на важливість вчасної і ефективної боротьби з цим шкідником, необхідно розробити і впровадити комплексні заходи з моніторингу, контролю та карантинних заходів для обмеження поширення вузькозлатки ясенєвої смарагдової на зазначених територіях.

Метою статті є дослідження поширення та шкодочинності нового карантинного шкідника – вузькозлатки ясеневіої смарагдової (*Agrilus planipennis* Fairmaire) – в Україні, а саме в Києві та Харківській і Луганській областях.

Виклад основного матеріалу. Вузькозлатка ясенева смарагдова – це комаха родини Бронзівкових, що є одним із найбільш небезпечних карантинних шкідників лісових насаджень. Дорослі особини вузькозлатки мають довжину 8–14 мм і відрізняються яскравим смарагдовим кольором. Їхні тіла мають витягнуту, лускату форму, що дозволяє їм добре маскуватися серед кори дерев. Личинки шкідника – безкрилі, плоскі червоподібні комахи, довжиною до 30 мм, які проводять більшу частину свого життя під корою дерев. Дорослі особини активно живляться листям, але найбільшу шкоду деревам завдають саме личинки, які проникають у кору, утворюючи в ній ходи. Ці ходи блокують потік води та поживних речовин, що веде до поступового ослаблення та загибелі дерева.

Поширення вузькозлатки ясеневіої смарагдової відбувається в основному за допомогою людини. Шкідник може поширюватися через транспортні засоби, лісовий матеріал, деревину, дерев'яні пакувальні матеріали та саджанці, що містять личинок або дорослих особин. Особливо активно шкідник розповсюджується в умовах комерційного лісового господарства, де немає суворих карантинних заходів [1].

В Україні вузькозлатка ясенева була вперше зафіксована в 2015 році, і її ареал поступово розширюється, що становить серйозну загрозу для лісових екосистем. Вона вже поширена в Києві, а також Харківській та Луганській областях, що не перебувають під окупацією. Механізм пошкодження дерев зводиться до того, що личинки вузькозлатки проникають під кору ясеня і прокладають у ній численні ходи. Ці ходи порушують циркуляцію води та поживних речовин, що призводить до повільного відмирання частин дерева, а іноді й до загибелі всієї рослини. Найбільше постраждають старі, ослаблені та хворі дерева, проте навіть здорові дерева ясеня можуть бути значно пошкоджені.

Вузькозлатка ясенева викликає численні дефекти в деревині, що знижує її комерційну цінність, а також змінює структуру та функціонування лісових екосистем. Зниження чисельності ясеня в лісах може призвести до втрати біорізноманіття, оскільки цей вид дерева є важливим компонентом екосистеми. Ясени мають значну роль у стабільності ґрунтів, а також є джерелом харчування для багатьох видів комах і птахів. Шкода від вузькозлатки ясеневіої смарагдової має не лише економічний, але й екологічний характер. Руйнування лісових масивів веде до зниження здатності екосистем поглинати вуглекислий газ, що може сприяти змінам клімату. Крім того, втрати в лісовому господарстві і

скорочення популяцій природних видів рослин і тварин порушують баланс екосистем.



Рис.1. Вузькозлатка ясенева смарагдова [2]

Загалом, вузькозлатка ясенева смарагдова є однією з найбільших загроз для лісового господарства України. Виявлення її на нових територіях вимагає посилення заходів з моніторингу, карантину та впровадження нових методів боротьби з шкідником. Важливо своєчасно реагувати на загрози, щоб зберегти не тільки ясені, а й загальний стан лісових екосистем, що мають важливе значення для стабільності природи в цілому.

Вузькозлатка ясенева смарагдова є одним із найнебезпечніших карантинних шкідників, що завдає серйозної шкоди лісовим насадженням ясеня. Офіційно цей шкідник був виявлений в Україні в 2015 році, хоча перед тим вузькозлатка вже завдала шкоди в інших країнах світу. Спочатку вона була зафіксована в Північній Америці, зокрема в США, де вона почала активно поширюватися у кінці XX століття. Пізніше вона проникла до Європи, зокрема до Польщі, і згодом через країни Східної Європи потрапила до України.

Проникнення вузькозлатки ясенєвої до України стало результатом глобалізації та активізації міжнародної торгівлі. Через транспортування деревини та саджанців з інших країн шкідник отримав можливість проникнути на територію країни. Перші випадки зараження в Україні були зафіксовані в Західних та Центральних областях, і з часом шкідник поширився в інші регіони.

Поширення вузькозлатки ясенєвої смарагдової в Україні з кожним роком набуває все більшої актуальності. Шкідник активно поширюється в лісових масивах, де домінує ясен, та в регіонах, де розвиваються промислові насадження цього дерева. На сьогодні шкідник зафіксований в Києві, а також в Харківській та Луганській областях, що знаходяться на неокупованій території.

Київ. Поширення вузькозлатки ясенєвої в Києві відбулося досить швидко після перших випадків зараження. Поруч з великими лісовими масивами, де росте ясен, шкідник проник і в міські зелені зони, де також було зафіксовано його активність. Київ є важливим транспортним вузлом, що могло сприяти швидкому поширенню шкідника.

Харківська область. В Харківській області, де є значні лісові ресурси, шкідник також почав з'являтися у останні роки. Особливо поширений він у лісових масивах навколо великих міст та у межах сільськогосподарських угідь, де часто транспортуються матеріали, що можуть бути носіями шкідника.

Луганська область. Хоча значна частина Луганської області знаходиться частково під окупацією, проте відомо, що на неокупованій території зафіксовані випадки поширення вузькозлатки ясеневої. Лісові масиви в цьому регіоні, де переважають ясеневі насадження, зазнали серйозного впливу цього шкідника.

Основними причинами поширення вузькозлатки ясеневої смарагдової в Україні є кілька факторів:

1. Міжнародна торгівля та транспортування лісових матеріалів. Шкідник поширюється через транспортування деревини та саджанців з заражених територій. Поширення через експорт та імпорт є основним каналом для проникнення вузькозлатки на нові території.

2. Наявність відповідних умов для розвитку. В Україні існують великі площі лісових масивів, де домінує ясен, що є основним господарем для вузькозлатки. Ясен є чутливим до цього шкідника, і саме в лісах, де переважає цей вид дерева, вузькозлатка знайде оптимальні умови для розмноження та розвитку.

3. Кліматичні умови. Клімат України є досить сприятливим для розвитку вузькозлатки. Високі температури влітку, помірна зима та вологість забезпечують нормальні умови для життєвого циклу шкідника. Поступове потепління в Україні також сприяє розширенню ареалу шкідника на північ.

4. Проблеми карантину та контролю. Недостатньо ефективні карантинні заходи та контроль за рухом лісових матеріалів призводять до того, що вузькозлатка може безперешкодно проникати на нові території. Зокрема, недостатня увага до перевірки транспортних засобів, що переправляють дерево, призводить до непомітного поширення шкідника.

5. Лісове господарство. Технології лісового господарства, зокрема транспортування лісоматеріалів без дотримання карантинних заходів, можуть призводити до випадкової інфекції нових лісових масивів. Присутність заражених дерев у лісах та їх переміщення по країні без належної обробки також сприяє швидкому розповсюдженню шкідника [3].

Поширення вузькозлатки ясеневої смарагдової в Україні є серйозною загрозою для лісових насаджень, особливо в Києві, Харківській області та Луганській області. Аналіз причин поширення показує, що для боротьби з цим шкідником необхідно посилити карантинні заходи, впровадити більш суворий контроль за транспортуванням лісових матеріалів і проводити профілактичні заходи для запобігання подальшому поширенню. Збереження лісових екосистем України потребує комплексного підходу до боротьби з карантинними шкідниками.

Вузькозлатка ясенева смарагдова є одним із найбільш руйнівних шкідників для ясеневих насаджень, що має значний вплив на лісові масиви в Україні. Ясен є основним господарем для цього шкідника, і його пошкодження, спричинене личинками вузькозлатки, має серйозні наслідки для стану дерев і, в цілому, для лісових екосистем. Шкідник нападає на ясен, відкладаючи яйця на корі дерев. Личинки після вилуплення проробляють тунелі під корою, харчуючись судинами дерева. Цей процес ослаблює рослину, порушує її живлення, знижує

стійкість до хвороб і інших шкідників, а також зменшує фотосинтетичну здатність дерев. У результаті дерева втрачають свою життєздатність, стають більш сприйнятливими до погодних умов і гинуть через кілька років після зараження.

Важливо зазначити, що вузькозлатка ясенева може поширюватися не лише на лісові масиви, а й на парки та зелені зони міст, де росте ясен. Це створює загрозу для не тільки лісових, але й міських екосистем. Шкодочинність вузькозлатки ясеневі має серйозні наслідки для лісового господарства. Зниження чисельності ясеня внаслідок масового поширення шкідника призводить до порушення структурної рівноваги в лісах, особливо в тих регіонах, де ясен є домінуючим видом дерева. Це має кілька негативних ефектів:

- Зменшення деревного ресурсу. Ясен є цінним деревом в лісовому господарстві, що використовується для виготовлення меблів, дерев'яних конструкцій, а також в інших галузях деревообробної промисловості. Знищення значних частин популяції ясеня призводить до економічних збитків у лісовому господарстві.

- Зниження біорізноманіття. Ясен є важливим елементом екосистем, який підтримує різноманіття флори та фауни. Пошкодження і знищення великих площ ясеня може призвести до зменшення чисельності видів, які залежать від цього дерева (наприклад, певні види комах, птахів та інших тварин, що використовують ясен для харчування, гніздування або укриття). Це може спричинити порушення харчових ланцюгів та екологічної рівноваги.

- Порушення лісових екосистем. Наявність значних площ пошкоджених та загиблих дерев ясеня створює умови для розвитку інших шкідників і хвороб. Пошкоджені дерева стають вразливими до грибкових інфекцій, таких як фітопатогенні грибки, що можуть впливати на інші види дерев у цьому ж лісовому масиві.

- Погіршення ландшафтної естетики. В умовах зменшення кількості здорових дерев та зростання мертвої деревини в лісах, візуальний вигляд ландшафтів, особливо в міських парках та лісопаркових зонах, значно погіршується. Це може мати негативний вплив на туризм та відпочинок на природі [4].

Вузькозлатка ясенева смарагдова завдає значної шкоди як безпосередньо ясеневим деревам, так і загрожує збереженню біорізноманіття в екосистемах. Основні пошкодження включають:

1. Механічне пошкодження кори і деревини: Личинки вузькозлатки проробляють тунелі в корі і деревині, що призводить до порушення судинної системи дерева, що не може транспортувати воду та поживні речовини. Це ослаблює дерево і сприяє його загибелі.

2. Зниження фотосинтетичної активності. Шкідник порушує структуру листя та кори, що зменшує здатність дерева до фотосинтезу. В результаті рослина втрачає життєвий ресурс для нормального розвитку.

3. Вплив на інші види дерев. Через зміни в екосистемі, які викликає знищення ясеня, інші види дерев і рослин можуть страждати від недостатньої кількості живильних речовин або внаслідок підвищення конкуренції за світло.

4. Втрата кормових ресурсів. Ясень є важливим джерелом їжі для багатьох видів тварин (наприклад, для білок, птахів, комах), а його знищення може вплинути на чисельність цих видів.

Пошкодження, спричинені вузькозлаткою ясеневу смарагдовою, мають комплексний негативний вплив на лісові екосистеми України в Києві та Харківській і Луганській областях. Крім економічних втрат у лісовому господарстві, шкідник загрожує збереженню біорізноманіття, змінюючи структуру екосистем та порушуючи природні процеси. Тому необхідно вжити термінових заходів для контролю поширення вузькозлатки, включаючи моніторинг, заходи боротьби з шкідниками та попередження подальшого поширення. Вузькозлатка ясенєва смарагдова є одним із найбільш руйнівних шкідників для ясеневих насаджень, і боротьба з нею вимагає застосування комплексних заходів. Оскільки цей шкідник має високу здатність до швидкого поширення та серйозно шкодить лісовим екосистемам, необхідно застосовувати різноманітні методи контролю, включаючи профілактичні, карантинні, біологічні та хімічні заходи. Роль моніторингу та своєчасної діагностики є ключовою для ефективної боротьби з цією небезпечною загрозою [7].

Профілактика є першим і найважливішим етапом у боротьбі з вузькозлаткою ясеневу. Вона включає ряд превентивних заходів, спрямованих на попередження проникнення шкідника на нові території та мінімізацію ризику його розповсюдження:

1. Вибір здорового посадкового матеріалу. Важливо для лісового господарства та садівничих підприємств використовувати тільки здорові саджанці та дерева, які не заражені шкідниками. Посадковий матеріал слід перевіряти на наявність інфекцій перед висадкою.

2. Лісова санітарія. Регулярне проведення санітарних рубок, усунення мертвих та заражених дерев є важливим для запобігання поширенню шкідника. Оскільки шкідник активно нападає на ослаблені та старі дерева, своєчасне видалення таких рослин може допомогти значно знизити ризик поширення вузькозлатки.

3. Утилізація заражених дерев. Дерев, заражені вузькозлаткою, повинні бути знищені (наприклад, спалені або оброблені спеціальними препаратами) для того, щоб попередити подальше розповсюдження личинок та дорослих особин шкідника.

Оскільки вузькозлатка ясенєва є карантинним шкідником, запровадження карантинних заходів є необхідним для обмеження її поширення на нові території. До таких заходів належать:

1. Обмеження на переміщення рослин та деревини. На державному рівні мають бути впроваджені жорсткі правила щодо переміщення заражених рослин та деревини. У разі виявлення шкідника в певному регіоні, забороняється транспортування рослинних матеріалів з цієї зони в інші області.

2. Моніторинг та контроль на кордонах зон поширення. Для запобігання проникненню вузькозлатки в нові території, проводиться ретельний моніторинг та контроль лісових масивів, парків, а також здійснюються карантинні перевірки в зонах, що знаходяться в безпосередній близькості до зони зараження.

3. Інформування та освіта. Важливо проводити кампанії з підвищення обізнаності серед населення та лісівників про небезпеку вузькозлатки та важливість дотримання карантинних норм.

Таблиця 1. Карантинний стан від вузькозлатки ясеневої смарагдової * [5]

Київ	NA	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	851,7674
Луганська	4	NA	10	NA	NA	NA	848,9	156,14	1005,04
Харківська	1	NA	1	NA	1	NA	179,5	NA	179,5
Всього:	5	1	11	NA	1	NA	1028,400	156,14	2036,3074

*не стосується територій, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окупованих російською федерацією станом на 01.01.2025 року.

Моніторинг та своєчасна діагностика є важливими складовими частинами боротьби з вузькозлаткою ясеневою смарагдовою. Ось кілька ключових аспектів:

1. Регулярний моніторинг: Лісівники, екологи та спеціалісти повинні регулярно оглядати лісові насадження та інші потенційно уражені території для своєчасного виявлення шкідника. Це дозволяє вчасно виявити перші ознаки його наявності та вжити відповідних заходів.

2. Діагностика пошкоджень. Визначення характеру пошкоджень, що виникають у результаті діяльності вузькозлатки, дає змогу оцінити рівень інфекції та прийняти рішення щодо необхідних заходів боротьби.

3. Технології моніторингу. Використання новітніх технологій, таких як дрони для повітряного спостереження, а також біоакустичні методи для виявлення шкідника, значно підвищує ефективність моніторингу та контролю за його поширенням.

Боротьба з вузькозлаткою ясеневою смарагдовою є складним процесом, який вимагає комплексного підходу. Профілактичні заходи, карантинні правила, біологічні та хімічні методи боротьби повинні працювати в поєднанні для зменшення поширення шкідника та збереження лісових екосистем. Важливу роль у боротьбі відіграє своєчасний моніторинг та діагностика, що дозволяє негайно реагувати на загрозу. Вузькозлатка ясенєва смарагдова продовжує поширюватися по території України, зокрема в Києві, а також Харківській та Луганській областях, зважаючи на кліматичні умови та стан екосистем. Розширення ареалу шкідника може стати серйозною загрозою для лісових насаджень в інших частинах країни.

Враховуючи підвищення температури та зміни кліматичних умов в Україні, потенційно сприятливими для вузькозлатки стають значні території, зокрема на південь та південний захід країни. Теплі зими та помірно жарке літо сприяють виживанню шкідника та його активному розмноженню.

Враховуючи здатність шкідника активно поширюватися через переміщення заражених дерев та посадкового матеріалу, є ймовірність його

поширення на території Дніпропетровської, Одеської, Черкаської та інших областей. Крім того, вузькозлатка може проникнути в карпатські регіони, де вже є певний рівень загрози через вразливість місцевих лісових екосистем.

Чим більше деревини та дерев, заражених шкідником, потрапляє в обіг, тим вищий ризик його подальшого поширення. Враховуючи зростання транспортних потоків лісоматеріалів між регіонами, зона розповсюдження вузькозлатки може значно збільшитися в найближчі роки. На тих територіях, де вже спостерігаються зараження ясеневих насаджень, зокрема в Києві та в Харківській і Луганській областях, вузькозлатка вже викликає серйозні проблеми в лісовому господарстві. Подальше поширення шкідника може призвести до масових загибелів дерев, зниження товарної цінності лісу та збитків у масштабах економіки.

Вузькозлатка має потужний вплив на біорізноманіття, оскільки руйнує важливі елементи екосистеми, що базуються на ясені. Загибель великої кількості дерев може призвести до зміни структури лісових угруповань, зменшення чисельності видів тварин, які залежать від цих дерев для живлення та місць для гніздування, а також порушення водного та повітряного обміну в екосистемах. Крім внутрішнього поширення, існує також загроза перенесення шкідника за межі України в сусідні країни, що може мати значні економічні та екологічні наслідки для лісового господарства на міжнародному рівні. Важливо проводити тренінги та інструктажі для лісівників і місцевих органів, щоб вони могли вчасно виявляти шкідника, застосовувати необхідні методи боротьби і вживати профілактичних заходів. Для ефективної боротьби з вузькозлаткою необхідна співпраця між державними установами, лісовими господарствами та науковими організаціями. Координація між регіонами і обмін інформацією допоможуть своєчасно виявляти нові осередки інфекції і запобігати подальшому поширенню.

Встановлення жорстких контролів на переміщення лісоматеріалів, особливо ясеневі деревини може значно знизити ризик поширення шкідника на нові території. Всі заражені матеріали повинні бути негайно оброблені або знищені. Необхідно проводити обробку дерев спеціалізованими інсектицидами, які здатні знищувати шкідника на стадії личинок, личинкових ходах або в період активного живлення. Варто використовувати природних ворогів вузькозлатки, таких як хижі види жуків або паразитичні оси. Регулярне очищення лісів від пошкоджених та ослаблених дерев, які є ідеальним середовищем для розвитку шкідника [6].

Важливо на всіх етапах боротьби з вузькозлаткою сприяти відновленню здорових лісів і запобігати їх монокультурному розвитку. Системи лісового господарства повинні сприяти створенню стійких екосистем, що включають різноманітні види дерев, які допомагають зберігати баланс природних процесів.

Систематичне відстеження поширення вузькозлатки в різних регіонах України, оцінка рівня шкоди, а також проведення наукових досліджень щодо можливих нових методів боротьби з шкідником дозволить швидко реагувати на зміни в ситуації та коригувати стратегії. Прогноз можливого розширення ареалу вузькозлатки ясеневі смарагдової в Україні вказує на значну загрозу для

ясеневих лісів та екосистем країни. Оскільки шкідник має здатність швидко поширюватися, важливо здійснювати комплексний моніторинг та активно впроваджувати заходи для запобігання його подальшому розповсюдженню. Національні та регіональні карантинні заходи, разом з біологічними, хімічними методами боротьби та посиленням лісової санітарії, дозволять обмежити вплив шкідника і зберегти здорові лісові екосистеми.

Висновок. Отже, вузькозлатка ясенева смарагдова є одним із найбільш небезпечних карантинних шкідників, що становить серйозну загрозу для лісових насаджень в Україні, а саме в Києві, Харківській та Луганській областях на неокупованій території. Шкідник активно поширюється через транспортні шляхи та саджанці, завдаючи значної шкоди ясенинам. Внаслідок пошкодження кори та деревини ясеня, цей шкідник спричиняє ослаблення дерев, що призводить до їх загибелі, а також сприяє поширенню інших шкідників і хвороб. Для ефективної боротьби з вузькозлаткою ясеневою смарагдовою необхідно впровадити комплексні карантинні заходи, зокрема моніторинг, санітарну обрізку та використання біологічних і хімічних методів боротьби. Крім того, важливим кроком є активне співробітництво між органами місцевої влади, лісовими господарствами та науковими установами для запобігання подальшому поширенню шкідника та збереження екологічної рівноваги. Оскільки дерева ясеня є важливим компонентом місцевих екосистем, їх захист від шкідників є критично важливим для збереження біорізноманіття та стабільності лісових ресурсів України.

Список використаної літератури

1. Краснов В.П. Довідник із захисту лісу / В.П. Краснов, В.І. Ткачук, О.О. Орлов ; під ред. д-р с.-г. наук, проф. В. П. Краснова. К.: ЕКО-інформ, 2018. 528 с.
2. Косилович Г.О. Інтегрований захист рослин. Навчальний посібник. Львів: Львівський національний аграрний університет, 2016. 165 с
3. Мринський І.М., Тимошук Т.М. Шкідники лісу, садово-паркових культур та полезахисних лісонасаджень. Том 1. Шкідники листяних порід. 2022. 672 с.
4. Мринський І.М., Тимошук Т.М. Шкідники лісу, садово-паркових культур та полезахисних лісонасаджень. Том 2. Шкідники хвойних порід. 2022. 308 с.
5. Окрушко С.Є., Вергелес П.М. Хвороби і шкідники лісових та садово-паркових культур. Вінниця: ТОВ Твори, 2020. 276 с.
6. Пінчук Н.В., Вергелес П.М., Коваленко Т., Окрушко С.Є. Загальна фітопатологія. Вінниця, 2019. 276 с.
7. Рудська Н.О., Пінчук Н.В., Ватаманюк О.В. Лісова ентомологія. Вінниця: ТОВ Твори, 2020. 288 с.

Наталія МЕЛЬНИК²⁴,
студентка 2-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

КЛАСИФІКАЦІЯ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ

Анотація. У даній статті ми розглянули класифікацію ґрунтів України. Було висвітлено питання самої класифікації ґрунтів, її номенклатури, поділ на типи та підтипи. Дізналися різноманітність ґрунтів України та їх кліматичні районування. Висвітлили питання, якими є природні умови і природні показники для різних підзон класифікації ґрунтів.

Ключові слова: класифікація, ґрунт, зона, тип, вид, ґрунтознавство, клімат, рельєф, гумус, територія, властивість.

Anotation. In this article, we examined the classification of soils in Ukraine. The issue of soil classification itself, its nomenclature, division into types and subtypes was highlighted. We learned about the variety of soils in Ukraine and their climatic zoning. We highlighted the issue of what are the natural conditions and natural indicators for different subzones of soil classification.

Key words: classification, soil, zone, type, species, soil science, climate, relief, humus, territory, property.

Вступ. Ґрунтовий покрив України різноманітний і представлений понад 650 видами ґрунтів, що зумовлено значною протяжністю території в широтному і меридіональному напрямках, загальною ґрунтово-рослинною зональністю, а також провінційними відмінностями факторів ґрунтоутворення.

Найбільш поширеними на території України є чорноземи (27,8 млн га), які поширені в степовій зоні. Чорноземи України становлять 8,7% від загальної площі чорноземних ґрунтів світу. На другому місці за поширеністю - сірі лісові ґрунти, які є в лісостеповій зоні й займають приблизно 4 млн га. Дерново-підзолисті ґрунти займають понад 3,1 млн га, поширені в основному на Поліссі. У південній частині України на площі 1,3 млн га поширені темно-каштанові й каштанові ґрунти. Лучно-болотні, болотні й торфові ґрунти займають площу близько 1,7 млн га. Вони є азональними ґрунтами, приурочені до заболочених територій, насамперед Полісся. Значні площі цих ґрунтів (зокрема на Поліссі) осушені й зайняті сіножатями та пасовищами, рідше ріллею. У Карпатах і Гірському Криму поширені буроземні ґрунти, що займають площу майже 750 тис. Га. Ці ґрунти часто щебенюваті та кам'яністі. Серед інших типів ґрунтів поширені солонці й солончаки (переважно степовій зоні). Понад 300 тис. Га

²⁴ Науковий керівник – Шкатула Ю.М., к.с.-г. н., доц. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

займають розмиті ґрунти й виходи порід, які практично не використовуються в сільському господарстві [1].

Виклад основного матеріалу. Класифікація ґрунтів України є відображенням рівня вітчизняної ґрунтознавчої науки у країні і, одночасно, її фундаментом. Класифікація ґрунтів - є об'єднання у групи за головними властивостями, походженнями та особливостями родючості. В Україні проблема класифікації ґрунтів залишається не вирішеною при достатньо великому спектрі запропонованих схем. Детальна типологія ґрунтів України представлена у вигляді номенклатурних списків для крупномасштабних ґрунтових обстежень [2]. (Рис. 1).



Рис.1. Агроґрунтове районування України [10]

У 2005 році в Україні запропонована класифікація ґрунтів генетично-субстантивного типу. Вона включає такі таксономічні одиниці: **тип - підтип - рід - вид - варіант - літологічна серія** [3],[4]. Основною таксометричною одиницею сучасної класифікації ґрунтів є генетичний ґрунтовий тип, який був установлений ще В.Докучаєвим [5]. До одного типу відносяться ґрунти, що розвивались на певній групі материнських порід при однакових кліматичних, біологічних та гідрологічних умовах.

Класифікація ґрунтів України, створена на генетичних принципах, а її параметри анонсовані у 1988 році [6]. У ній використані традиційні в українському ґрунтознавстві підходи, рівень знань і базу даних щодо генезису і властивостей ґрунтів України. Низхідне відгалуження ґрунтової класифікації, тобто всі, що нижче ґрунтового типу, часто називають *систематикою ґрунтів*.

Тип - за речовинним складом, основна таксономічна одиниця. В один тип об'єднуються ґрунти з одноманітними гідротермічними умовами під однотипною рослинністю, на материнських породах подібного мінералогічного складу, з однотипною будовою ґрунтового профілю, близьким рівнем родючості і єдністю заходів щодо поліпшення; **Підтип** - розкриває зміст типу і включає ґрунти, у яких поряд з типовими є властивості, що характерні для інших типів; **Рід** - таксономічна одиниця, що відображає карбонатність, кислотність, оглеєння, прояв солонцюватості і засолення ґрунтів тощо; **Літологічна серія** - таксономічна одиниця, що відображає генетичну природу ґрунтоутворювальних

порід; **Вид** - за найменуванням ґрунтів (з урахуванням розмірів часток та показників властивостей); таксономічна одиниця, що відображає ступінь прояву ознак типу, підтипу, роду і літологічних ознак; **Різновид** - визначається за гранулометричним складом верхніх ґрунтових горизонтів та материнських порід; за кількісними показниками речовинного складу, властивостей та структури ґрунтів; **Розряд** - різняться генетичними властивостями ґрунтоутворюючих порід (леси, суглинки, алювіальні тощо).

В Україні досить різноманітні природні умови, що зумовлено знаходженням на її території таких фізико-географічних зон, підзон, провінцій, областей, як Полісся, Лісостеп, Степ, Карпатський і Кримський гірські масиви. Для кожного з цих природних підрозділів території України характерні особливі, властиві тільки їм, показники довкілля: рослинний і тваринний світ, гірські породи, клімат, рельєф, вік території, виробнича діяльність людини (яка, між іншим, суттєво змінює утворені природні комплекси). В. В. Докучаєв - засновник генетичного ґрунтознавства - визначив, що «ґрунт - це дзеркало ландшафту». Тому в природних умовах існує велика різноманітність ґрунтів, що відповідає різноманітності природи України [7].

Більша частина території України розташована у західній частині Східноєвропейської рівнини, при цьому рівнини займають 95 % території України, а гори - лише 5 % (на заході - Карпати (4 %), на півдні - Кримські гори (1 %)). Завдяки теплому клімату, гарному рельєфу (близько 60 % сільськогосподарських угідь є рівнинними, а ще 35 % мають кут нахилу в діапазоні між 1° та 3°) та наявності великих площ чорнозему (третина світових запасів), в Україні надзвичайно сприятливі умови для сільськогосподарського виробництва. Сільськогосподарські угіддя займають приблизно 60 % всієї території України. Територія України поділена на три природно-кліматичні зони: Полісся, Лісостеп, Степ. (Рис. 2).



Рис. 2. Природно-кліматичні зони [11]

На території України сформувалися ґрунти різних типів. (Рис. 3). Їх поширення на рівнинній частині підпорядковане закону широтної зональності, тобто ґрунти змінюються з півночі на південь.



Рис. 3. Типи ґрунтів України [12]

Зональні ґрунти. Полісся. На Поліссі найбільш поширені **дерново-підзолисті ґрунти** із різним ступенем опідзолення, оглеєння та механічним складом (>60 % території), що сформувалися під дубово-сосновими лісами з розвиненим трав'яним покривом в умовах надмірного зволоження[8]. Кількість опадів за рік (550-650 мм) тут перевищує кількість випаруваної з поверхні вологи. Це зумовлює промивний тип водного режиму, призводить до заболочування понижених ділянок, утворення болотних ґрунтів. Цьому сприяє також високий рівень залягання ґрунтових вод. Ґрунтоутворюючі породи мають переважно легкий механічний склад і представлені піщаними та супіщаними льодовиковими і водно-льодовиковими відкладами. Зрідка, переважно у західних районах, у місцях виходу на поверхню масивно-кристалічних порід трапляються крейдіяно-мергельні відклади та невеликі острівки лесових. Під шаром лісової підстилки та тонким гумусовим горизонтом у них залягає підзолистий горизонт із характерним білувато-світло-сірим забарвленням, з якого вимивається перегній та інші поживні речовини[8]. Вміст гумусу в орному шарі лише 1-2,5 % (піщані та супіщані відміни - 0,7-1,0 %; суглинкові - 1,5-2,0 %) та підвищена кислотність (рН 4,2-5,2), тому потребують внесення добрив. У процесі ґрунтоутворення утворились такі ґрунтові горизонти: гумусо-елювіальний (18-25 см), елювіальний та ілювіальний. **Дерново-підзолисті ґрунти** ущільнені (1,40-1,55 г/см³), запасують мало води, мають високу водо- і повітропроникність, низьку ємність вбирання та містять недостатньо основ та поживних речовин.

На заболочених ділянках домінують **торф'яно-підзолисті ґрунти**. На базі продуктів елювіогенези крейдіяного мергелю сформувалися **дерново-карбонатні ґрунти** [9].

За сучасної доби ґрунтоутворення вплинула діяльність людини: вирубка лісів, розорювання великих площ, осушення боліт. Усе це призвело до зниження рівня ґрунтових вод, збільшення надходження в ґрунт органічних речовин з кореннями трав'янистих рослин, що призвело до посилення дернового процесу ґрунтоутворення.

Лісостеп. Для Лісостепу характерна менша кількість опадів у порівнянні з Поліссям (450-550 мм). Крім того тут вища середньорічна температура повітря. Лісистість території незначна - близько 12 %. Територія являє собою підвищену рівнину з добре розвинутим давнім водно-ерозійним рельєфом. Основні ґрунтоутворюючі породи - леси і лесоподібні суглинки, вони містять до 15 % CaCO_3 , пористі і тому здатні накопичувати вологу. Кальцій лесів сприяє закріпленню в ґрунтах органічних речовин (гумусу) та створенню агрономічно-цінних структурних окремоностей (структура ґрунту). Для Лісостепу характерні два типи ґрунтів. По-перше, це різноманітні чорноземи (типові, опідзолені, вилугувані та реградовані), вони утворились під трав'янистою рослинністю. По-друге - сірі опідзолені ґрунти (світло-сірі, сірі та темно-сірі), що утворились під лісовою рослинністю. Найплodючішими є типові чорноземи, які мають найвищий вміст гумусу 4-6 % та слабо кислу або нейтральну реакцію ґрунтового розчину.

Степ. Для Степу характерний рівнинний рельєф, трав'яниста рослинність та перевага кількості вологи, яка випаровується, над кількістю опадів. Кількість опадів становить 350-450 мм. Коефіцієнт зволоження на півдні зони становить 0,8, на півночі - 1,3. Неоднорідність умов зволоження зумовила відмінності рослинного покриву. На півночі знаходяться найпродуктивніші різнотравно-типчакowo-ковильні степи, вони змінюються типчакowo-ковильними, на півдні переважають найбільш полінно-типчакowі асоціації. Відповідно до трав'яних асоціацій формуються різні ґрунти: під різнотравно-типчакowo-ковильними степами - *чорноземи звичайні*; під типчакowo-ковильними - *чорноземи південні*; під полінно-типчакowymi - *каштанові чорноземи*. У південній частині часто бувають пилові бурі та суховії. Основними ґрунтоутворюючими породами є леси та лесовидні суглинки важко-суглинкового і глинистого механічного складу. У південній частині ґрунтоутворюючі лесовидні породи бувають засоленими, внаслідок чого утворюються чорноземи з неводостійкою і здатною до руйнування структурою.

Азональні ґрунти. В Україні *засолені та солонцюваті ґрунти* поширені на площі близько 4 млн га, в основному в Середньому Придніпров'ї та південному степу. Україна є колискою дослідної справи по меліорації солонців, враховуючи, що найперші досліді були закладені К. К. Гедройцем на Носівській дослідній станції (Чернігівська область), а досліді в Середньому Придніпров'ї проведені О. М. Можейком, О. М. Грінченком і Г. М. Самбуром залишаються фактично найтривалішими. **Сучасний стан ґрунтів України.** Україна має дуже великі площі чорноземів, які є найродючішими ґрунтами у світі. Але майже в усіх регіонах з року в рік в них зменшується частка гумусу — основної речовини, яка забезпечує родючість ґрунту. Цей процес відбувається внаслідок

екстенсивного ведення сільського господарства, при якому порушилося співвідношення площ ріллі, природних кормових угідь, лісових та водних ресурсів, в результаті чого відбувається інтенсивний розвиток ерозійних процесів, при якому гумус вимивається з верхнього шару ґрунту. Крім водної ерозії ґрунту відбувається й вітрова. Внаслідок механічної обробки чорнозем, який зазвичай має зернисту структуру, перетворюється на пил, який виноситься з полів східними сухими вітрами. Великої шкоди завдала також надлишкова меліорація, яка сприяла закисленню та засоленню, а також підтопленню великих площ ґрунтів [10].

Висновки. Отже, ми розглянули класифікацію ґрунтів України. Висвітлили питання самої класифікації ґрунтів, її поділу на типи відповідно до природно-кліматичні зон розповсюдження. Вияснили за якими принципами ґрунти поділені на типи та що впливає на їх стан. Дізнались, які існують причини, що призводять до деградації ґрунтів країни.

Список використаної літератури

1. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 270 с.; 286 с.
2. Позняк С. П., Кіт М. Г., Красеха Є. Н. Картографування ґрунтового покриву. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. 505 с.
3. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України: Навч. Посіб. Для студ. Вищ. Навч. Закл. / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. І. Кисіль, В. А. Величко; Нац. Наук. Центр «Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» УААН. К.: Колобіг, 2005. 303 с.
4. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України / УААН; Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» / Микола Іванович Полупан (ред.). К. : Аграрна наука, 2005. Ґрунтознавство, 2017. С.176
5. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Київ, 2010. Довгань Г. Д., 2016, с. 134-140.
6. Кирильчук А. А. Дерново-карбонатні ґрунти (рендзини) Малого Полісся [Архівовано 26 вересня 2013 у Wayback Machine.]. Автореф. Дис... канд. Геогр. Наук. Львів, 2001.
7. Агроґрунтове районування України. *Вікіпедія*. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B3%D1%80%D0%BE%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8 (дата звернення 14.03.2025).
8. Географія України, ґрунти та клімат. Реферат. 25.11.2011. <https://ru.osvita.ua/vnz/reports/geograf/26096/> (дата звернення 15.03.2025).

Оксана МЕЛЬНИК²⁵,
студентка 3-го курсу,
факультет агрономії, лісівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИДЕРАТИВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ПОТРЕБИ У МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВАХ

***Анотація.** У статті розглядаються переваги та методи використання сидератів як ефективного засобу покращення агроекологічного стану ґрунтів у сучасному сільському господарстві. Описано різноманітні види сидератів, зокрема злакові, бобові та хрестоцвіті культури, які сприяють збагаченню ґрунту органічною речовиною, поліпшенню його структури, підвищенню вологостримуючої здатності та аерації. Водночас вони зменшують потребу у мінеральних добривах, особливо завдяки фіксації атмосферного азоту бобовими культурами. Важливу роль відіграють також сидерати в захисті ґрунтів від ерозії, контролі бур'янів і поліпшенні біологічної активності. Стаття підкреслює значення правильного підбору сидератів, врахування ґрунтово-кліматичних умов та використання біодеструкторів для досягнення максимальної ефективності цієї технології. Встановлено, що застосування сидератів сприяє сталому землеробству, знижуючи екологічний вплив агровиробництва.*

***Ключові слова:** добрива, ґрунт, поживність, гумус, баланс.*

***Annotation.** The article discusses the advantages and methods of using green manure as an effective means of improving the agro-ecological condition of soils in modern agriculture. The article describes various types of green manure, including cereals, legumes and cruciferous crops, which contribute to soil enrichment with organic matter, improve its structure, increase moisture retention capacity and aeration. At the same time, they reduce the need for mineral fertilisers, especially due to the fixation of atmospheric nitrogen by legumes. Green manure also plays an important role in protecting soils from erosion, controlling weeds and improving biological activity. The article emphasises the importance of selecting the right green manure, taking into account soil and climatic conditions, and using biodegraders to maximise the effectiveness of this technology. It is established that the use of green manure contributes to sustainable agriculture by reducing the environmental impact of agricultural production.*

***Keywords:** fertilisers, soil, nutrition, humus, balance.*

²⁵Науковий керівник – Забарна Т.А., канд. с.-г. наук, ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

Вступ. У сучасному сільському господарстві значну увагу приділяють зниженню негативного впливу агрохімікатів на навколишнє середовище та зменшенню залежності від мінеральних добрив. Одним із перспективних напрямів є використання сидератів – рослин, які вирощують для подальшого заорювання в ґрунт. Це дозволяє покращити його структуру, підвищити вміст органічної речовини та забезпечити природне збагачення азотом та іншими поживними елементами. Окрім покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту, сидерати сприяють підвищенню біологічної активності мікроорганізмів, які беруть участь у процесах розкладу органічної речовини та мінералізації поживних елементів. Це сприяє створенню більш сприятливих умов для росту і розвитку культурних рослин, а також зменшує потребу у використанні синтетичних добрив та засобів захисту рослин.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасному сільськогосподарському середовищі все більш важливим стає підтримання родючості ґрунту та зменшення негативного впливу хімічних добрив. Використання сидератів є одним з ефективних методів поліпшення агроекологічного стану ґрунтів, що дозволяє зменшити потребу у внесенні мінеральних добрив. Сидерати, або зелені добрива, являють собою культури, які вирощуються з метою їх подальшого заорювання в ґрунт для збагачення його органічною речовиною та поживними елементами [1].

Сидерати — це рослини, які спеціально вирощуються для подальшого заорювання в ґрунт з метою покращення його структури, збагачення органічною масою та зменшення потреби у мінеральних добривах. До основних видів сидератів відносять:

1) злакові (жито, овес, пшениця) — покращують структуру ґрунту, збагачують його органічною масою.

2) бобові (люпин, вика, конюшина) — накопичують азот, що дозволяє зменшити використання азотних добрив.

3) хрестоцвіті (гірчиця, ріпак, редька олійна) — сприяють покращенню фітосанітарного стану ґрунту, зменшують розвиток бур'янів та шкідників.

Сидерати мають багато позитивних властивостей, які сприяють поліпшенню ґрунту та підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

Підвищення родючості ґрунту. Сидерати збагачують ґрунт органічними речовинами, покращують структуру ґрунту, підвищують водоутримання та аерацію. Вони також заповнюють запаси гумусу у верхньому шарі ґрунту, збагачуючи його азотом, фосфором та іншими корисними макро- і мікроелементами.

Зменшення потреби у мінеральних добривах. Деякі сидерати, зокрема бобові культури, здатні фіксувати атмосферний азот, збагачуючи ґрунт і тим самим скорочуючи потребу у використанні азотних добрив. За приорювання 35–40 т/га сидерату в ґрунт потрапляє 150–200 кг азоту, що рівноцінно 30–40 т/га гною.

Покращення ґрунтової структури. Коренева система сидератів активно розпушує ґрунт, сприяючи його структурному оновленню та поліпшенню

проникності для води й повітря. Завдяки використанню сидератів із глибокою кореневою системою зменшується щільність ґрунту, що допомагає утримувати вологу та кисень.

Запобігання ерозійним процесам. Висівання сидератів ефективно захищає ґрунт від руйнівної дії ерозії, як вітрової, так і водної, особливо на схилах чи відкритих вітряних ділянках. Суцільний стебловий покрив значно знижує ризики втрати ґрунту.

Контроль бур'янів. Сидерати створюють конкуренцію для бур'янів, пригнічуючи їхній розвиток і тим самим скорочуючи необхідність застосування гербіцидів. Щільний рослинний покрив перешкоджає надходженню до бур'янів сонячного світла та поживних елементів, що обмежує їхній ріст.

Інші переваги. Сидерати покращують біологічну активність ґрунту, знижують його кислотність і сприяють утилізації важкорозчинних сполук фосфору з нижніх горизонтів.

Застосування сидерації та покривних культур не передбачає повної відмови від мінеральних добрив, а лише їх поступове скорочення на 30-80%. Важливо враховувати потреби культури та кількість поживних речовин, які можуть вивільнити сидерати. Додатково необхідно контролювати баланс азоту, фосфору та калію в ґрунті, оскільки надлишок або нестача окремих елементів може вплинути на врожайність основної культури. Також слід враховувати швидкість розкладання органічної маси сидератів та погодні умови, які можуть впливати на ефективність цього методу удобрення [2].

Використання сидератів також покращує структуру ґрунту, збільшуючи його водоутримувальну здатність і сприяючи розвитку корисних мікроорганізмів, що беруть участь у процесах розкладу органічних решток. Вони допомагають знижувати ерозійні процеси, а також покращують фізико-хімічні властивості ґрунтів, що забезпечує здоров'я та стабільність агроecosystem. В результаті застосування сидератів агровиробники отримують не тільки покращену родючість ґрунту, а й знижують потребу в хімічних добривах, що зменшує негативний вплив на навколишнє середовище.

Сидерати виконують ряд важливих функцій, які позитивно впливають на родючість ґрунту (табл 1.).

Таблиця 1 Функції сидератів

Функція	Характеристика
<i>Розпушування ґрунту</i>	Розвинена коренева система сидератів розпушує ґрунт, покращуючи його структуру.
<i>Збагачення органікою</i>	Зелена маса сидератів, при зростанні в ґрунт, стає джерелом органічної речовини.
<i>Мобілізація елементів живлення</i>	Сидерати переміщують поживні речовини з підґрунтя до верхнього шару ґрунту, роблячи їх доступними для інших рослин.
<i>Прискорення мінералізації соломи</i>	Коренева система та зелена маса сидератів сприяють прискоренню мінералізації соломи, що покращує структуру ґрунту.

Джерело: сформовано автором на основі [4].

Різні сидеральні культури виконують свої специфічні функції. Бобові рослини завдяки симбіотичним бактеріям накопичують атмосферний азот, злакові культури покращують аерацію ґрунту, а хрестоцвіті мають фітосанітарний ефект.

Внесення сидеральних рослин у ґрунт сприяє підвищенню рівня гумусу, збільшенню кількості доступних макро- та мікроелементів, покращенню біологічної активності ґрунту.

Для досягнення максимальної ефективності від використання сидератів, необхідно враховувати кілька важливих аспектів.

Поєднання з іншими органічними добривами. Найкращі результати досягаються при поєднанні сидератів з іншими органічними добривами, такими як солома. Після подрібнення і загортання соломи в ґрунт рекомендується висівати сидеральні культури.

Врахування співвідношення вуглецю до азоту (C:N). Поєднання сидератів і соломи забезпечує співвідношення C:N20-25:1 та оптимальні умови для розкладання органічної речовини.

Використання біодеструкторів. Застосування біодеструкторів під час загортання зеленої маси підвищує ефективність сидератів [2].

Вибір сидеральних культур залежить від кліматичної зони, типу ґрунту та мети використання. Ось декілька рекомендацій щодо вибору сидератів для різних умов:

1) універсальні сидерати: гірчиця біла та фацелія пижмолиста підходять для будь-яких типів ґрунтів.

2) для покращення азотного живлення: бобові (горох, люпин, серадела, квасоля, люцерна, конюшина, вика, еспарцет, боби кормові) добре збагачують ґрунт азотом.

3) для легких ґрунтів: серадела, горох кормовий, жовтий люпин і біла гірчиця, також озиме жито, еспарцет, конюшина і фацелія.

4) для середньо ущільнених ґрунтів: соняшник, горох, польові боби та синій люпин.

5) для важких ґрунтів: соняшник, боби та вика, редька олійна також підходить для важких глинистих ґрунтів.

6) для кислих ґрунтів: люпин і вика, боби кормові висівають для зниження кислотності ґрунту, люпин вузьколистий підходить для легких кислих вологих ґрунтів.

7) для посушливих областей: фацелія, еспарцет, ріпак.

8) для регіонів з м'якою зимою: підзимні (осінні) культури сидератів, які сіють у вересні-жовтні, а приорюють навесні наступного року.

Важливо також враховувати вегетаційний період сидератів. Якщо до кінця вегетації залишається 70–80 днів, можна висівати люпин вузьколистий, сераделу, гірчицю білу, горохово-вівсяну й вико-вівсяну сумішки, ярий і озимий ріпак, яру й озиму свиріпу, овес, гірчицю білу, редьку олійну, фацелію. Якщо до холодів залишається 50–60 днів, вирощують хрестоцвіті культури — ярий ріпак,

озиму та яру свиріпу, гірчицю білу, редьку олійну, фацелію та інші швидкорослі культури з коротким вегетаційним періодом [1].

Сидерати збагачують ґрунт органічною масою, що покращує його водо- та повітропроникність, а також сприяє зниженню ущільнення. Це створює кращі умови для розвитку кореневих систем рослин кращий доступ до води та поживних речовин. В наслідок зменшенню ущільнення, корені рослин можуть більш ефективно поглинати необхідні елементи для росту, що позитивно впливає на їх здоров'я і врожайність. Крім того, сидерати підвищують біологічну активність ґрунту, стимулюючи діяльність мікроорганізмів, які забезпечують додаткове розкладання органічних решток і збагачення ґрунту важливими поживними елементами. Це також сприяє підтримці біорізноманіття та загальному поліпшенню екологічного стану агроєкосистеми [3].

Бобові культури можуть накопичувати до 100–200 кг азоту на гектар, що знижує необхідність внесення азотних добрив. Крім того, сидерати допомагають зв'язувати калій та фосфор у формі, доступній для рослин, що сприяє покращенню родючості ґрунту. Це не лише скорочує витрати на добрива, але й позитивно впливає на структуру ґрунту, підвищує його водоутримувальну здатність та зменшує ризик ерозії. Використання бобових як сидератів також допомагає зменшити викиди парникових газів, оскільки знижує потребу у синтетичних азотних добривах.

Сидерати сприяють розвитку корисних мікроорганізмів, які беруть участь у мінералізації органічних речовин і покращують доступність поживних речовин. Також зростає біологічна активність ґрунту, покращується його структура і підвищується родючість. Органічна речовина активно розкладається, таким чином збагачуючи гумус, підвищуючи здатність ґрунту утримувати вологу і підтримуючи оптимальний рівень рН. Такі процеси створюють сприятливі умови для розвитку майбутніх культур, водночас знижуючи залежність від хімічних добрив та підтримуючи принципи сталого землеробства [4].

Завдяки густій кореневій системі сидерати утримують вологу у ґрунті та запобігають вимиванню корисних речовин у глибші шари. Це підтримує оптимальний рівень вологи для інших рослин, що ростуть на цій території, і покращує структуру ґрунту. Коріння сидератів проникає в нижні шари, створюючи природні водні канали забезпечуючи рівномірний розподіл вологи по всьому ґрунту. Окрім цього, збільшується водоутримуюча здатність ґрунту, що сприятливо впливає на розвиток рослин, знижуючи необхідність додаткового зрошення та мінімізуючи ризики, пов'язані з посухою.

Сидерати висіваються після збирання основної культури або ранньою весною. Заорювання відбувається за 2–3 тижні до посіву наступної культури, щоб забезпечити розкладання органічної маси. Це дає можливість покращити поживну цінність ґрунту завдяки додаванню органічних речовин, таких як азот, фосфор і калій, що вивільняються під час розкладу сидератів. Крім того, цей процес сприяє активації ґрунтової мікрофлори, що допомагає збагачувати ґрунт корисними мікроорганізмами. Завдяки правильному часу заорювання, сидерати

також допомагають контролювати бур'яни, знижуючи конкуренцію за світло і поживні речовини для основної культури.

Для піщаних ґрунтів рекомендуються бобові та злакові культури, оскільки вони сприяють покращенню структури ґрунту, утримують вологу та збагачують його азотом. Для чорноземів найбільш ефективними є хрестоцвіті (наприклад, ріпак, гірчиця) та айстрові (космеї, багаторічні квіти), які добре збагачують ґрунт органічними речовинами та мають здатність знижувати ерозію. А для кислих ґрунтів, що потребують лужного середовища, ідеально підходить люпин, оскільки він має здатність ефективно зв'язувати азот з повітря та покращувати кислотно-лужний баланс ґрунту. Вибір сидератів залежить від типу ґрунту та потреб наступної культури, що дозволяє оптимізувати агротехнічні заходи [5].

Українські фермери дедалі частіше застосовують сидерацію, особливо в органічному землеробстві, де відсутність хімічних добрив вимагає використання природних способів покращення родючості ґрунтів. Сидерація допомагає зберегти та збільшити вміст органічних речовин, сприяє природному збагаченню ґрунтів азотом і зменшує ерозію. Світова практика підтверджує ефективність цієї технології: у Німеччині та Франції сидерати використовують на 30–40% сільгоспугідь, що значно покращує структуру ґрунтів та підвищує врожайність. Україна, наслідуючи кращі світові практики, поступово розвиває використання сидерації, що сприяє стійкому розвитку аграрного сектору та збереженню родючості земель.

Використання сидератів дозволяє зменшити потребу у мінеральних добривах за рахунок:

1) Збільшення вмісту доступного азоту, що може замінити внесення аміачної селітри або карбаміду.

2) Покращення фосфорного живлення, оскільки деякі сидерати здатні мобілізувати важкодоступні сполуки фосфору.

3) Збереження калію у доступній формі завдяки накопиченню рослинної маси та поступовому вивільненню елементів при її розкладанні.

Важливо враховувати, що сидерати не можуть повністю замінити мінеральні добрива, особливо в умовах інтенсивного землеробства.

Для досягнення максимального ефекту необхідно правильно вибирати сидерати, враховуючи ґрунтово-кліматичні умови та потреби культур, які будуть вирощуватися після них. Наприклад, для ґрунтів, що потребують підвищення родючості та збагачення азотом, можна вибирати бобові культури, які фіксують азот у ґрунті. Для більш важких ґрунтів з високим вмістом вологи оптимальними є сидерати з глибоким корінням, які покращують аерацію та водопроникність. Важливим є також період посіву та заорювання сидератів, оскільки кожен вид має свою специфіку росту та впливу на ґрунт. Правильний вибір дозволяє не лише поліпшити структуру ґрунтів, але й підвищити врожайність наступних культур, зменшуючи потребу в хімічних добривах [1].

Використання сидератів є частиною сталого сільськогосподарства і спрямоване на підтримку родючості ґрунту та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Ця практика дозволяє знизити залежність від хімічних

добрив, оскільки сидерати покращують фізичні та хімічні властивості ґрунту, збагачуючи його органічною речовиною та мікроелементами. Крім того, сидерати сприяють зниженню ерозії ґрунтів, оскільки коренева система рослин утримує ґрунт від розмивання водою та вітром. Це допомагає зберегти не лише родючість ґрунту, але й підтримати екологічний баланс, зменшуючи викиди парникових газів і зберігаючи біорізноманіття. В результаті застосування сидератів фермери можуть досягати більш стабільних і сталих результатів у виробництві, що позитивно впливає на довгострокову продуктивність аграрних систем [2].

Використання сидератів є ефективним та екологічно безпечним способом покращення родючості ґрунту та зменшення потреби у мінеральних добривах. Цей підхід сприяє збереженню ґрунтових ресурсів та підвищенню стійкості сільського господарства, оскільки сидерати не лише збагачують ґрунт органічною речовиною, але й покращують його структуру, що сприяє кращому водоутриманню та аерації. Використання цієї технології допомагає знижувати рівень забруднення навколишнього середовища, адже замість синтетичних добрив використовуються природні процеси для відновлення родючості. Водночас сидерати сприяють зменшенню ерозії ґрунтів та покращенню біологічної активності, що є важливим для довгострокового збереження агроєкосистем. Тому цей метод стає все більш популярним серед фермерів, які прагнуть до сталого і екологічно чистого сільського господарства.

Висновки. Використання сидератів є ефективним агротехнічним прийомом, що сприяє покращенню родючості ґрунту, зниженню залежності від мінеральних добрив та підвищенню екологічної стійкості агросистем. Завдяки своїй здатності накопичувати поживні речовини та покращувати структуру ґрунту, сидерати є перспективним рішенням для сталого землеробства. Крім того, застосування сидератів допомагає зменшити негативний вплив сільського господарства на довкілля, знижуючи рівень забруднення ґрунтів та водних ресурсів залишками мінеральних добрив. Поєднання сидератів із сучасними агротехнологіями дозволяє створювати продуктивні та екологічно безпечні агросистеми, що сприяє розвитку сталого землеробства.

Список використаної літератури

1. Амонс С.Е. Сидерати та їх роль у відновленні родючості ґрунтів. Всеукраїнська науково-практична конференція: «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності». 23-24 травня 2024 року. м. Вінниця. 2024.
2. Москаленко А. М. Економічна ефективність застосування соломи і сидератів для підвищення родючості ґрунту. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. *Економічні науки*. 2018. № 11. С. 172-184.
3. Разанов С.Ф., Ткачук О.П., Овчарук В.В., Овчарук І.І. Вплив сидератів на родючість ґрунту. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 144-152.

4. Сидерати: Як І Коли Висівати Зелені Добрива. URL: <https://eos.com/uk/blog/syderaty/> (дата звернення: 04.02.2025).

5. Шувар І. Сидерація — невід’ємна складова біологічного землеробства. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 1-2. С. 21-23.

Олександр МИКИЧУР²⁶,
студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ВПЛИВ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

***Анотація.** Мікроелементи відіграють важливу роль у фізіологічному розвитку сільськогосподарських культур, забезпечуючи їхній нормальний ріст, розвиток, стійкість до стресових факторів та якість урожаю. До найважливіших мікроелементів, що впливають на рослини, належать бор (В), цинк (Zn), мідь (Cu), марганець (Mn), залізо (Fe) та молібден (Mo). Кожен із цих елементів бере участь у ключових біохімічних процесах, зокрема у фотосинтезі, диханні, азотному обміні та синтезі ферментів і гормонів росту. Дефіцит мікроелементів призводить до порушень у розвитку рослин, зокрема до уповільнення росту, зниження врожайності, деформації листя, слабого розвитку кореневої системи та зниження стійкості до хвороб і шкідників. Надлишок мікроелементів також може негативно позначатися на метаболізмі рослин, викликаючи токсичні ефекти. Джерелами мікроелементів у ґрунті є природні мінерали, органічні залишки, мікробіологічні процеси, а також мінеральні та органічні добрива. Для оптимального забезпечення рослин мікроелементами застосовують різні методи: внесення мікродобрив у ґрунт, листкове підживлення, передпосівну обробку насіння та використання сучасних біотехнологічних препаратів. Контроль мінерального живлення сільськогосподарських культур є важливим фактором підвищення врожайності, поліпшення якості продукції та забезпечення стабільного розвитку рослин у різних кліматичних умовах. Використання збалансованих агротехнологій дозволяє ефективно управляти мікроелементним живленням рослин, що є запорукою сталого розвитку аграрного сектору.*

***Ключові слова:** мікроелементи; фізіологія рослин; бор; цинк; мідь; марганець; залізо; молібден; мінеральне живлення; сільськогосподарські культури; мікродобрива; врожайність; якість продукції.*

²⁶Науковий керівник – Васильков О.В., асистент кафедри землеробства, грунтознавства та агрохімії

Annotation. *Microelements play an important role in the physiological development of crops, ensuring their normal growth, development, resistance to stress factors and crop quality. Some microelements that affect plants include boron (B), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), iron (Fe) and molybdenum (Mo). Each of these elements is involved in key biochemical processes, including photosynthesis, respiration, nitrogen metabolism and the synthesis of enzymes and growth hormones. Microelement deficiency disrupts plant development, including growth retardation, reduced yield, leaf deformation, poor root development and reduced resistance to diseases and pests. An excess of microelements can also negatively affect plant metabolism, causing toxic effects. Sources of microelements are natural minerals, organic matter, microbiological processes, as well as mineral and organic fertilizers. For optimal provision of plants with microelements, various methods are used: introduction of microelements into the soil, foliar feeding, pre-sowing treatment and use of modern biotechnological preparations. Control of mineral nutrition of agricultural crops is the main factor in increasing yields, improving product quality and ensuring stable development of various plants in climatic conditions. The use of balanced agricultural technologies allows for effective management of microelement nutrition of plants, which is the key to sustainable development of the agricultural sector.*

Keywords: *microelements; plantphysiology; boron; zinc; copper; manganese; iron; molybdenum; mineralnutrition; agriculturalcrops; microfertilizers; yield; productquality.*

Вступ. Мікроелементи відіграють ключову роль у фізіологічному розвитку сільськогосподарських культур, незважаючи на те, що вони потрібні в незначних кількостях. Вони беруть участь у найважливіших біохімічних процесах, таких як фотосинтез, синтез білків, вуглеводний і азотний обмін, що безпосередньо впливає на ріст, розвиток і продуктивність рослин. Нестача або надлишок цих елементів може призвести до порушень життєдіяльності рослин, зниження врожайності та якості продукції. До основних мікроелементів, що мають важливе значення для рослин, належать бор, цинк, мідь, марганець, залізо та молібден. Вони необхідні для нормального формування кореневої системи, процесів запилення, регулювання ферментативної активності та стійкості до стресових факторів, зокрема посухи, низьких температур і захворювань. Дефіцит цих елементів може спричинити хлороз, затримку росту, погіршення процесів цвітіння та плодоношення, а їхній надлишок може призводити до токсичних ефектів і порушень обміну речовин. Джерелами мікроелементів для рослин є ґрунт, органічні залишки та добрива. Проте внаслідок інтенсивного землеробства запаси мікроелементів у ґрунті можуть зменшуватися, що потребує додаткового внесення мікродобрив. Сучасні технології живлення рослин передбачають використання як традиційних методів удобрення, так і інноваційних рішень, зокрема біопрепаратів і нанотехнологій, що дозволяють підвищити ефективність засвоєння мікроелементів. Враховуючи важливість мікроелементного живлення для сільськогосподарських культур, дослідження

їхнього впливу на фізіологічні процеси рослин є актуальним напрямком аграрної науки.

Мета статті полягає в тому, щоб дослідити вплив мікроелементів на фізіологічний розвиток сільськогосподарських культур, зокрема їх роль у покращенні росту, розвитку та врожайності рослин.

Виклад основного матеріалу. Мікроелементи є життєво важливими для нормального росту та розвитку сільськогосподарських культур, оскільки вони беруть участь у біохімічних і фізіологічних процесах рослинного організму. Незважаючи на те, що потреба в них є відносно невеликою, нестача або надлишок цих елементів може суттєво впливати на врожайність, якість продукції та загальний стан рослин.

Бор є одним із найважливіших мікроелементів, необхідних для формування квіток і зав'язі, а також для розвитку кореневої системи. Він відіграє важливу роль у транспорті вуглеводів, підтримує клітинні мембрани та регулює поділ клітин. Дефіцит бору призводить до порушень запилення та плодоношення, а також до відмирання верхівкових точок росту.

Цинк є ключовим елементом, що впливає на синтез гормонів росту, зокрема ауксинів, які регулюють поділ і розтягування клітин. Він також бере участь у формуванні білків та активації ферментів, що допомагають рослинам адаптуватися до несприятливих умов.

Мідь є незамінним елементом для фотосинтетичних процесів і ферментативної активності. Вона бере участь у синтезі хлорофілу, підвищує стійкість рослин до грибкових захворювань і забезпечує нормальний обмін білків і вуглеводів.

Марганець необхідний для багатьох ферментативних реакцій, пов'язаних із фотосинтезом та диханням. Він бере участь у процесах окислення та відновлення, які відбуваються в хлоропластах, і сприяє синтезу вітамінів. Крім того, марганець відіграє важливу роль у підвищенні стійкості рослин до патогенів, оскільки бере участь у формуванні речовин, що захищають клітини від уражень.

Залізо є незамінним мікроелементом, що бере участь у синтезі хлорофілу, який забезпечує процес фотосинтезу. Важливу роль воно відіграє і в дихальних процесах, будучи частиною цитохромів, що забезпечують перенесення електронів.

Молібден є особливо важливим мікроелементом для бобових культур, оскільки він регулює процеси фіксації азоту та відіграє ключову роль у азотному обміні. Він входить до складу ферменту нітратредуктази, який перетворює нітрати в засвоювані форми азоту, необхідні для синтезу амінокислот і білків [1].

Мікроелементи відіграють ключову роль у всіх фізіологічних процесах рослинного організму, забезпечуючи їхнє зростання, розвиток і стійкість до несприятливих умов. Оптимальне забезпечення рослин необхідними мікроелементами сприяє підвищенню врожайності, покращенню якості продукції та зміцненню природного імунітету культур. Оскільки їхній баланс у ґрунті може змінюватися внаслідок інтенсивного землеробства, важливо

регулярно контролювати вміст мікроелементів та застосовувати відповідні заходи для підтримання їхнього оптимального рівня. Мікроелементи є незамінними компонентами мінерального живлення рослин, що беруть участь у всіх ключових фізіологічних процесах. Вони впливають на ріст, розвиток та продуктивність сільськогосподарських культур, регулюючи функціонування ферментних систем, процеси фотосинтезу, синтез білків, вуглеводний та азотний обмін.

Фотосинтез – основний процес, завдяки якому рослини синтезують органічні речовини, використовуючи сонячну енергію. Мікроелементи, зокрема залізо, мідь і марганець, беруть безпосередню участь у фотосинтетичних реакціях. Залізо необхідне для синтезу хлорофілу – зеленого пігменту, що відповідає за поглинання світла. Марганець відіграє ключову роль у розщепленні молекул води в ході фотосинтезу, а мідь бере участь у транспортуванні електронів у хлоропластах.

Мікроелементи також відіграють важливу роль у підвищенні стійкості рослин до несприятливих умов навколишнього середовища. В умовах посухи, низьких температур або дефіциту вологи в ґрунті рослини активізують захисні механізми, які залежать від наявності певних мікроелементів. Наприклад, цинк і марганець сприяють утворенню антиоксидантних ферментів, що захищають клітини від окислювального стресу. Мідь підвищує стійкість рослин до грибкових інфекцій, а бор забезпечує стійкість тканин до механічних пошкоджень. Завдяки цим елементам рослини краще адаптуються до несприятливих умов і зберігають високу продуктивність. Якість урожаю значною мірою залежить від збалансованого мікроелементного живлення. Наявність достатньої кількості бору, молібдену та цинку сприяє покращенню біохімічного складу продукції. Наприклад, цинк стимулює синтез білків, що є важливим для зернових культур, а бор підвищує вміст цукрів у коренеплодах, таких як буряк і морква. Молібден, беручи участь в азотному обміні, підвищує рівень білка в бобових культурах, що є важливим для кормових рослин. Нестача мікроелементів призводить до погіршення смакових якостей плодів, зниження їхньої лежкості та стійкості до транспортування [2].

Мікроелементи відіграють ключову роль у підтримці нормального росту та розвитку рослин, впливаючи на їхні біохімічні та фізіологічні процеси. Вони є незамінними компонентами ферментів, гормонів, пігментів і структурних молекул, необхідних для життєдіяльності рослинного організму. Однак як дефіцит, так і надлишок мікроелементів можуть викликати значні порушення у метаболізмі, що призводить до зниження врожайності, розвитку хлорозу, некрозу тканин, зменшення стійкості до стресових факторів та навіть загибелі рослин.

Дефіцит мікроелементів проявляється через характерні симптоми, які залежать від конкретного елемента та його ролі в обміні речовин. Нестача бору викликає відмирання точок росту, нерівномірний розвиток листя, слабе утворення зав'язі та порушення структури клітинних стінок. У бобових культур

дефіцит цього елемента призводить до нерозвинених бульбочкових бактерій, що зменшує засвоєння азоту.

Нестача цинку спричиняє карликовість рослин через пригнічення синтезу ауксинів – гормонів росту. Листки стають дрібними, спостерігається міжжилковий хлороз і поява білих або жовтуватих плям. Це особливо критично для зернових культур, таких як пшениця та кукурудза, оскільки цинк впливає на розвиток колоса та налив зерна [3].

Дефіцит міді негативно позначається на фотосинтезі та ферментативній активності. Уражені рослини мають скручене листя з темними або засохлими кінчиками, порушується формування насіння та знижується стійкість до грибкових інфекцій.

Марганець є важливим компонентом фотосинтетичних реакцій, тому його нестача викликає міжжилковий хлороз молодих листків. Це проявляється втратою зеленого забарвлення між жилками, уповільненням росту та зниженням стійкості до захворювань.

Дефіцит заліза є однією з головних причин хлорозу у рослин. Оскільки цей мікроелемент бере участь у синтезі хлорофілу та дихальних ферментів, його нестача призводить до порушення утворення пігменту, що робить листя блідим або жовтим. Уражаються переважно молоді листки, тоді як старі зберігають своє забарвлення.

Молібден необхідний для азотного обміну, особливо у бобових рослин. Його нестача проявляється у вигляді пригнічення росту, зморщуватості листків та накопичення нітратів, які не можуть бути засвоєні рослиною через порушення роботи ферменту нітратредуктази [4].

Підтримання оптимального рівня мікроелементів у ґрунті є важливим аспектом аграрного виробництва. Недостатня або надмірна кількість цих елементів може негативно впливати на обмін речовин у рослинах, що призводить до зниження врожайності та якості продукції. Ефективне управління мікроелементним живленням рослин потребує регулярного моніторингу складу ґрунту, застосування збалансованих мікродобрив та дотримання агротехнічних заходів, які допоможуть запобігти негативним наслідкам дефіциту або надлишку мікроелементів.

Регулювання рівня мікроелементів у ґрунті є важливим завданням агрономії, оскільки як їхній дефіцит, так і надлишок можуть негативно впливати на стан рослин і продуктивність сільськогосподарських культур. Оптимальне мінеральне живлення дозволяє підтримувати нормальний ріст рослин, підвищує їхню стійкість до стресових факторів і забезпечує високу врожайність [6].

Мікроелементи є незамінними компонентами мінерального живлення рослин, забезпечуючи їхній нормальний ріст, розвиток, стійкість до стресових факторів і високу врожайність. Оскільки природні запаси мікроелементів у ґрунті можуть зменшуватися внаслідок інтенсивного землеробства, важливо правильно поповнювати їхній рівень за допомогою різних агротехнологічних заходів. Сучасне сільське господарство використовує кілька методів внесення мікроелементів, серед яких застосування органічних і мінеральних добрив,

листяве підживлення, обробка насіння, а також використання біодобрих і нанотехнологій. Основним джерелом мікроелементів є органічні та мінеральні добрива. Органічні добрива, такі як перегній, компост і сидерати, збагачують ґрунт не лише основними макроелементами, а й мікроелементами.

Таблиця 1 Наслідки дефіциту та надлишку мікроелементів у сільськогосподарських культурах [5]

Мікроелемент	Симптоми нестачі	Вплив дефіциту на метаболізм рослин	Токсичний ефект надлишку
Бор (В)	Відмирання точок росту, деформація листя, порушення цвітіння, зниження формування зав'язі	Порушення синтезу клітинних стінок, проблеми з транспортуванням вуглеводів, зниження якості плодів	Некроз країв листків, пожовтіння, затримка росту, ураження кореневої системи
Цинк (Zn)	Карликовість рослин, міжжилковий хлороз, світлі плями на листках, слабкий розвиток колоса	Порушення синтезу ауксинів (гормонів росту), зниження стійкості до стресових умов, проблеми з білковим обміном	Пригнічення росту кореневої системи, зниження доступності заліза та міді
Мідь (Cu)	Скручування листя, слабкий розвиток коренів, порушення формування насіння, підвищена вразливість до хвороб	Порушення фотосинтезу, зниження активності ферментів, що беруть участь у синтезі білків	Зморшкуватість листя, гальмування росту, ураження коренів
Марганець(Mn)	Хлороз молодих листків, уповільнення росту, зниження стійкості до захворювань	Збої у фотосинтетичних реакціях, зниження синтезу вітамінів, ослаблення імунітету рослин	Утворення темних плям на листках, порушення обміну заліза та фосфору
Залізо (Fe)	Хлороз молодих листків, бліде або жовте забарвлення, пригнічений ріст	Порушення синтезу хлорофілу, уповільнення фотосинтезу, енергетичний дефіцит у рослин	Накопичення заліза в тканинах, блокування засвоєння марганцю та фосфору
Молибден (Mo)	Деформація листя, порушення азотного обміну, зниження продуктивності бобових культур	Нездатність перетворювати нітрати у засвоювані форми, зниження рівня білків	Зниження засвоєння міді, порушення білкового обміну, затримка росту

Мінеральні мікродобрива є ефективним способом швидкого поповнення мікроелементного складу ґрунту. Вони можуть бути представлені у вигляді водорозчинних солей, хелатних сполук або комплексних добрив, що містять кілька мікроелементів одночасно. Хелатні добрива мають високу засвоюваність і забезпечують швидке постачання мікроелементів у клітини рослин [7].

Останнім часом великої популярності набуває використання біодобрив та новітніх нанотехнологій для оптимізації мікроелементного живлення. Біодобрива містять корисні мікроорганізми, що розчиняють мінерали у ґрунті, роблячи їх доступними для рослин. Наприклад, деякі види бактерій можуть підвищувати доступність фосфору, заліза та марганцю. Нанотехнології дозволяють створювати добрива у вигляді наночастинок, які швидко проникають у клітини рослин і забезпечують ефективне використання мікроелементів навіть у низьких дозах. Таким чином, сучасні агротехнології пропонують широкий спектр методів внесення мікроелементів, що дозволяють покращити їхнє засвоєння та забезпечити оптимальні умови для росту сільськогосподарських культур. Поєднання органічних і мінеральних добрив, листового підживлення, обробки насіння та використання біотехнологій є запорукою високої врожайності та якості продукції, а також сприяє збереженню родючості ґрунту.

Висновок. Збалансоване мінеральне живлення є ключовим фактором для забезпечення високої врожайності та якості сільськогосподарської продукції. Мікроелементи відіграють критичну роль у фізіологічних процесах рослин, включаючи фотосинтез, білковий і вуглеводний обмін, розвиток кореневої системи та стійкість до стресових факторів. Їхній дефіцит або надлишок може значно знизити продуктивність культур, зробивши рослини вразливими до хвороб і несприятливих умов навколишнього середовища. Для підтримання оптимального рівня мікроелементів необхідно регулярно проводити моніторинг ґрунтового складу та фізіологічного стану рослин. Це дозволяє вчасно виявляти нестачу або токсичний надлишок елементів і коригувати живлення за допомогою відповідних агротехнічних заходів. Аналіз ґрунту, діагностика стану листків та використання точного землеробства є важливими складовими сучасного підходу до управління мінеральним живленням. Перспективним напрямом у сільському господарстві є використання сучасних технологій для оптимізації мінерального живлення, зокрема біодобрив, наночастинок, хелатних мікродобрив і методів точного внесення елементів. Інноваційні розробки дозволяють підвищити ефективність використання поживних речовин, зменшити втрати мікроелементів у ґрунті та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Рациональне управління мінеральним живленням сільськогосподарських культур сприяє підвищенню врожайності, покращенню якості продукції та збереженню родючості ґрунтів. Поєднання традиційних агротехнічних заходів із новітніми технологіями дає змогу забезпечити стійкий розвиток аграрного сектору та ефективне використання природних ресурсів.

Список використаної літератури

1. Важливість макро- та мікроелементів для розвитку рослин. URL: <https://superagronom.com/blog/418-vajlivist-makro--ta-mikroelementiv-dlya-rozvitku-roslin> (Дата звернення 10.03.2025 р.).
2. Краєвська Л., Шкатула Ю. Бобові рослини в агросфері Тиврівського району Вінницької області. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної

інтернет конференції: «Вітчизняна наука назламі епох: проблеми та перспективи розвитку». Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький, 2014. 4-9 с.

3. Корсун С. Г., Клименко І. І. Екотоксикологічний статус систем удобрення культур зерно-просапної сівозміни [Монографія]. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 212 с

4. Мащенко Ю.В., Семеняка І.М. Удосконалена технологія вирощування гречки в умовах Північного Степу України. Київ : Аграрна наука, 2018. 184 с

5. Свідерко М. С., Шувар А. М., Ткаченко Л. Ю., Тимчишин О. Ф., Беген Л. Л., Тимків М. Ю. Фотосинтетична продуктивність рослин озимої пшениці залежно від строків сівби й умов живлення. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2015. Вип. 58 (II). С. 90–97.

6. Філон В.І., Чечуй О.Ф., Георгиця Я.І., Чернушенко І.М., Приказюк С.В. та ін. Деякі аспекти використання функціональної діагностики живлення рослин. Вісник ХНАУ. 2017. №1. с.106-114.

7. Хоміна В.Я., Пастух О.Д. Агроекологічні аспекти вирощування гречки і проса у сумісних посівах в умовах Лісостепу Західного. Зрошуване землеробство. 2016. Вип. 65. С. 58–60.

Олександр МОСКАЛЮК²⁷,
студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ТЕХНОЛОГІЯ STRIP-TILL У ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ

***Анотація.** У статті розглянуто технологію Strip-Till як ефективний метод мінімального обробітку ґрунту для вирощування кукурудзи в Україні. Strip-Till поєднує елементи традиційного та нульового обробітку, забезпечуючи розпушення лише вузьких смуг ґрунту, що дозволяє зберігати вологу, зменшувати ерозію та підвищувати врожайність. Описано основні переваги технології, серед яких оптимальне прогрівання ґрунту, економія ресурсів та збереження природної структури ґрунту. Досліджено особливості застосування Strip-Till у різних агрокліматичних умовах, її економічну ефективність та можливість адаптації в українському аграрному секторі. Представлено підходи до внесення добрив у рамках цієї технології, що сприяють покращенню живлення рослин та розвитку кореневої системи.*

***Ключові слова:** технології, Strip-Till, кукурудза, сільське господарство, родючість.*

²⁷ Науковий керівник – Шевченко Н. В., к. с.-г. н., старший викладач кафедри рослинництва та садівництва ВНАУ.

Annotation. *The article discusses the Strip-Till technology as an effective method of minimal tillage for corn cultivation in Ukraine. Strip-Till combines elements of traditional and no-till cultivation, ensuring that only narrow strips of soil are loosened, allowing moisture to be retained, erosion reduced and yields increased. The main advantages of the technology are described, including optimal soil heating, saving resources and preserving the natural soil structure. The peculiarities of the use of Strip-Till in various agro-climatic conditions, its economic efficiency and the possibility of adaptation in the Ukrainian agricultural sector have been studied. Approaches to fertilization within the framework of this technology, which contribute to the improvement of plant nutrition and the development of the root system, are presented.*

Keywords: *technology, Strip-Till, corn, agriculture, fertility.*

Вступ. Кукурудза є однією з ключових сільськогосподарських культур у світі завдяки її широкому використанню в харчовій, кормовій та промисловій сферах. В Україні кукурудза займає значну частку в структурі посівних площ, що зумовлює потребу в оптимізації технологій її вирощування. Традиційні методи обробітку ґрунту, такі як оранка, часто призводять до деградації ґрунтів, ерозії та втрати вологи, особливо в умовах зміни клімату. Технологія Strip-till (смуговий обробіток) набуває популярності як альтернатива, що дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити економічну ефективність.

Strip-till передбачає обробіток ґрунту лише в вузьких смугах, де висіваються насіння, залишаючи міжряддя необробленими. Це забезпечує збереження рослинних решток на поверхні, покращує водоутримуючу здатність ґрунту та сприяє накопиченню органічної речовини. Метою статті є аналіз переваг технології Strip-till у вирощуванні кукурудзи та оцінка її перспектив для українських аграріїв.

Виклад основного матеріалу дослідження. В Україні кукурудза є цінною сільськогосподарською культурою, вирощування якої вимагає ретельного врахування властивостей і стану ґрунтів. Використання методу мінімальної обробки ґрунту, відомого як Strip-Till, може значно підвищити врожайність. Ця технологія поєднує елементи традиційного обробітку та нульового втручання, передбачаючи розпушування лише вузьких смуг ґрунту, в які висівається насіння. Завдяки цьому забезпечується одночасне підсушування та прогрівання ґрунту, а також оптимальне зволоження оброблених ділянок [1].

В агротехнічній практиці існує безліч методів підготовки ґрунту, кожен з яких може бути оптимальним для певних умов та регіонів. Технологія Strip-Till була розроблена у Сполучених Штатах і згодом адаптована в Європі. Вона виникла як модифікація технології прямого посіву (No-Till) у відповідь на зміну агрокліматичних умов. Strip-Till найбільше підходить для вирощування рядкових культур, зокрема кукурудзи, для якої вона спочатку й була створена в США. В останні роки ця технологія знаходить дедалі ширше застосування в Україні, оскільки дозволяє підвищити врожайність на малородючих і посушливих землях, одночасно знижуючи витрати на паливо та технічні ресурси.

Головною особливістю цієї технології є смуговий обробіток ґрунту: розпушення відбувається лише у вузьких рядках, призначених для посіву, тоді як решта ґрунту залишається недоторканою. Це дозволяє зберігати вологу, зменшувати ризик ерозії та покращувати ефективність використання добрив.

В Україні технологія Strip-Till набуває все більшої популярності, особливо у вирощуванні кукурудзи, проте ще не є широко розповсюдженою. Її застосування дозволяє уникнути перегортання ґрунтового шару, зберігаючи природну капілярність, що сприяє накопиченню та збереженню вологи. Крім того, стрічковий обробіток допомагає зменшити ущільнення ґрунту, забезпечити точне внесення добрив та отримати вищу врожайність навіть на малородючих землях. Окрім цього, технологія сприяє зниженню витрат на паливно-мастильні матеріали та технічні ресурси завдяки меншій кількості проходів техніки по полю. Strip-Till також забезпечує краще використання поживних решток, які залишаються на поверхні та слугують природним мульчуючим шаром, що зменшує ризик водної та вітрової ерозії. Завдяки поєднанню елементів традиційного та нульового обробітку, ця технологія є екологічно безпечним методом ведення сільського господарства, що відповідає сучасним вимогам сталого агровиробництва.

Технологія Strip-Till поєднує елементи традиційного та нульового обробітку ґрунту, створюючи ефективну систему для збереження родючості та підвищення продуктивності аграрного виробництва. Схема обробітку ґрунту наведена на рис. 1.

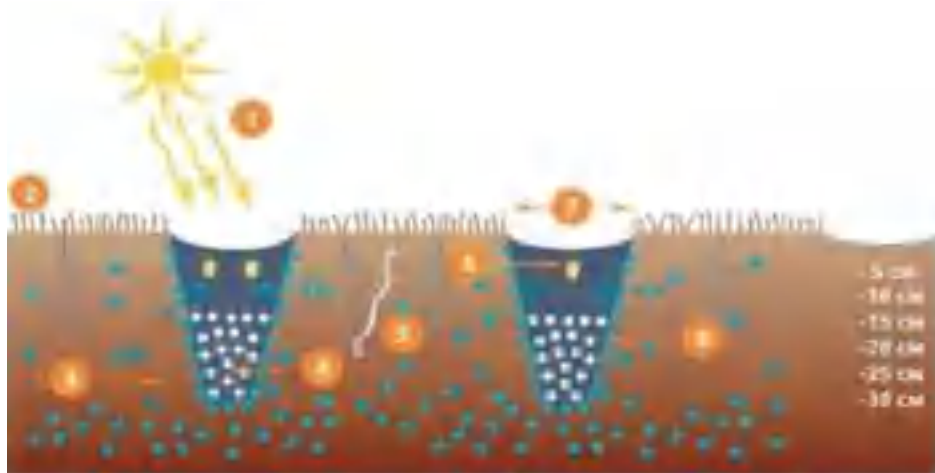


Рис. 1. Технологія обробітку ґрунту, за стрип-тілл: 1 – сонячні промені; 2 – рослинні рештки; 3 - необроблений ґрунт; 4 – добрива; 5 – біота ґрунту; 6 – насіння сільськогосподарської культури; 7 – оброблена смуга; 8 – волога.

Джерело: сформовано автором на основі [1].

Смуговий обробіток, як ресурсозберігаюча технологія з перспективою її застосування в посушливих умовах, є досить перспективним при вирощуванні технічних культур (рис. 2.).



Рис. 2. Вирощування кукурудзи за технологією стрип-тілл
Джерело: сформовано автором на основі [2].

Основними підходами до впровадження технології Strip-Till є її роздільне або поєднане застосування. При роздільному методі смуги формуються заздалегідь, а посів здійснюється пізніше, тоді як у поєднаному варіанті ці процеси виконуються одночасно. Світове сільськогосподарське машинобудування пропонує різні техніко-технологічні рішення для реалізації цієї технології. У разі роздільного способу використовуються окремі агрегати для формування смуг і для посіву, а при поєднаному – ці функції об'єднуються в одному агрегаті, оснащеному універсальною сівалкою. Такий підхід дозволяє зменшити витрати на техніку та час на виконання агротехнічних заходів. Крім того, поєднане застосування знижує ризик пошкодження вже сформованих смуг, забезпечуючи точність і ефективність внесення добрив і насіння. Вибір між роздільним і поєднаним методом залежить від специфіки господарства, технічного оснащення та агрокліматичних умов конкретного регіону.

Відзначимо особливості та переваги технології Strip till в Україні для вирощування кукурудзи:

- 1) смуговий обробіток передбачає корисний захист поверхні пожнивними рештками;
- 2) оброблені частини ділянок насичуються повітрям та киснем, що допомагає в прискореному розкладанні органічних речовин;
- 3) такий обробіток якісно нагріває ґрунт, він також покращує насінневе ложе та забезпечує необхідні аеробні умови;
- 4) в порівнянні з інтенсивним обробітком, Strip till забезпечує більше вологи в ґрунті;
- 5) додаткова користь технології полягає в значному зменшенні витрат та економії часу та зусиль [1].

При застосуванні технології Strip-Till основними цілями є:

- 1) створення оптимального сформованого простору у місці проростання коріння за рахунок розпушування ґрунту, прибирання з місця майбутнього рядка пожнивних решток та наступного зворотного ущільнення ґрунту;
- 2) отримання оптимальної структури ґрунту перед посівом за рахунок вирівнювання поверхні поля з застосуванням прикочувальних котків;

3) економія на витратах виробничих засобів за рахунок зменшення кількості проведених агротехнічних заходів та меншого використання потужної техніки для оранки, тощо;

4) забезпечення доступу рослин до ґрунтових вод за рахунок дотримання капілярності ґрунту, особливо у міжряддях, де порушення ґрунтової структури не відбувається, а також під рядком при відповідному зворотному ущільненні;

5) захист від водної та вітрової ерозії перш за все за рахунок покращення структури ґрунту, уникнення утворення занадто дрібного шару ґрунту на поверхні поля, а також утримувальній дії пожнивних решток у міжряддях;

6) ефективне підкореневе підживлення рослин на різних рівнях глибини з використанням навіть кількох окремо внесених видів добрив [3].

Розглянемо особливості застосування у табл. 1.

Таблиця 1. Особливості застосування Strip-Till

Техніка	Для Strip-till потрібне спеціалізоване обладнання — культиватори для смугового обробітку, сівалки точного висіву та системи внесення добрив. В Україні популярні агрегати від таких брендів, як KUNN чи John Deere.
Час обробки	Існують два підходи: осінній (для важких ґрунтів із достатньою вологістю) і весняний (для легких ґрунтів із дефіцитом води). Вибір залежить від місцевих умов.
Добрива	Технологія дозволяє вносити поживні речовини (азот, фосфор, калій) на різну глибину в межах смуги, що підвищує їх ефективність.
Підвищення родючості ґрунту	Технологія Strip-Till сприяє збереженню природної капілярності ґрунту, що дозволяє зберігати вологу, зменшує ущільнення та покращує аерацію кореневої системи, що позитивно впливає на ріст рослин.
Захист від ерозії	Використання смугового обробітку допомагає зменшити ризик ерозії ґрунту, оскільки ґрунт залишається недоторканим між обробленими смугами. Це також сприяє збереженню води в ґрунті, що є важливим фактором у посушливих регіонах.

Джерело: сформовано автором на основі [2].

Ці особливості роблять технологію Strip-Till ефективною для широкого спектра аграрних умов, зокрема для вирощування кукурудзи та інших рядкових культур.

Однією з ключових переваг технології Strip-Till є можливість одночасного розпушування, посіву та внесення добрив. Сучасні агрегати, такі як Horsch Focus, оснащені поділеними на три секції бункерами та спеціальними робочими органами, що дозволяє одночасно вносити насіння і два різні види добрив на різну глибину: до 25 см у ґрунт та на 5 см під його поверхню [3].

Доцільним є внесення добрив залежно від їхньої рухливості у ґрунті. Так, малорухомі елементи, такі як фосфор і калій, ефективніше закладати на більшу глибину, тоді як азотні добрива доцільно вносити поверхнево для стимулювання розвитку рослин на початкових етапах росту. Глибоке внесення добрив (до 30 см) сприяє формуванню потужної кореневої системи, особливо якщо на цій глибині зосереджені фосфорні сполуки.

Оскільки фосфор у ґрунті майже не переміщується, навіть через рік після внесення рослини можуть засвоювати раніше закладені добрива. На певному

етапі розвитку коренева система досягає цих запасів поживних речовин і вологи, що накопичується на відповідній глибині. Це забезпечує кращу живильну підтримку рослин та підвищує їхню стійкість до посушливих умов.

Особливу роль у технології Strip-Till відіграє поверхнєве внесення добрив, що є критично важливим для кукурудзи. Вона формує повітряні корені з перших 2–3 вузлів, і саме ці корені активно засвоюють поживні речовини з верхнього шару ґрунту. Оскільки кукурудза часто вирощується на одному полі протягом кількох років, варто застосовувати ротаційне зміщення рядків – наступного року висівати культуру в середину міжряддя, а ще через рік повертати її на попереднє місце. Це сприяє рівномірному використанню поживних речовин і зменшує проблеми з залишками стерні.

Технологія Strip-Till демонструє високу ефективність у вирощуванні кукурудзи як за показниками врожайності, так і з точки зору економічної доцільності. Зниження витрат на паливно-мастильні матеріали та мінеральні добрива робить цей метод рентабельним. Для його впровадження фактично потрібні лише два види техніки: ґрунтообробний агрегат, який формує смуги та одночасно вносить добрива, а також сівалка, адаптована до смугового обробітку. Strip-Till дозволяє використовувати як осінній, так і весняний обробіток, що робить цю технологію гнучкою та ефективною в різних агрокліматичних умовах.

Технологія Strip-Till також позитивно впливає на структуру ґрунту, оскільки мінімальна механічна обробка зберігає природну мікрофлору та органічні речовини, що сприяє покращенню його родючості в довгостроковій перспективі. Завдяки збереженню залишків попередніх культур на поверхні, технологія допомагає знизити ерозію та утримує вологу в ґрунті, що є особливо важливим у районах з недостатньою кількістю опадів. Це дозволяє створити оптимальні умови для росту кукурудзи, що є однією з найбільш чутливих до змін клімату культур. Крім того, Strip-Till дає змогу зберігати більше часу для інших агротехнічних заходів, таких як сівба чи захист рослин, що підвищує ефективність загального аграрного процесу.

Висновки. Технологія Strip-Till є ефективним рішенням для вирощування кукурудзи, особливо в умовах дефіциту вологи та необхідності раціонального використання ресурсів. Вона поєднує переваги традиційного та нульового обробітку ґрунту, дозволяючи підвищити врожайність, зменшити витрати та зберегти родючість ґрунту. Використання цієї технології сприяє покращенню структури ґрунту, зниженню його ерозії, підвищенню ефективності використання добрив та оптимізації водного режиму. Strip-Till особливо актуальний для регіонів із посушливим кліматом, де важливо зберігати природну вологу в ґрунті. Незважаючи на те, що впровадження цієї технології потребує спеціалізованої техніки та адаптації агротехнологічних процесів, довгострокові переваги, такі як підвищення продуктивності, збереження ґрунтових ресурсів та зменшення витрат на обробіток, роблять її перспективним напрямом у сучасному агровиробництві.

Список використаної літератури

1. Важливі нюанси застосування Strip till при вирощуванні кукурудзи. URL: <https://healthysoil.in.ua/nyuansy-zastosuvannya-strip-till-kukurudzi/> (дата звернення: 05.03.2025).
2. Кравчук В., Броварець О., Новохацький М., Шустік Л. Технологія Strip-Till на вирощуванні сільськогосподарських культур. *Техніка і технології АПК*. 2014. №4. С. 7–12.
3. Особливості застосування та переваги технології Strip-Till. URL: <https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-zastosuvannya-ta-perevagy-tehnologiyi-strip-till/> (дата звернення: 05.03.2025).
4. Шаргородський С.А., Галанський В.В. Основні конструкції секцій для внесення добрив у розрізі технології Strip-till. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 4 (119). С. 61-67.

Дарина НАЛУЦИШЕНА²⁸,

Студентка 3 курсу,
Факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

АНАЛІЗ СОРТІВ ГОРОХУ ЗА ПОХОДЖЕННЯМ В РЕЄСТРІ УКРАЇНИ НА 2024 РІК

Анотація. *Горох (Pisum sativum L.) – це одна з ключових зернобобових культур, яка має широке застосування в сільському господарстві. Характеризується високим вмістом білка, здатністю збагачувати ґрунт азотом. Також культура може використовуватись у різних напрямках виробництва. В умовах сучасного агровиробництва велике значення має вибір сорту, який визначає врожайність, стійкість до захворювань та шкідників, адаптивність до ґрунтово-кліматичних умов регіону.*

Визначення сортових особливостей гороху дозволяє визначити найбільш продуктивні та стійкі до стресових факторів сорти, що сприятиме підвищенню ефективності його вирощування.

Державний реєстр сортів України щорічно оновлює свій список, додаючи більш нові та ефективні для використання сорти та виносить зі списку сорти, які з часом втратили свою ефективність та актуальність.

У цій статті проведено аналіз різних сортів гороху з Державного реєстру сортів України на 2024 рік за основними морфологічними та агрономічними показниками, з метою обґрунтування їхнього потенціалу для вирощування в конкретних агроекологічних умовах. Наведено характеристики деяких сортів, доданих в список у 2024 році.

²⁸ Науковий керівник – Мазур О. В., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва

Ключові слова: горох, сорт, Державний реєстр сортів України, продуктивність, аналіз, врожайність, показники.

Annotation. Pea (*Pisum sativum* L.) is one of the main legume crops, which is widely used in agriculture. It is characterized by a high protein content in the soil, the ability to enrich nitrogen. The crop can also be used in various areas of production. In the conditions of modern agricultural production, the choice of variety is of great importance, which determines yield, resistance to diseases and pests, adaptability to soil and climatic conditions of the region.

Determining the varietal characteristics of peas allows you to ensure the highest productivity and resistance to stress factors of the variety, which will contribute to increasing the efficiency of its cultivation.

The State Register of Varieties of Ukraine annually updates its list, adding newer and more effective varieties for use and selecting varieties from the list that have lost their effectiveness and relevance over time.

This article analyzes various pea varieties from the State Register of Varieties of Ukraine for 2024 according to the main morphological and agronomic indicators, in order to substantiate their potential for cultivation in specific agroecological conditions. The characteristics of some varieties added to the list in 2024 are given.

Keywords: peas, variety, State Register of Varieties of Ukraine, productivity, analysis, yield, indicators.

Вступ. Горох є однією з основних (після сої) бобових культур, що займає далеко не останнє місце в аграрному секторі України. Завдяки своїм поживним властивостям, високій врожайності та екологічним перевагам, горох займає ключову позицію серед культур, що вирощуються як для кормових, так і для продовольчих потреб. В Україні горох вирощують на великих площах, зокрема в степових та лісостепових зонах, де він є важливим елементом сівозміни завдяки своїй здатності до фіксації азоту: він здатний залишати в ґрунті 40-60 кг/га азоту, та являється одним з найкращих попередників для зернових культур [1].

Одним з основних аспектів, що визначає ефективність вирощування гороху, є правильний вибір сорту, що відповідає специфічним умовам вирощування та потребам агрономів. Сорт повинен мати здатність адаптуватись до змін умов та клімату, тобто бути пластичним, та забезпечити стабільно високий врожай щорічно [1]. У зв'язку з цим, система реєстрації сортів гороху в Україні має важливе значення, адже вона дозволяє відстежувати та оцінювати доступні для виробників сорти, їх походження, агрономічні характеристики та адаптаційні властивості до умов українського клімату.

Актуальність цієї теми зростає через потребу в гарантуванні продовольчої безпеки, підвищенні врожайності та покращенні якості сільськогосподарської продукції в умовах кліматичних змін і економічної нестабільності.

Виклад основного матеріалу. Аналіз сортів гороху за походженням у контексті їх реєстрації на 2024 рік є важливим для розуміння сучасного стану сортової бази в Україні. Це дослідження дозволяє не лише оцінити тенденції у

використанні іноземних та вітчизняних сортів, а й виявити проблеми, що можуть виникати в процесі їх реєстрації та адаптації до українських умов.

Розповсюдженою проблемою гороху є підвищене вилягання високорослих рослин у роки з надмірним волого забезпеченням. Це своєю чергою сприяло появі й розповсюдженню хвороб серед культури.

Ця проблема спричинила низку дослідів, та, з часом, появи в аграрному секторі безлисточкових сортів гороху, що своєю чергою сприяло покращенню врожайності та зменшенню вилягання. Такі сорти характеризуються неосипанням зерна, значною стійкістю проти вилягання, меншою кількістю уражених хворобами рослин (Гайдук, Оплот, Отаман, Малахіт) [2]. Наявний стабільно рівний ріст стебла, що збільшує ефективність росту та продуктивність культури. Створюються кращі умови освітлення по всій висоті рослини. З часом дослідження показали, що безлисточкові сорти не лише є стійкими до вилягання, а й по ефективності перевищують навіть найкращі листочкові сорти [3].

Реєстром пропонуються сорти з різними періодами стиглості - від ранньо- (Златогор, Мелітополь) до середньо- (Еlegant, Оксамит, Красень) та пізньостиглих (Петрівка, Сяйво, Гостинець), що дає можливість оптимізувати збір врожаю [2].

У 2024 році Державний реєстр поповнили 5 новими сортами гороху, які характеризуються досить високими показниками. Далі наведені характеристики кожного з них.

Іконік. Походження - Франція. Тип розвитку - ярий. Стебло за довжиною середнє. Кількість вузлів на стеблі велика. Листочки у сорту відсутні. Пізній час цвітіння. До двох квіток на вузлі. Забарвлення квітів біле. Біб за довжиною короткий, за шириною вузький. Кількість насіннєвих зачатків мала. Маса насіння - середня. У сорту наявна стійкість проти фузаріозу.

Обрій. Український сорт. Тип розвитку- ярий. Стебло за довжиною середнє. Кількість вузлів на стеблі велика. Безлисточковий сорт. Пізній час цвітіння. Максимальна кількість квіток на вузлі - три. Біб за довжиною середній, за шириною широкий. Кількість насіннєвих зачатків середня. Маса насіння мала. У сорту наявні стійкості проти фузаріозу, аскохітозу, борошнистої роси.

Сотник. Український сорт. Тип розвитку- ярий. Стебло за довжиною середнє. Велика кількість вузлів на стеблі. Безлисточковий сорт. Час цвітіння - пізній. Максимальна кількість квіток на вузлі - дві. Біб за довжиною середній, за шириною широкий. Кількість насіннєвих зачатків - середня. Форма насіння циліндрична. Маса насіння - середня. Сорт має стійкість проти фузаріозу, борошнистої роси, аскохітозу [4].

Карактер. Сорт, походженням із Франції. Тип розвитку – ярий. Стебло за висотою високе. Особливістю є жовте зерно. Пізній час цвітіння. Характеризується високою врожайністю, продуктивністю. Наявний високий вміст білка. Стійкий до вилягання [5].

Феро. Озимий сорт. Походження – Франція. Середній термін цвітіння. Пізньостиглий сорт. Стійкий до холоду та вилягання. Толерантний до хлорозу.

Низький вміст білка. Висока врожайність. Стійкий до аскохітозу та бактеріозу [6].

На 2024 рік Державний реєстр сортів рослин України нараховує 81 сортів, які в свою чергу поділяють на категорії: зерновий (73) та озимий (8).

У списку нараховуються сорти як вітчизняного, так і іноземного походження:

- Україна – 21 сорт;
- Франція – 28;
- Чехія – 13;
- Німеччина – 6;
- Данія – 4;
- Бельгія – 3
- Нідерланди – 3;
- Сербія – 3 [7].

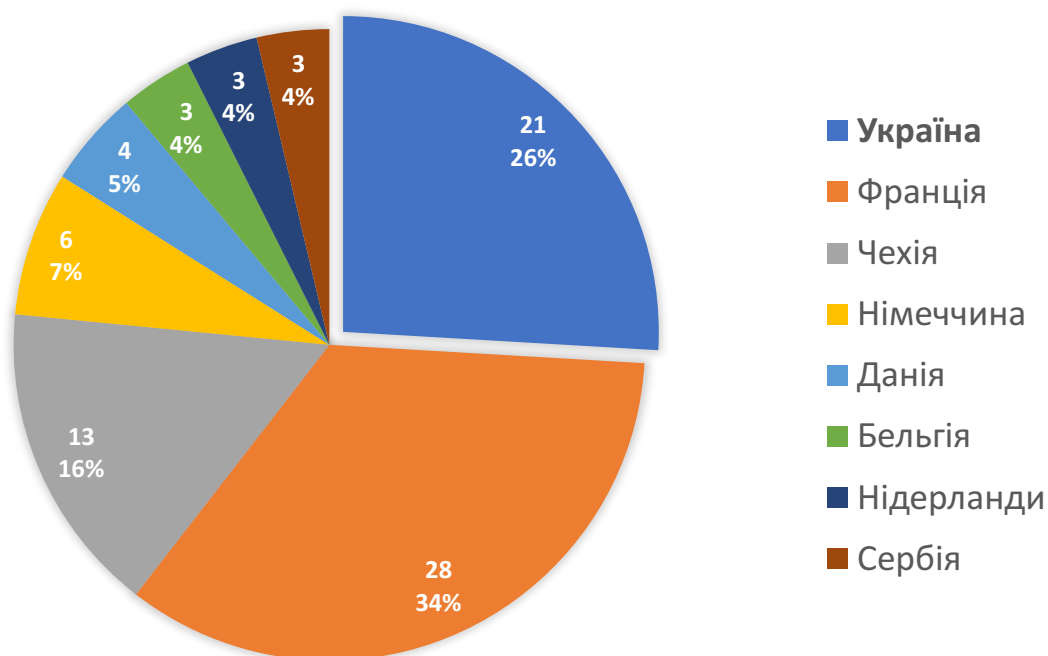


Рис. 1. Розподіл сортів гороху за країнами походження в Державному реєстрі сортів рослин на 2024 рік [7]

Розглянувши діаграму, можна зрозуміти, що 26% сортів гороху мають українське походження, тоді як інші 74% являють собою зарубіжні сорти. Найбільшу частку гороху займають саме французькі сорти.

Найважливішою для вибору сорту з усіх характеристик гороху можна вважати врожайність. Загалом горох характеризується високою врожайністю та продуктивністю. Найкращими сортами за врожайністю визначаються сорти Албум (3,78 т/га), Гайдук (3,76 т/га), Тренді (3,75 т/га), Вербал (3,67 т/га), Есо (3,53 т/га), Саксон (3,4 т/га), Карпати (3,37 т/га), Протін (3,36 т/га), Дарунок степу та Люмп (3,29 т/га). Загалом ці сорти мають непогану стійкість до несприятливих екологічних факторів та ураження різними типами захворювань.

Таблиця 1. Характеристики найкращих за врожайністю сортів за стійкістю до несприятливих умов.

Сорт	Врожай-ність	Стійкість до вилягання	Стійкість до обсіпання	Стійкість до посухи	Стійкість до фузаріозу	Стійкість до аскохітозу	Стійкість до борошнистої роси
Албум	3,78 т/га	6,6	8,2	8,7	8,8	8,5	8,7
Гайдук	3,76 т/га	7,2	8,3	8,5	8,8	8,8	8,7
Тренді	3,75 т/га	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Вербал	3,67 т/га	6,5	8,2	8,8	8,8	8,8	8,7
Есо	3,53 т/га	7,0	7,9	8,3	8,8	8,7	8,7
Саксон	3,4 т/га	6,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0
Карпати	3,37 т/га	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0
Протін	3,36 т/га	5,0	7,0	6,0	9,0	7,0	7,0
Дарунок степу	3,29 т/га	6,3	8,1	8,3	8,8	8,4	8,6
Люмп	3,29 т/га	8,0	8,0	7,0	9,0	8,0	8,0

Проаналізувавши список сортів гороху з реєстру, можна виділити сорти з найкращими показниками стійкості проти різних несприятливих умов:

- найстійкішими до вилягання є сорти гороху: Саламанка (8,8 бала); Астронавт, Аудіт, Гамбіт, Лессна (8,5); Мазепа, Слован (8,4); Авенгер, Боксер, Босфор, Меценат (8,3);
- найстійкішими до осипання насіння виявилися сорти: Босфор (8,4); Астронавт, Гайдук, Гамбіт, Мазепа, Саламанка, Слован (8,3); Албум, Аудіт, Боксер, Вербал, Меценат (8,2);
- найстійкішими до посухи є сорти: Вербал (8,8); Албум, Ассас (8,7); Кампус (8,6); Гайдук, Пристань (8,5); Дарунок степу, Есо (8,3); Авенгер, Астронавт, Аудіт, Боксер, Гамбіт, Круїз, Меценат (8,2).

Стійкість проти хвороб також мають важливе значення у продуктивності гороху. Селекціонери здійснюють безліч досліджень для забезпечення горохом стійкості. Найпоширенішими видами хвороб у посівах гороху є пероноспороз або несправжня борошниста роса, кореневі гнилі або фузаріоз, аскохітоз.

- найбільш стійкі сорти гороху до борошнистої роси: Галактик, Козачок, Рейн, Торпедо (9 балів); Пристань (8,8); Албум, Вербал, Гайдук, Есо (8,7); Дарунок степу – (8,6);
- найбільш стійкі сорти гороху до фузаріозу: Аватар, Аякс, Білий ангел, Велетень, Галактик, Капітан, Карені, Карпати, Люмп, Мадрас, Мікка, Остінато, Посейдон, Протін, Рейн, Саксон, Торпедо, Хамелеон (9,0);
- найбільш стійкі сорти гороху до аскохітозу: Аудіт, Вербал, Гайдук, Пристань (8,8); Есо (8,7); Саламанка (8,6); Албум, Ассас, Боксер, Босфор, Кампус, Мазепа, Слован (8,5) [7].

Сучасні сортові ресурси дозволяють підібрати найбільш адаптований до відповідних ґрунтово-кліматичних умов сорт гороху, що буде стійким до захворювань та несприятливих умов навколишнього середовища.

Висновок. У результаті проведеного аналізу сортів гороху на 2024 рік було встановлено, що вибір сорту має вирішальне значення для забезпечення

стабільної врожайності та високої якості продукції. Дослідження показали, що сучасні сорти гороху відрізняються за стійкістю до хвороб, посухостійкістю та технологічними властивостями.

За графіком походження сортів можна побачити, що 26% усіх сортів гороху, тобто $\frac{1}{4}$, мають українське походження, тоді як інші 74% - іноземного походження.

Отримані результати дозволяють рекомендувати для вирощування найбільш продуктивні та адаптовані сорти, які демонструють високу стійкість до стресових факторів і відповідають сучасним вимогам агровиробництва. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення технологій вирощування та розробку нових, більш продуктивних сортів гороху, здатних ефективно реагувати на зміни клімату та підвищені агротехнічні вимоги.

Список використаної літератури

1. Рибальченко, А. М., Уфанцев, М. С. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ СОРТІВ ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ. *IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні аспекти і технології у захисті рослин»*, 2023. С. 121.

2. Незамінний горох. Головне управління «Держпродспоживслужби в Хмельницькій області» 2024: веб-сайт. URL: <https://consumerhm.gov.ua/3697-nezaminnij-gorokh> (дата звернення 11.03.2025).

3. Уфанцев М. С. «Формування насінневої продуктивності гороху залежно від сортових властивостей». Кваліфікаційна робота. 2023. С. 5.

4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України. 2019 – 2024, веб-сайт. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (дата звернення: 03.02.2025).

5. KARACTER. farmi 2025: веб-сайт. URL: https://www.farmi.com/p/karacter--SEM_POIS_DE_PRINTEMPS_KARACTER (дата звернення 15.13.2025)

6. FEROE. Terres Inovia. 2025: веб-сайт. URL: <https://www.myvar.fr/pois-d-hiver/feroe-2752> (дата звернення 15.13.2025).

7. Рибальченко А.М., Іваненко Р.С. ОЦІНКА СОРТОВИХ РЕСУРСІВ ГОРОХУ ЗА КОМПЛЕКСОМ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 139. Ч. 2. С. 31–40.

Максим ОПЛАКАНСЬКИЙ²⁹,
студент 3-го курсу,
Факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

МАРКЕР-АСОЦІЙОВАНА СЕЛЕКЦІЯ. ГЕНОМНІ МАРКЕРИ ЯК ВИД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ У СЕЛЕКЦІЇ РОСЛИН

***Анотація.** Маркер-асоційована селекція (MAS) виступає одним із найперспективніших методів сучасної селекції рослин, ефективно використовуючи геномні маркери для ідентифікації ключових ознак у генотипах. Цей підхід дозволяє значно прискорити створення нових сортів, акцентуючи увагу на генах, що забезпечують стійкість до захворювань, посухи, підвищення врожайності та інших важливих агрономічних характеристик. У статті детально аналізуються основні види геномних маркерів, їхня роль у селекційному процесі та перспективи практичного застосування MAS у сучасних програмах селекції. Окремо висвітлюються досягнення з використання молекулярних маркерів для розширення генетичної різноманітності та підвищення адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур.*

***Ключові слова:** маркер-асоційована селекція, геномні маркери, селекція рослин, генетичні характеристики, стійкість до захворювань, урожайність, молекулярна біологія.*

***Annotation.** Marker-assisted selection (MAS) is one of the most promising methods of modern plant breeding, effectively using genomic markers to identify key traits in genotypes. This approach can significantly accelerate the creation of new varieties, focusing on genes that provide resistance to disease, drought, increased yields and other important agronomic characteristics. The article analyzes in detail the main types of genomic markers, their role in the breeding process and the prospects for the practical application of MAS in modern breeding programs. The achievements in the use of molecular markers for the expansion of genetic diversity and increase of adaptive potential of crops are highlighted.*

***Keywords:** marker-assisted selection, genomic markers, plant breeding, genetic characteristics, disease resistance, yield, molecular biology.*

Вступ. Сучасна селекція рослин постає перед низкою складних викликів, серед яких провідними є кліматичні зміни, деградація ґрунтів, а також поширення нових хвороб і шкідників. У відповідь на ці загрози розробляються інноваційні підходи, що дозволяють створювати високоврожайні та стійкі до стресових факторів культури.

²⁹ Науковий керівник – Гетман Н. Я., доцент кафедри рослинництва та садівництва.

Одним із таких передових методів є маркер-асоційована селекція (MAS), яка базується на застосуванні геномних маркерів для цілеспрямованої ідентифікації цінних генетичних характеристик. Завдяки цьому підходу відкриваються перспективи значного пришвидшення процесів створення нових сортів. MAS забезпечує використання молекулярних маркерів для високоточного відбору рослин із бажаними агрономічними властивостями. На відміну від традиційних методів, які потребують значного часу й ресурсів, цей підхід дозволяє здійснювати відбір на основі генотипу ще на ранніх етапах росту рослини, обходячи тривалі польові випробування.

В результаті селекційні програми стають економічно ефективнішими, а час розробки нових сортів суттєво зменшується. Масове впровадження молекулярних маркерів у селекційні практики за останні десятиліття суттєво розширило генетичний потенціал багатьох культурних видів. Селекціонери отримали інструмент, що дозволяє точно модифікувати геном рослин з метою створення сортів, адаптованих до специфічних потреб.

Особливо це актуально для підвищення їхньої стійкості до хвороб, шкідників та несприятливих умов середовища. У межах маркер-асоційованої селекції використовуються різні типи геномних маркерів, такі як поліморфізм окремих нуклеотидів (SNP), мікросателітні маркери (SSR) та інші. Кожен із цих типів має свої переваги, а їх вибір залежить від конкретних завдань селекційної програми. Застосування таких маркерів дозволяє досягти високої точності при відборі рослин, знижуючи ризик втрати перспективних характеристик у процесі гібридизації та відбору.

Загалом, маркер-асоційована селекція є однією з ключових технологій сучасного рослинництва. Завдяки її використанню стає можливим ефективно вирішення питань підвищення продуктивності, адаптації до стресових умов та посилення стійкості до хвороб. Вивчення й активне впровадження генетичних маркерів у селекційні програми сприяють створенню нових сортів, які відповідають викликам сучасного сільськогосподарського виробництва та вимогам ринку.

Виклад основного матеріалу. Маркер-асоційована селекція (MAS) є одним із найсучасніших і революційних підходів до покращення рослин, який інтегрує традиційні селекційні методи з можливостями молекулярної генетики. Вона значно підвищує точність і прискорює реалізацію селекційних програм.

Якщо у традиційній селекції основний акцент робився на аналізі фенотипічних ознак рослин, що залежали від ряду зовнішніх факторів і вимагали тривалих польових досліджень, то використання геномних маркерів усуває ці труднощі. Це дозволяє селекціонерам проводити більш ефективний відбір на основі конкретних генетичних характеристик [2].

Геномні маркери представляють собою специфічні фрагменти ДНК, що пов'язані з певними генами або ділянками геному, які відповідають за розвиток бажаних ознак у рослин. Такий підхід дає можливість визначати наявність або відсутність важливих генетичних ознак вже на початкових стадіях росту рослини. Завдяки цьому процес відбору суттєво оптимізується, скорочуються

часові витрати, а необхідність у масштабних польових випробуваннях значною мірою знижується.

Найпоширенішими типами геномних маркерів, які використовуються сьогодні, є SNP-маркери (поліморфізм окремих нуклеотидів), мікросателітні маркери (SSR), а також інші види молекулярних маркерів. Зокрема, SNP-маркери вирізняються високою точністю та швидкістю у виявленні генетичних відмінностей між рослинами. Вони особливо цінні для розробки сортів, стійких до хвороб, адже можуть допомогти у виявленні генетичних чинників, які забезпечують опірність патогенам.



Рис.1. Ілюстрація до маркерної технології та геномної селекції

MAS грає ключову роль у вирішенні сучасних селекційних завдань, особливо в підвищенні стійкості до біотичних (шкідники та хвороби) і абіотичних (зміни клімату, засоленість ґрунту) стресів. Наприклад, селекція на хворобостійкість—один із найбільш пріоритетних напрямків, оскільки патогени можуть призводити до значних втрат урожаю. Завдяки використанню масових геномних даних дослідники можуть вводити гени стійкості в нові сорти, що суттєво знижує потребу у пестицидах та засобах хімічного захисту [3].

Крім стійкості до хвороб, MAS широко застосовується для вдосконалення важливих агрономічних ознак, таких як підвищення врожайності, покращення якості продукції чи забезпечення стійкості до несприятливих умов довкілля. Наприклад, для зернових культур це може означати покращення складу білків і клейковини—ключових параметрів для продовольчої промисловості.

Використання геномних маркерів дозволяє на ранніх етапах розвитку рослин виділяти екземпляри з необхідними показниками, що значно підвищує ефективність селекційного процесу і забезпечує швидкий прогрес у створенні високопродуктивних сортів [6].

Маркер-асоційована селекція є одним із найважливіших інструментів для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Завдяки використанню геномних маркерів селекціонери можуть точно ідентифікувати гени, пов'язані з високою врожайністю, і цілеспрямовано впроваджувати їх у нові сорти. Це набуває особливого значення в контексті зростаючого попиту на продукти харчування, адже забезпечення стабільно високих врожаїв є головною метою сучасних агропрограм.

Геномні маркери також слугують вагомим засобом для селекції сортів, здатних протистояти абіотичним стресам, таким як посуха чи низькі температури. Наприклад, у регіонах із дефіцитом води здатність рослин протистояти посухам стає вирішальним фактором для отримання доброго врожаю. Завдяки маркер-асоційованій селекції можливо з високою точністю виявляти гени, що забезпечують стійкість до таких стресових умов, і впроваджувати ці знання в селекційні практики.

Крім того, важливою перевагою використання геномних маркерів є збереження та примноження генетичного різноманіття рослин. Такий підхід дозволяє знизити ризик втрати цінних генетичних ресурсів, адже відбір здійснюється на основі конкретних бажаних ознак. Це сприяє створенню нових сортів із багатим генетичним потенціалом, які можуть стати адаптивними у відповідь на кліматичні зміни й інші глобальні виклики.

Маркер-асоційована селекція (MAS) є ефективним методом в селекції сільськогосподарських культур, включаючи кукурудзу. Наприклад, дослідження показали, що використання різних маркерних систем, таких як RAPD та SSR, у селекції високогетерозисних гібридів кукурудзи дозволяє оцінювати генетичну дивергенцію та комбінаційну здатність, що сприяє покращенню гетерозису. Це підкреслює важливість застосування молекулярних маркерів для підвищення ефективності селекційних програм у рослинництві [5].

Отже, геномні маркери відіграють фундаментальну роль у сучасній селекції рослин, відкриваючи нові горизонти для вдосконалення агрокультур. Вони не лише скорочують тривалість селекційних програм, але й підвищують їхню результативність, що є життєво важливим у контексті глобальних викликів, таких як кліматичні зміни та зростаючий попит на продовольчі ресурси.

Однією з ключових сфер використання маркер-асоційованої селекції (MAS) є підвищення стійкості рослин до впливу біотичних і абіотичних стресів. Сучасне сільське господарство постійно стикається з численними викликами: епідеміями рослинних хвороб, навалою шкідників, кліматичними змінами та посухами. У таких умовах традиційні селекційні методи дедалі частіше виявляються недостатньо дієвими [4].

Впровадження геномних маркерів дозволяє значно прискорити і підвищити точність створення нових, стійких сортів рослин. Один із найпоширеніших напрямків застосування маркерів – це селекція рослин на стійкість до хвороб. Геномні маркери допомагають визначати ключові гени стійкості, які забезпечують рослинам здатність протистояти патогенам. Наприклад, стійкість до грибкових інфекцій, таких як іржа чи борошниста роса, є критично важливою для багатьох видів зернових культур.

За допомогою маркер-асоційованої селекції селекціонери можуть швидше ідентифікувати рослини з бажаними генами стійкості, впроваджуючи їх у процес створення нових сортів. Серйозною загрозою для врожаїв є також абіотичні стреси: посухи, екстремальні температури чи засолення ґрунтів. На тлі глобального потепління проблема стійкості до дефіциту води набуває дедалі більшої актуальності. Використання MAS дає змогу виявляти гени, які

допомагають рослинам адаптуватися до водного дефіциту, та залучати їх до створення сортів, що здатні ефективніше рости в умовах посушливого клімату.

Ще одним важливим напрямком є поліпшення стійкості до низьких температур. У регіонах із різкими кліматичними змінами рослини часто піддаються впливу морозів, що може серйозно знижувати продуктивність. Ідентифікація генів, пов'язаних із холодостійкістю, за допомогою маркерів дає змогу розробляти сорти, адаптовані для вирощування в умовах низьких температур і частих заморозків.

Не менш актуальною є проблема засолення ґрунтів, що дедалі частіше спостерігається у прибережних районах або зонах із інтенсивним зрошенням. Надмірний вміст солей у ґрунті значно зменшує врожайність культур. Застосування MAS дозволяє швидко ідентифікувати рослини з генами, які забезпечують здатність витримувати високий рівень засолення, і створювати на їх основі сорти, придатні для вирощування в таких складних умовах.

Таким чином, маркер-асоційована селекція демонструє величезний потенціал у вирішенні ключових проблем сучасного сільського господарства, забезпечуючи продуктивність і стійкість рослин у все більш екстремальних умовах довкілля.

Одним із найбільш перспективних напрямів сучасної селекції є застосування маркерів для створення рослин, здатних одночасно протистояти кільком типам стресів. Це забезпечує можливість розробки так званих мультистресостійких сортів, які ефективно функціонують в умовах різних несприятливих факторів. Такі рішення набувають особливого значення у контексті глобальних кліматичних змін, коли агровиробники мають бути готовими до непередбачуваних погодніх явищ і екстремальних умов [3].

Ще одним ключовим напрямом використання маркер-асоційованої селекції (MAS) є захист культур від шкідників. Шкідливі організми можуть спричиняти істотні економічні втрати, тоді як традиційні хімічні засоби нерідко виявляються недостатньо ефективними або екологічно небезпечними. Завдяки використанню геномних маркерів селекціонери мають змогу ідентифікувати гени, які відповідають за природний імунітет рослин до шкідників, і впроваджувати ці ознаки у нові сорти, забезпечуючи надійний захист без хімічних втручань.

MAS також відіграє важливу роль у впровадженні екологічно безпечних підходів у сільське господарство. Впровадження хворобо- й шкідникостійких рослин дозволяє значно зменшити використання пестицидів та інших агрохімікатів, поліпшуючи не лише стан довкілля, але й впливаючи позитивно на здоров'я людини. У перспективах це може стати важливим компонентом сталого аграрного розвитку. Для максимізації результативності маркер-асоційованої селекції важливо застосовувати інтегровані підходи [1].

Окрім роботи з генетичним матеріалом, необхідно враховувати екологічні й агротехнічні аспекти. Наприклад, поєднання MAS із методиками органічного землеробства здатне забезпечити вирощування рослин, які не лише мають підвищену стійкість до стресових факторів, але й адаптовані до екологічно

чистих способів культивування. Таким чином, маркер-асоційована селекція відкриває широкі горизонти для створення інноваційних сортів рослин, які відповідають викликам сучасного аграрного сектору. Вона дозволяє не лише покращити врожайність і якість продукції, а й мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, що є критично важливим для довгострокового сталого розвитку сільського господарства [7].

Висновки. Маркер-асоційована селекція (MAS) представляє собою новаторську технологію, яка докорінно змінює традиційні підходи до виведення нових сортів рослин. Завдяки використанню геномних маркерів, цей метод дозволяє значно скоротити час створення перспективних сортів, забезпечуючи високу точність і ефективність селекційних програм.

Однією з головних переваг MAS є можливість ідентифікації бажаних генетичних ознак на ранніх етапах розвитку рослин, що зменшує необхідність у тривалих польових випробуваннях і суттєво оптимізує процес селекції. Використання технологій MAS відкриває нові горизонти для вирішення ключових завдань аграрної сфери. Це стосується, зокрема, підвищення стійкості рослин до захворювань, шкідників і несприятливих факторів довкілля. Завдяки створенню стійких сортів сільськогосподарських культур, втрата врожаю суттєво скорочується, що, у свою чергу, сприяє збільшенню продуктивності та економічної віддачі аграрного виробництва.

MAS також відіграє критично важливу роль у збереженні та покращенні генетичної різноманітності рослин. Процес збагачення генофонду дозволяє підтримувати адаптивні якості культур в умовах дедалі більше змінюваного клімату. В цьому контексті маркер-асоційована селекція стає незамінним інструментом для забезпечення стійкості сільського господарства до глобальних викликів. Інший важливий аспект MAS – це її внесок у розвиток екологічно сталих агротехнологій.

Загалом, маркер-асоційована селекція позначає собою значний прорив у селекційній науці. Вона не лише забезпечує інноваційні рішення для підвищення продуктивності й надійності сільськогосподарських культур, але й сприяє сталому розвитку аграрного сектору. Масштабне впровадження MAS стає важливим кроком у подоланні сучасних викликів сільського господарства та формуванні його стійкого майбутнього.

Список використаної літератури

1. Баташова М., Криворучко Л. Сучасні методи генетичного аналізу в селекції рослин. Репозитарій. URL: https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4b5009b9-1166-4ee1-844e-22843e83c1bd/content?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 14.03.2025).
2. Кожухова Н. Добір за допомогою молекулярних маркерів в селекції рослин. Вісник Харківського національного аграрного університету. URL: https://vbio.knau.kharkov.ua/uploads/visn_biology/2011/1_22/2011.1.035-043.Kozhukhova.pdf (дата звернення: 14.03.2025).

3. Китайова С., Кириченко В., Чернобай Л. Використання маркерних систем в селекції високогетерозисних гібридів кукурудзи. *Селекція і насінництво*. URL: https://journals.uran.ua/pbsd/article/view/42039?utm_source (дата звернення: 14.03.2025).

4. Мазур О.В., Мазур О.В., Лозінський М.В. М 13 Селекція та насінництво польових культур : навчальний посібник. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 348 с.

5. Маркерна технологія та геномна селекція - KWS SAAT SE & Co. KGaA. SEEDING THE FUTURE – KWS SAAT SE & Co. KGaA. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/archiv/innovatsiyi/metody-selektsiyi/markerna-tehnologiya-ta-genomna-selektsiya/> (дата звернення: 12.03.2025).

6. Маркер-асоційована селекція на стійкість до основних хвороб соняшнику. Методичні рекомендації. Інститут рослинництва. URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/navchalni-posibnyky/2019-mr-1.pdf> (дата звернення: 16.03.2025).

7. Сучасні методи селекції тварин, рослин і мікроорганізмів. *History. | Твоя електронна бібліотека*. URL: <https://uahistory.co/pidruchniki/sobol-biology-and-ecology-11-class-2019-standard-level/60.php> (дата звернення: 14.03.2025).

Артемій ОПОЛЬСЬКИЙ³⁰

студент 2 курсу,
Факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА В УМОВАХ ВІННИЧЧИН

Анотація. У даній статті досліджується значення соняшнику як важливої сільськогосподарської культури в Україні, зокрема у Вінницькій області, яка завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам є одним із провідних регіонів його вирощування. Розглянуто основні фактори, що впливають на продуктивність культури, зокрема кліматичні умови, типи ґрунтів, рівень їх родючості, кислотність та дренажні властивості. Визначено оптимальні параметри ґрунту для досягнення високої врожайності та підкреслено важливість сучасних агротехнологій у підвищенні продуктивності. Також окреслено основні виклики, пов'язані з вирощуванням соняшнику, та запропоновано шляхи їх подолання.

Ключові слова: соняшник, сільське господарство, Вінницька область, ґрунтові умови, агротехнології, кліматичні фактори, урожайність, родючість, дренаж, кислотність ґрунту.

³⁰Науковий керівник – Бронікова Л.Ф., ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

Annotation. This article examines the importance of sunflower as an important agricultural crop in Ukraine, in particular in Vinnytsia region, which, due to favorable soil and climatic conditions, is one of the leading regions for its cultivation. The main factors affecting crop productivity are considered, in particular, climatic conditions, soil types, their fertility level, acidity and drainage properties. The optimal soil parameters for achieving high yields are determined and the importance of modern agricultural technologies in increasing productivity is emphasized. The main challenges associated with sunflower cultivation are also outlined and ways to overcome them are proposed.

Keywords: sunflower, agriculture, Vinnytsia region, soil conditions, agricultural technologies, climatic factors, yield, fertility, drainage, soil acidity.

Вступ. В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва вирощування соняшнику (*Helianthus annuus L.*) набуває особливої актуальності, оскільки ця культура є одним із провідних джерел олії, харчових продуктів та сировини для біоенергетики. Україна, завдяки своїм родючим чорноземам і сприятливим кліматичним умовам, має значний потенціал для підвищення врожайності соняшнику. Проте зміни клімату, виснаження ґрунтових ресурсів і зростаюча конкуренція на світових ринках вимагають впровадження сучасних агротехнічних методів, що охоплюють усі етапи виробничого циклу: від підготовки ґрунту та відбору сорту до технології підготовки насіння, догляду за посівами та збирання врожаю.

Сучасні технології в агровиробництві дозволяють оптимізувати процеси обробки ґрунту, застосування добрив, а також контроль за станом рослин, що сприяє формуванню стійкої кореневої системи та підвищенню якості насіннєвого матеріалу. У статті розглядаються сучасні підходи до підготовки ґрунту (включаючи післяжнивну обробку, зяблевий та передпосівний етапи), технології підготовки насіння, що включають його очищення, калібрування, протруєння та стимуляцію, а також агротехнічний догляд за посівами і оптимізація процесу збирання врожаю із застосуванням десикації та сучасних механізмів.

Метою дослідження є аналіз сучасних агротехнічних заходів у виробництві соняшнику з метою визначення комплексного підходу, який сприятиме підвищенню врожайності, покращенню якості насіння та забезпеченню економічної ефективності виробництва в умовах змінних кліматичних факторів. Результати дослідження мають практичне значення для впровадження інноваційних технологій та оптимізації виробничих процесів у галузі аграрного виробництва [1].

Виклад основного матеріалу. Соняшник (*Helianthus annuus L.*) є однією з основних олійних культур, що вирощуються в Україні, зокрема у Вінницькій області, яка характеризується родючими чорноземами та помірно-континентальним кліматом. Однак кліматичні особливості регіону, зокрема нестабільність весняних опадів, ризик посух і можливі ранні заморозки,

визначають необхідність раціонального підходу до вибору ґрунтів та застосування сучасних агротехнологій.

Ґрунтові фактори, що впливають на продуктивність соняшнику:

Механічний склад ґрунту. Соняшник демонструє високу адаптивність до різних типів ґрунтів, однак найбільш придатними є чорноземи, суглинкові та супіщані ґрунти. Важкі глинисті ґрунти можуть обмежувати розвиток кореневої системи через недостатню аерацію та схильність до перезволоження, що негативно впливає на ріст рослин. Водночас піщані ґрунти характеризуються низьким рівнем вологозабезпечення та недостатнім вмістом поживних речовин, що потребує додаткового внесення органічних і мінеральних добрив

Родючість ґрунту. Висока врожайність соняшнику досягається на ґрунтах із середнім і високим рівнем родючості. Основними факторами, що визначають продуктивність культури, є вміст гумусу, макро- та мікроелементів, зокрема азоту, фосфору, калію, бору та сірки. Для підвищення продуктивності посівів рекомендується застосування комплексних добрив, що забезпечують оптимальне живлення рослин протягом усього вегетаційного періоду.

Кислотність ґрунту. Оптимальним рівнем кислотності для вирощування соняшнику є слабокисла або нейтральна реакція ґрунтового розчину (рН 6,0–7,0). На кислих ґрунтах спостерігається зниження доступності основних поживних елементів, що може негативно позначатися на рості й розвитку культури. Для нейтралізації кислотності доцільним є проведення вапнування із застосуванням кальцієвмісних матеріалів.

Дренажні властивості ґрунту. Наявність ефективного дренажу є важливим фактором у запобіганні застою води в ґрунті, що сприяє розвитку патогенних мікроорганізмів і корневих гнилей. Ґрунти з недостатнім водовідведенням можуть знижувати стійкість соняшнику до несприятливих умов середовища та спричиняти зменшення врожайності.

Вологість ґрунту. Соняшник належить до посухостійких культур, проте рівень вологості ґрунту має суттєвий вплив на початкові етапи росту й розвитку рослин. Дефіцит вологи у фазі проростання насіння та активного росту може призвести до зрідженості посівів і формування дрібного кошика. Тому важливими є своєчасне проведення вологозарядкових поливів (за можливості) та збереження ґрунтової вологи шляхом мінімального обробітку ґрунту.

Підготовка ґрунту є ключовим етапом у технології вирощування соняшнику (*Helianthus annuus* L.), оскільки визначає рівень забезпечення рослин вологою, поживними речовинами та оптимальні умови для проростання насіння.

Основні етапи підготовки ґрунту:

Обробіток післяжнивних решток. Після збирання попередньої культури проводиться подрібнення та загортання післяжнивних решток на глибину 5–15 см. Це сприяє їх швидкому розкладанню, поліпшенню структури ґрунту, підвищенню вмісту органічної речовини та активізації мікробіологічних процесів.

Зяблевий обробіток. Основний обробіток ґрунту здійснюється у кінці вересня – на початку жовтня на глибину 20–30 см. Виконання цього агротехнічного заходу забезпечує:

- Збереження ґрунтової вологи, що є критичним фактором у посушливих умовах.
- Знищення бур'янів та зменшення чисельності шкідників і збудників хвороб.
- Активізацію біологічних процесів, що сприяє мінералізації органічних решток.
- Накопичення поживних речовин у доступній для рослин формі.

Весняний обробіток ґрунту

Навесні проводять вирівнювання поверхні поля та заходи з метою збереження вологи. Глибина обробітку залежить від механічного складу ґрунту, погодних умов і стану посівного шару.

Передпосівний обробіток. Перед сівбою проводять культивацію на глибину 20–25 см із внесенням мінеральних добрив, що забезпечує оптимальні умови для проростання насіння.

Фактори, що впливають на ефективність підготовки ґрунту:

- Попередники. Найкращими попередниками для соняшнику є озимі та ярі зернові культури, а також бобові. Вирощування після кукурудзи, цукрових буряків або соняшнику не рекомендується через виснаження ґрунту, накопичення патогенів і шкідників.
- Вологість ґрунту. Збереження вологи в ґрунті є критично важливим, особливо на початкових етапах розвитку культури. Використання технологій мінімального обробітку та заходів із запобігання випаровуванню вологи сприяє рівномірним і дружним сходам [2].

Сівба соняшнику: значення та особливості

Сівба є вирішальним етапом у вирощуванні соняшнику, що впливає на продуктивність посівів, якість отриманого насіння та економічну ефективність виробництва.

Вплив на врожайність. Оптимальна густина посіву забезпечує рівномірний розвиток рослин та сприяє формуванню високого врожаю. Надмірно загущені посіви призводять до конкуренції за ресурси, а надто зріджені – до нераціонального використання площі та зниження продуктивності культури.

Вплив на якість насіння. Використання високоякісного насіннєвого матеріалу є запорукою отримання здорових та сильних сходів. Посів некондиційного насіння може спричинити зрідженість посівів, розвиток хвороб та зниження якості врожаю.

Економічна ефективність. Правильна сівба сприяє максимальному використанню потенціалу культури, що забезпечує високий рівень рентабельності виробництва. Недотримання технологічних вимог може призвести до значних економічних втрат.

Оптимальні строки сівби. Терміни сівби визначаються температурними умовами та рівнем вологозабезпечення. Надто ранній або запізнений посів

негативно впливає на схожість насіння, рівномірність розвитку рослин і, відповідно, врожайність.

Раціональна підготовка ґрунту до сівби соняшнику включає комплекс заходів, спрямованих на поліпшення фізико-хімічних характеристик ґрунту, збереження вологи та забезпечення рослин поживними речовинами. Дотримання оптимальних термінів сівби, використання якісного насіння та правильний вибір попередників є ключовими факторами підвищення продуктивності культури та ефективності агровиробництва.



Рис.1. Сівба соняшнику [3].

Вибір сорту та підготовка насіння соняшнику до сівби. Раціональний вибір сорту соняшнику (*Helianthus annuus L.*) є одним із ключових факторів, що визначають рівень врожайності, стійкість культури до абіотичних і біотичних стресових чинників, а також економічну ефективність виробництва. Основними критеріями вибору є кліматичні умови регіону, ґрунтові характеристики, стійкість до шкідників і хвороб, потенціал продуктивності та технологічні особливості вирощування.

Підготовка насіння соняшнику до сівби. Якісна підготовка насіннєвого матеріалу сприяє підвищенню енергії проростання, польової схожості та рівномірності розвитку рослин. Даний процес включає десять послідовних етапів, кожен із яких виконує важливу функцію у формуванні здорових і продуктивних посівів:

1. Очищення. На першому етапі з насіннєвого матеріалу видаляються механічні домішки, залишки бур'янів і пошкоджене насіння. Це дозволяє покращити однорідність партії та підвищити загальну якість посівного матеріалу.

2. Калібрування. Калібрування передбачає сортування насіння за розміром і формою, що забезпечує рівномірність загортання у ґрунт та синхронність

сходів. Для цього використовують спеціальні калібрувальні сита, які розподіляють насіння на фракції.

3. Протруєння. Цей етап спрямований на захист насіння від ґрунтових патогенів, шкідників і хвороб. Використовують системні фунгіцидні та інсектицидні протруйники, які запобігають інфекційному ураженню на початкових етапах росту рослин. Дотримання дозування та технології обробки відповідно до рекомендацій виробника є обов'язковим.

4. Стимуляція. Обробка біостимуляторами підвищує енергію проростання та польову схожість насіння. Використання регуляторів росту сприяє активації фізіологічних процесів у насінні та покращенню стійкості до несприятливих факторів.

5. Знезараження. Для знищення збудників хвороб, що можуть міститися на поверхні насіння, проводять термічну обробку. Насіння прогрівають при температурі 50–51°C протягом 8–10 хвилин, що зменшує ризик інфікування на початкових фазах росту.

6. Перевірка схожості. Даний процес дозволяє визначити реальний відсоток схожого насіння, що є критично важливим для розрахунку норми висіву. Тестування проводять за 10–14 діб до сівби в лабораторних умовах, оцінюючи схожість та енергію проростання насіння.

7. Охолодження. Після попередніх етапів обробки насіння охолоджують до кімнатної температури, що запобігає термічному стресу та сприяє збереженню його фізіологічної активності.

8. Замочування. Замочування насіння у чистій воді протягом 12–24 годин прискорює процес проростання, активізує біохімічні процеси та сприяє швидшому розвитку проростків.

9. Просушування. Після замочування насіння висушують до сипучого стану, що запобігає злипанню та забезпечує рівномірний розподіл у сівалці під час висіву.

10. Обробка мікродобривами. На завершальному етапі насіння може бути оброблене мікроелементами (бор, цинк, молібден), які відіграють важливу роль у формуванні здорової кореневої системи та забезпеченні оптимального стартового росту культури [4].

Сходи соняшнику. Стадія сходів є критичною у формуванні майбутнього врожаю. Оптимальні умови для проростання, зокрема забезпечення достатньої кількості вологи, тепла та доступу кисню, визначають рівень виживаності рослин. Відсутність дружних і рівномірних сходів може призвести до зниження продуктивності посівів, тому важливо дотримуватися агротехнічних вимог щодо якості насіннєвого матеріалу та технології передпосівної підготовки.

Вибір сорту соняшнику відповідно до ґрунтово-кліматичних умов регіону та ретельна передпосівна підготовка насіння є необхідними умовами для отримання високої врожайності культури. Комплексний підхід, що включає очищення, калібрування, знезараження, стимуляцію та інші технологічні операції, забезпечує рівномірні сходи, здоровий ріст рослин і максимальну ефективність агровиробництва.



Рис.2. Сходи соняшнику [5].

Після сходів соняшнику відбуваються наступні процеси:

1. Огляд посівів: Перевірка густоти сходів, наявності бур'янів, хвороб та шкідників. Важливо виявити проблеми на ранній стадії для їх ефективного вирішення.

2. Прополки: Видалення бур'янів, які конкурують з соняшником за воду, поживні речовини та світло. Можна проводити механічні (боронування, культивування) або хімічні (гербіциди) прополки.

3. Розпушування ґрунту: Покращує аерацію ґрунту та доступ коренів до води та поживних речовин. Проводити розпушування в міжряддях після дощів або поливів.

4. Підживлення: Внесення добрив для стимуляції росту та розвитку рослин. Кількість та строки внесення добрив залежать від ґрунтово-кліматичних умов та сорту соняшнику.

5. Захист від хвороб та шкідників: Проведення профілактичних та лікувальних заходів для захисту посівів від хвороб та шкідників. Використовувати хімічні та біологічні методи захисту.

6. Регулювання густоти посівів: Проріджування загущених посівів для покращення освітлення та провітрювання рослин. Проводити вручну або за допомогою спеціальних машин.

7. Моніторинг розвитку посівів: Регулярний контроль стану рослин для виявлення ознак стресу або дефіциту поживних речовин. Дозволяє вчасно вживати заходів для корекції розвитку посівів [6].

Збирання соняшнику (*Helianthus annuus* L.) являє собою багатоступеневий процес, спрямований на забезпечення високої якості насіннєвого матеріалу та мінімізацію втрат продукту. Ефективність даного процесу визначається правильним вибором строків збирання, проведенням підготовчих заходів та оптимізацією експлуатації комбайнів.

Збирання соняшнику складається з наступних етапів:

Визначення оптимального строку збирання. Зрілість соняшнику визначається за наступними ознаками:

- Пожовтіння та висихання тилового боку кошика.
- Поникнення кошика.
- Опадання 2-3 крайніх рядків пелюсток.

- Вологість насіння 10-14%.

Важливо не пропустити оптимальний строк збирання, щоб уникнути пересихання та осипання насіння.

Десикація: Перед збиранням можна провести десикацію – обробку рослин хімічними препаратами для прискорення висихання стебел та листків. Це полегшує збирання та знижує вологість насіння.

Збирання: Збирання соняшнику проводиться за допомогою спеціальних комбайнів, обладнаних пристроями для зрізання та обмолоту кошиків. Важливо правильно налаштувати комбайн для мінімізації втрат та пошкодження насіння.

Очистка та доробка насіння: Після збирання насіння очищають від домішок та досушують до кондиційної вологості (8-10%). Доробка включає також калібрування насіння за розміром та обробку протруйниками.

Зберігання: Насіння зберігають в сухих та прохолодних приміщеннях при температурі не вище +10°C та відносній вологості не більше 70% [7].



Рис. 3. Збір соняшнику [7].

Висновки. За результатами аналізу сучасних агротехнічних заходів вирощування соняшнику можна зробити висновок, що комплексний підхід до всіх етапів – від підготовки ґрунту і відбору сорту до догляду за посівами та збирання – є важливою умовою для досягнення високої врожайності та стабільної якості насіннєвого матеріалу.

Ретельна підготовка ґрунту, яка включає післяжнивну обробку, зяблевий, весняний і передпосівний етапи, сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту, забезпечує його належну аерацію і збереження водного режиму, що позитивно впливає на проростання насіння і розвиток кореневої системи. Вибір сорту, що відповідає кліматичним і ґрунтовим умовам регіону, а також детальна підготовка насіння за допомогою очищення, калібрування, протруєння, стимуляції, знезараження, перевірки схожості, охолодження, замочування, просушування та обробки мікродобривами сприяють формуванню здорових сходів, які є основою подальшої продуктивності культури.

Догляд за посівами, що включає регулярний огляд, прополку, розпушування ґрунту, підживлення, захист від шкідників і хвороб, а також регулювання густоти посівів, дозволяє своєчасно виявляти проблемні ділянки та вживати заходів для їх усунення.

Збирання соняшнику, яке проводиться у встановлений оптимальний термін із застосуванням десикації і сучасної техніки, забезпечує мінімізацію втрат насіння і підтримання його якості під час зберігання. Таким чином, інтеграція сучасних агротехнічних заходів на всіх етапах вирощування соняшнику сприяє адаптації культури до змінних кліматичних умов і підвищенню ефективності аграрного виробництва.

Список використаної літератури

1. Чарлінка В. Технологія Вирощування Соняшнику: Як Підвищити Врожайність. EOS DATA ANALYTICS. 17.01.2025. URL: <https://eos.com/uk/blog/vyroshchuvannia-soniashnyku/> (дата звернення 07.03.2025).
2. Вирощування та удобрення соняшника: від А до Я. Tetra Agro. 2021 https://tetraagro.com.ua/news/viroshhuvannya_ta_udobrennya_sonyasnika_vid_a_do_ya (дата звернення 08.03.2024)
3. Троценко В.І.. Соняшник: методи створення вихідного матеріалу та селекція. 2023. с.286.
4. Кудріна В. Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах південного Степу України. Миколаївський Національний Аграрний Університет. 2021. с.8-22.
5. Визначення оптимальних термінів посіву соняшника. POSIVNA. URL: <https://posivna.com.ua/ua/zamitky-ahronoma/viznachennya-optimalnikh-terminiv-posivu-sonyashnika-v-riznikh-agroklimatichnikh-zonakh-ukrajini> (дата звернення 10.03.2025).
6. Гаврилюк А. «Агрейн» отримала перші сходи соняшнику і кукурудзи. AGRO TIMES. 26.05.2022. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/agrejn-otrymala-pershi-shody-sonyashnyku-i-kukurudzy/> (дата звернення 11.03.2025).
7. Збирання соняшнику, сої і кукурудзи на полях «Урожаю. TRAKTORIST.UA. 22.10.2019. <https://traktorist.ua/media/117-zbirannya-sonyashniku-v-gospodarstvi-urojaj> (дата звернення 14.03.2025).

Владислав ПРИСЯЖНЮК,

студент 12-А-Маг³¹

агрономії, садівництва та захисту рослин факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

«ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО»

***Анотація.** Одним зі способів вирішення енергетичного питання для України є перехід від викопних енергетичних ресурсів на основі вирощування рослинної біоенергетичної сировини на вилучених з інтенсивного обробітку*

³¹ Науковий керівник – Мазур О.В., доцент кафедри рослинництва та садівництва

землях. До таких земель належать і осушені торфові ґрунти, яких в Україні нараховується близько 1 млн. га. Старосіяні сінокісні угіддя займають площу близько 0,8 млн./га. Вони оптимально підходять для вирощування енергетичних культур, оскільки добре забезпечені вологою та азотом, що дає змогу рослинам накопичувати досить потужну біомасу з помірним внесенням добрив. Серед широкого спектра високопродуктивних трав'янистих багаторічних рослин перспективною енергетичною культурою є міскантус гігантський.

Ключові слова: міскантус, схема садіння, спосіб вирощування, час садіння.

Annotation. One way to solve the energy issue for Ukraine is to move from fossil energy resources based on the cultivation of vegetable bioenergy raw materials on the intensive cultivation of land. Such lands also include peat soils drained, which is accrued in Ukraine about 1 million hectares. Old -old haystacks occupy an area of about 0.8 million/ha. They are optimally suited for growing energy crops, as they are well equipped with moisture and nitrogen, which allows plants to accumulate a sufficiently powerful biomass with moderate fertilizer application. Among the wide range of high -yielding herbaceous perennial plants, a promising energy culture is a giant miscanthus.

Keywords: miscanthus, planting scheme, method of cultivation, planting time.

Вступ. Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування культур з високим рівнем накопичення енергії біомаси під час вегетації. Нині одним зі способів вирішення енергетичного питання для України є перехід від викопних енергетичних ресурсів на основі вирощування рослинної біоенергетичної сировини на вилучених з інтенсивного обробітку землях [1, 2].

Попередніми пошуковими дослідженнями встановлено, що в цих умовах серед інших багаторічних трав'янистих культур урожайність міскантусу – найвища (25–28 т/га сухої речовини). Валовий вихід енергії з 1 га (в разі спалювання гранул) може становити близько 450 ГДж/га. Міскантус гігантський мінімально втрачає суху речовину наприкінці вегетації, стійкий до вилягання. Ця культура потребує незначних витрат на вирощування, урожай збирають звичайним кормозбиральним комбайном, а отриману масу можна відразу доправляти на спалювання або на виготовлення паливних гранул, пелет чи брикетів. Водночас біомаса інших енергетичних культур, як правило, потребує досушування [3]. Ці чинники доводять, що міскантус гігантський є однією з найперспективніших культур для вирощування його на вилучених з інтенсивного обробітку ґрунтах [4, 5].

Мета досліджень – визначити продуктивність міскантусу гігантського у залежності від елементів технології вирощування, встановити їх вплив на процеси росту і розвитку рослин, визначити енергетичну ефективність вирощування культури.

Польові дослідження виконано згідно з методикою [6-8]. Облік урожаю проводили методом суцільного скошування біомаси на обліковій ділянці та

зважування зеленої маси із визначенням вмісту в ній сухої речовини в 3-разовому повторенні [6-8]. Уміст сухої речовини визначали термостатно-ваговим методом за температури 105°C [9]. Уміст теплової енергії (МДж/га) сухої речовини біомаси визначали згідно з методикою Держспоживстандарту України [9]. Схема досліду (Табл. 1).

Таблиця 1 Схема досліду

Варіанти досліду	Пора року садіння	Час садіння	Спосіб вирощування	Схема садіння черенків
1	Осінь	ІІІ декада вересня	звичайний	(15 тис. рослин/га)
2				(20,0 тис. рослин/га)
3			з формуванням гребнів	(15 тис. рослин/га)
4				(20,0 тис. рослин/га)
5		ІІ декада жовтня	звичайний	(15 тис. рослин/га)
6				(20,0 тис. рослин/га)
7			з формуванням гребнів	(15 тис. рослин/га)
8				(20,0 тис. рослин/га)
9	Весна	ІІ декада квітня	звичайний	(15 тис. рослин/га)
10				(20,0 тис. рослин/га)
11			з формуванням гребнів	(15 тис. рослин/га)
12				(20,0 тис. рослин/га)
13		І декада травня	звичайний	(15 тис. рослин/га)
14				(20,0 тис. рослин/га)
15			з формуванням гребнів	(15 тис. рослин/га)
16				(20,0 тис. рослин/га)

Площа ділянки 40 м², облікової – 25 м². Площа під дослідом – 0,15 га. Методом систематичних повторювань було проведено закладку дослідів: варіанти дослідів закладено в кожному повторенні послідовно. 3-разова повторність. Ширина міжрядь 70 см. Глибина посадки від 5 до 9 см. Попередником культури була гречка.

Виклад основного матеріалу. Продуктивні показники рослин міскантусу на період обліку врожаю (17.11. 2022 р.) подано в таблиці 3.4. Так, якщо на варіантах 1-8 при посадці восени зійшло та вегетували в середньому 4,2 рослини, і середня висота їх складала 164 см, то при посадці весною (вар. 9-16) відповідно – 3,5 шт. і 141 см. Дані показники певною мірою і вплинули на урожай сирової маси міскантусу.

При посадці восени в середньому по варіантах із різною густотою та з гребнями і без них урожайність складала – 7,7; 6,2 і 6,6; 8,0 т/га, тоді як при посадці весною відповідно – 4,6; 4,6; 3,4 і 3,7 т/га (Табл. 2). Особливо суттєвим є зниження врожаю міскантусу майже вдвічі при посадці міскантусу весною в другий строк – 5.05. 2022 р.

При посадці восени в другий строк і в гребені збільшується урожайність міскантусу. При посадці весною ні густота рослин (схема посадки), ні спосіб посадки не мали суттєвого значення.

Урожайність сирової маси та вміст сухої речовини в рослинах міскантусу по варіантах досліджень був однаковим і складав в середньому при посадці восени

– 79 %, весною – 80 % (табл. 3). А тому вихід сухої біомаси по варіантах досліджень повторює закономірності, про які було відмічено при аналізі врожаю.

Таблиця 3 Урожайність сирової маси міскантусу в досліді, т/га

Варіанти дослідів	Повторення			Середнє значення
	I	II	III	
1	7,2	7,1	6,0	6,8
2	8,2	9,2	8,4	8,6
3	6,0	5,8	5,4	5,7
4	7,1	6,0	7,2	6,8
5	5,9	6,8	6,2	6,3
6	6,0	7,2	7,1	6,8
7	10,8	11,2	9,0	10,3
8	5,4	5,8	6,0	5,7
9	4,2	3,8	4,0	4,0
10	5,8	4,6	5,0	5,1
11	4,2	4,0	3,8	4,0
12	5,0	5,8	4,6	5,1
13	3,6	3,2	3,4	3,4
14	3,2	3,4	3,6	3,4
15	5,8	5,0	4,6	5,1
16	2,0	2,6	2,3	2,3

НІР₀₅: A–0,4; B–0,4; C–0,5; AB–0,6; AC–1; BC–1,1; ABC–1,3

Дані виходу енергії із одержаної сухобіомаси міскантусу показано в таблиці 4.

Цей показник одержано за допомогою розрахунків. При посадці восени в перший строк отримано 105,9 ГДж/га енергії без гребнів і 86,8 ГДж/га енергії при посадці в гребні; в другий строк відповідно – 91,6 і 110,0 ГДж/га, тобто в другий строк дещо більший вихід енергії. При посадці весною в перший строк без гребенів 63,0 і з гребнями 64,6 ГДж/га; в другий строк відповідно – 48,8 і 52,7 ГДж/га.

Висновки. На варіантах 1-8 при посадці восени зійшло та вегетували в середньому 4,2 рослини, і середня висота їх складала 164 см, то при посадці весною (вар. 9-16) відповідно – 3,5 шт. і 141 см.

Дані показники певною мірою і вплинули на урожай сирової маси міскантусу. При посадці восени в середньому по варіантах із різною густотою та з гребнями і без них урожайність складала – 7,7; 6,2 і 6,6; 8,0 т/га, тоді як при посадці весною відповідно – 4,6; 4,6; 3,4 і 3,7 т/га. Особливо суттєвим є зниження врожаю міскантусу майже вдвічі при посадці міскантусу весною в другий строк – 5.05. 2022 р.

При посадці восени в другий строк і в гребені збільшується врожайність міскантусу. При посадці весною ні густота рослин (схема посадки), ні спосіб посадки не мали суттєвого значення.

Таблиця 4 Вихід енергії з біомаси міскантусу, ГДж/га

Варіанти дослідів	Урожай сировини міскантусу, т/га	Суха речовина, %	Коефіцієнт	Теплоємність твердого біопалива, МДж/кг	Вихід енергії з твердого біопалива, ГДж/га
1	2	3	4	5	6
1	6,8	77	1,1	16	92,2
2	8,6	79	1,1	16	119,6
3	5,7	80	1,1	16	80,3
4	6,8	78	1,1	16	93,4
5	6,3	79	1,1	16	87,6
6	6,8	80	1,1	16	95,7
7	10,3	76	1,1	16	137,8
8	5,7	82	1,1	16	82,3
9	4,0	77	1,1	16	54,2
10	5,1	80	1,1	16	71,8
11	4,0	79	1,1	16	55,6
12	5,1	82	1,1	16	73,6
13	3,4	82	1,1	16	49,1
14	3,4	81	1,1	16	48,5
15	5,1	80	1,1	16	71,8
16	2,3	83	1,1	16	33,6

При посадці восени в перший строк отримано 105,9 ГДж/га енергії без гребенів і 86,8 ГДж/га енергії при посадці в гребні; в другий строк відповідно – 91,6 і 110,0 ГДж/га, тобто в другий строк дещо більший вихід енергії. При посадці весною в перший строк без гребенів 63,0 і з гребнями 64,6 ГДж/га; в другий строк відповідно – 48,8 і 52,7 ГДж/га.

Список використаної літератури

1. Гументик М.Я. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у західному Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Агрономія. Львів, 2013. № 17(1). С. 76–82.
2. Директиви Європейського Парламенту та Ради від 23 квітня 2009 р. щодо сприяння використанню відновлювальних джерел енергії. 47 с.
3. Курило В.Л., Гументик М.Я., Квак В.М. Міскантус – перспективна енергетична культура для виробництва біопалива. *Агробіологія*. 2010. № 4 (80). С. 62–66.
4. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Директива Кабінету Міністрів № 145 від 15 березня 2006 р. 130 с.
5. Jones M.B., Walsh M. *Miscanthus for energy and fibre*. London: Earthscan, 2001. 192 p.
6. Kulyk Maksym, Kalinichenko Oleksandr, Dekovetz Vitalii. (2020). Efficiency of energy crops cultivation for business development in Ukraine. Organization and

management in the services' sphere on selected examples / Editors: Tetyana Nestorenko, Tadeusz Pokusa. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020. P. 36–45. ISBN 978-83-66567-02-3. http://pedagogika.wszia.opole.pl/ebook/3_2020.pdf.

7. Kurylo, V. L., Gumentyk, M. Ja., Kvak, V. M., & Dubovyj, Ju. P. (2016). Udoskonalennja elementiv tehnologii' vyroshhuvannja miskantusu v umovah Central'nogo Lisostepu Ukrai'ny dlja vyrobnyctva tverdogo biopalyva [An improvement of elements of technology of growing of miskantusu is in the conditions of Central Forest-steppe of Ukraine for the production of hard biopropellant. Naukovi praci instytutu bionergetychnyh kul'tur i cukrovyh burjakiv, Kyiv, 24, 77–85.

8. Методика проведення дослідів по кормовиробництву; за ред. А.О. Бабича. Вінниця, 1994. 87 с.

9. ДСТУ 8066:2015 Корми для сільськогосподарських тварин. Методи визначення енергоємності і поживності. Держспоживстандарт України. Київ, 2015. 15 с.

Вікторія ПРОТАСОВА³²,
студентка 3 курсу,
факультет агрономії садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ РІЗНИХ ВИДІВ ДОБРИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЧАСНИКУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

***Анотація.** У статті розглянуто особливості живлення часнику та вплив різних типів добрив на його врожайність і якість. Визначено роль основних макро- та мікроелементів у формуванні продуктивності культури. Досліджено ефективність використання органічних (гній, компост, біогумус) та мінеральних добрив (аміачна селітра, суперфосфат, калійні сполуки), їхній вплив на родючість ґрунту, стійкість рослин до хвороб і товарні характеристики врожаю. З'ясовано, що органічні добрива сприяють довготривалому покращенню структури ґрунту й екологічній безпеці продукції, тоді як мінеральні добрива забезпечують швидкий ріст рослин і високу врожайність. Запропоновано комбінований підхід до удобрення часнику для досягнення оптимального балансу між якістю та кількістю врожаю.*

***Ключові слова:** часник, добрива, урожайність, ґрунт, овочеві культури.*

***Annotation.** The article discusses the peculiarities of garlic nutrition and the influence of different types of fertilizers on its yield and quality. The role of the main*

³² Науковий керівник – Забарна Т. А., кандидат сільськогосподарських наук, кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії.

macro- and microelements in the formation of crop productivity has been determined. The effectiveness of the use of organic (manure, compost, vermicompost) and mineral fertilizers (ammonium nitrate, superphosphate, potassium compounds), their effect on soil fertility, plant resistance to diseases and commercial characteristics of the crop has been studied. It has been found that organic fertilizers contribute to long-term improvement of soil structure and environmental safety of products, while mineral fertilizers provide rapid plant growth and high yields. A combined approach to fertilizing garlic has been proposed to achieve an optimal balance between quality and quantity of the crop.

Keywords: *garlic, fertilizers, yield, soil, vegetable crops.*

Вступ. Часник є однією з ключових овочевих культур, яка цінується за свої смакові, поживні та лікувальні властивості. В Україні часник вирощують як для внутрішнього споживання, так і для експорту, що робить підвищення його урожайності та якості важливим завданням сучасного агровиробництва. Одним із основних факторів, що впливають на продуктивність часнику, є система удобрення. Добрива забезпечують рослину необхідними поживними речовинами, впливаючи на ріст, розвиток і якість урожаю. У сільському господарстві застосовують два основних типи добрив: органічні (гній, компост, перегній) та мінеральні (азотні, фосфорні, калійні). Органічні добрива сприяють покращенню структури ґрунту та його мікробіологічної активності, тоді як мінеральні забезпечують швидке й цільове постачання макро- та мікроелементів. Проте їхній вплив на часник може різнитися залежно від типу ґрунту, кліматичних умов і агротехнічних заходів. Метою статті є порівняльний аналіз впливу органічних і мінеральних добрив на урожайність та якість часнику, зокрема на розмір цибулин, вміст сухої речовини та біологічно активних сполук.

Виклад основного матеріалу дослідження. Часник є культурою з високими вимогами до поживних речовин. Азот сприяє росту вегетативної маси, фосфор зміцнює кореневу систему й прискорює формування цибулин, а калій підвищує стійкість до стресових умов і покращує якість урожаю. Дефіцит цих елементів призводить до зниження врожайності та погіршення товарних характеристик. Оптимальне забезпечення часнику макро- та мікроелементами не лише сприяє повноцінному розвитку рослин, але й підвищує їхню стійкість до хвороб і шкідників. Особливо важливу роль відіграють такі мікроелементи, як бор, цинк і мідь, які впливають на синтез ферментів та обмінні процеси. Правильне внесення добрив із врахуванням фази росту культури дозволяє досягти високої продуктивності та покращити смакові характеристики часнику.

Органічні добрива, містять поживні речовини у зв'язаній формі, які поступово вивільняються в процесі мінералізації. Вони також збагачують ґрунт гумусом, покращуючи його водоутримуючі властивості. Однак їхня дія є повільною, що може обмежувати швидке задоволення потреб рослини на ранніх етапах розвитку. Мінеральні добрива, навпаки, забезпечують доступність поживних речовин у розчинній формі, що дозволяє точно регулювати живлення залежно від фази росту [3].

Органічні добрива діють повільніше, але мають тривалий ефект, тоді як мінеральні добрива дають швидкий результат, але можуть призводити до накопичення нітратів у продукції за неправильного використання. Таким чином, вибір типу добрив залежить від цілей вирощування (комерційна урожайність чи екологічна якість) і стану ґрунту.

Органічні добрива, такі як перепрілий гній, компост і біогумус, є традиційним способом підвищення родючості ґрунту. Дослідження показують, що внесення 5-10 т/га перепрілого гною може збільшити урожайність часнику на 15-25% порівняно з контролем (без добрив). Це пояснюється поступовим вивільненням азоту, фосфору та калію, а також покращенням водоутримуючої здатності ґрунту. Органічні добрива сприяють активізації ґрунтової мікрофлори, що покращує процеси мінералізації органічної речовини та підвищує доступність елементів живлення для рослин. Завдяки покращенню структури ґрунту зменшується ризик його ерозії, а також підвищується аерація, що позитивно впливає на розвиток кореневої системи. Використання таких добрив сприяє зниженню потреби в мінеральних добривах, що зменшує навантаження на довкілля та сприяє екологічно сталому сільському господарству [4].

Крім того, органічні добрива позитивно впливають на якість часнику. Наприклад, вміст ефірних олій, які відповідають за аромат і смак, зростає на 10-15% при використанні компосту. Також часник, вирощений на органічних добривах, має нижчий вміст нітратів, що робить його безпечнішим для споживання. Однак надмірне внесення свіжого гною може спричинити грибкові захворювання, такі як біла гниль, через високий вміст вологи та нестабільність поживних речовин [4].

Альтернативою свіжому гною може бути використання зелених добрив (сидератів), таких як гірчиця чи люцерна, які після скошування і заорювання збагачують ґрунт органічною речовиною та азотом. Це особливо актуально для легких ґрунтів із низьким вмістом гумусу.

Основні переваги органічних добрив:

- 1) поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту.
- 2) поступове вивільнення поживних речовин.
- 3) підвищення стійкості рослин до хвороб.
- 4) Покращення смакових характеристик і біохімічного складу часнику.

Використання органічних добрив сприяє збільшенню маси цибулин та їхньої щільності, але ефект може бути уповільненим через повільне вивільнення поживних речовин.

Проте органічні добрива мають і недоліки. Надмірне внесення свіжого гною може спричинити грибкові захворювання, такі як біла гниль (*Sclerotium sclerotivum*), через високий вміст вологи та нестабільність поживних речовин. У нашому дослідженні використовували лише перепрілий гній, що дозволило уникнути таких ризиків, але потребувало додаткового часу на підготовку матеріалу. Крім того, повільна дія органічних добрив робить їх менш ефективними на ранніх етапах вегетації, коли часник потребує інтенсивного живлення для формування кореневої системи та листового апарату. Для

компенсації цього недоліку можна застосовувати рідкі органічні добрива, наприклад, розчини на основі біогумусу чи пташиного посліду, які діють швидше й забезпечують рослини доступними поживними речовинами вже на початкових етапах росту [3].

Мінеральні добрива, наприклад, аміачна селітра (джерело азоту), суперфосфат (фосфор) і калій хлористий (калій), дозволяють точно регулювати кількість поживних речовин. Оптимальна норма для часнику становить: N – 90-120 кг/га, P – 60-80 кг/га, K – 100-120 кг/га. При такому підході урожайність може досягати 15-20 т/га, що на 30-40% вище, ніж при використанні лише органічних добрив. Крім того, правильне внесення мінеральних добрив сприяє покращенню якості продукції, зокрема підвищенню вмісту ефірних олій, що робить часник більш ароматним і довговічним при зберіганні. Важливо враховувати фазу розвитку рослини: азотні добрива краще вносити на початкових етапах вегетації, фосфорні — для розвитку кореневої системи, а калійні — на етапі формування головок. Дотримання балансу між цими елементами забезпечує рівномірний ріст рослин, знижує ризик захворювань та підвищує стійкість до несприятливих погодних умов [1].

Проте якість часнику при застосуванні мінеральних добрив може знижуватися. Надлишок азоту сприяє інтенсивному росту листя, але зменшує розмір головок і вміст сухих речовин. Також можливе накопичення нітратів у тканинах рослини, що негативно впливає на її смакові властивості та безпечність. Водночас сірковмісні добрива (наприклад, сульфат амонію) позитивно впливають на синтез аліцину – ключового компонента, що визначає лікувальні властивості часнику. Для зменшення негативного впливу мінеральних добрив рекомендують застосовувати їх у комплексі з мікроелементами, такими як магній і залізо, які сприяють кращому засвоєнню основних поживних речовин і підвищують стійкість рослин до стресу.

Основні переваги мінеральних добрив:

- 1) швидке засвоєння рослинами.
- 2) точний контроль за рівнем поживних речовин.
- 3) можливість отримання високих урожаїв у короткі терміни.

Разом із тим, до недоліків можна віднести ризик виснаження ґрунту при тривалому застосуванні без органічного підживлення, а також потребу в ретельному дозуванні, щоб уникнути екологічних і якісних втрат. Поєднання мінеральних добрив із органічними (наприклад, компостом чи гноєм) може стати компромісним рішенням, яке забезпечить як високу продуктивність, так і збереження смакових та корисних властивостей часнику. Наприклад, внесення мінеральних добрив у невеликих дозах під час активного росту разом із базовим органічним підживленням дозволяє оптимізувати живлення рослин і зменшити ризик накопичення нітратів [4].

Ще одним перспективним напрямом є використання біодобрив, які базуються на мікроорганізмах, таких як азотфіксируючі бактерії (*Azotobacter*) або фосформобілізуєчі гриби (*Penicillium*). Ці препарати сприяють природному збагаченню ґрунту поживними речовинами, покращують їх засвоєння рослинами

та підвищують екологічність виробництва. Хоча біодобрива поки що менш поширені в Україні, їхня ефективність у вирощуванні часнику доведена: урожайність зростає на 10-15%, а якість продукції залишається високою завдяки відсутності хімічних залишків.

Застосування мінеральних добрив дозволяє швидко отримати збільшення урожайності, проте надлишок може спричиняти накопичення нітратів у продукції та виснаження ґрунту.

Для досягнення оптимального балансу між урожайністю та якістю часнику доцільно комбінувати обидва типи добрив. Наприклад, восени можна внести 5-7 т/га компосту для покращення структури ґрунту, а навесні додати мінеральні добрива (N30P20K40) для стимуляції росту. Важливо проводити аналіз ґрунту перед внесенням добрив, щоб уникнути надлишку поживних речовин. Також рекомендується дотримуватися сівозміни та чергувати часник із бобовими культурами, які природно збагачують ґрунт азотом [3].

Органічні та мінеральні добрива мають різний вплив на часник: перші забезпечують стабільну якість і екологічність, другі – високу урожайність і швидкий ефект. Вибір залежить від конкретних умов вирощування, типу ґрунту та ринкових потреб фермера. Комбіноване використання обох видів добрив є найбільш раціональним підходом, який дозволяє максимізувати як кількісні, так і якісні показники врожаю часнику.

Порівнюючи органічні та мінеральні добрива, можна виділити такі ключові аспекти (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняльна характеристика органічних та мінеральних добрив.

Аспекти	Органічні добрива	Мінеральні добрива
<i>Урожайність</i>	Органічні добрива поступаються за швидкістю, але стабільно підвищують родючість ґрунту в довгостроковій перспективі.	Мінеральні добрива забезпечують вищий приріст урожаю за короткий період завдяки швидкому засвоєнню поживних речовин.
<i>Якість</i>	Органічні добрива сприяють формуванню більш ароматного та екологічно чистого часнику з меншим вмістом нітратів.	Мінеральні добрива можуть погіршувати смакові та поживні характеристики при неправильному дозуванні.
<i>Екологічність</i>	Органічні добрива є безпечнішими для навколишнього середовища	Тоді як надлишок мінеральних добрив може призводити до забруднення ґрунтових вод і деградації ґрунту
<i>Вартість</i>	Органічні добрива часто дешевші для малих господарств, але їх підготовка потребує часу.	Мінеральні добрива дорожчі, але простіші у використанні.

Джерело: сформовано автором на основі [4].

Часник є однією з ключових культур в українському сільському господарстві завдяки своїй популярності як у кулінарії, так і в народній медицині. Україна має сприятливі кліматичні умови та родючі ґрунти для вирощування часнику, що дозволяє отримувати високі врожаї та продукцію гарної якості.

Розглянемо динаміку урожайності часнику за 2020-2023 роки (рис. 1).

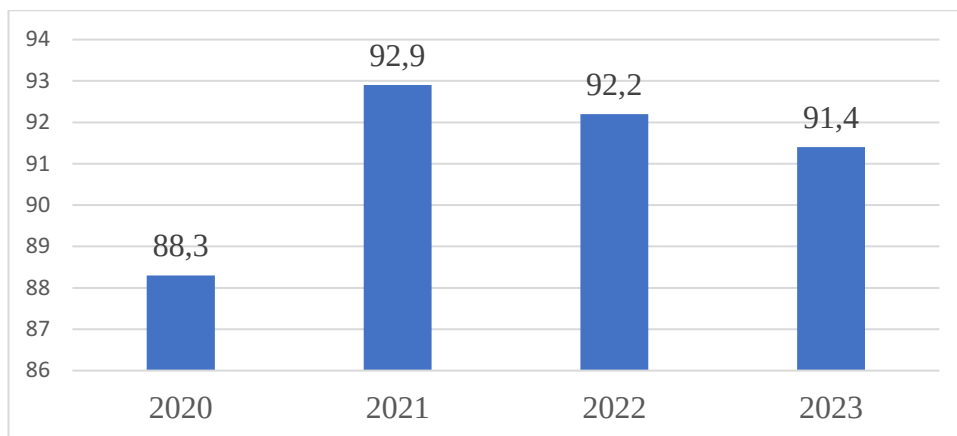


Рис. 1. Урожайність часнику, ц з 1 га.

Джерело: сформовано автором на основі [2].

Згідно з наведеними даними, урожайність часнику з 1 га зростає з 88,3 ц у 2020 році до пікового значення 92,9 ц у 2021 році. У наступні роки спостерігається незначне зниження показника: до 92,2 ц у 2022 році та 91,4 ц у 2023 році. Загалом, урожайність залишається на високому рівні, що може свідчити про стабільні умови вирощування та ефективність застосовуваних агротехнологій.

В Україні вирощують як озимі, так і ярі сорти часнику. Серед популярних озимих сортів — «Любаша», «Софіївський», «Прометей», які відзначаються високою урожайністю (до 10-15 тонн з гектара) та стійкістю до хвороб. Ярі сорти, такі як «Гулівер», менш урожайні, але мають триваліший термін зберігання. Озимі сорти зазвичай висаджують восени, що дозволяє їм укоренитися до настання холодів і дати ранній урожай навесні, тоді як ярі сорти висівають навесні, і вони дозрівають пізніше, але зберігаються довше без втрати якості. Вирощування часнику в Україні набуває все більшої популярності завдяки його високій рентабельності, попиту на внутрішньому ринку та перспективам експорту. Оптимальними регіонами для вирощування є південні та центральні області, де сприятливий клімат забезпечує гарні врожаї [3].

Перспективи розвитку галузі в Україні значною мірою залежать від впровадження сучасних агротехнологій, таких як крапельне зрошення, точне землеробство та використання біологічних засобів захисту рослин. Зростання світового попиту на органічний часник відкриває нові можливості для експорту, особливо до країн Європейського Союзу. Водночас підвищення цін на мінеральні добрива через глобальні економічні фактори може стимулювати перехід до комбінованих систем живлення з акцентом на органічні ресурси. У 2025 році, враховуючи поточні тренди, варто очікувати подальшого вдосконалення технологій вирощування часнику, що сприятиме підвищенню його конкурентоспроможності на міжнародному ринку.

Висновки. Оптимальна стратегія удобрення часнику передбачає поєднання органічних і мінеральних добрив. Органічні добрива забезпечують довготривалий позитивний вплив на ґрунт і якість продукції, тоді як мінеральні добрива дозволяють швидко підвищити урожайність. Комплексне застосування обох видів добрив є найбільш ефективним підходом для отримання стабільно

високих урожаїв якісного часнику. Застосування мінеральних добрив слід здійснювати обережно, враховуючи можливі негативні наслідки для екології та здоров'я споживачів. У перспективі розвиток біологічно активних органо-мінеральних добрив може стати оптимальним рішенням для збалансованого землеробства.

Список використаної літератури

1. Бердніков О.М., Волкогон В.В., Потапенко Л.В., Козар С.Ф. Агрохімічна оцінка ефективності біопрепаратів у вузькоспеціалізованій сівозміні. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 31. С. 44-50.
2. Державна статистика України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 26.02.2025).
3. Піддубна А.М. Вплив мінерального удобрення ґрунтів на накопичення важких металів та мікроелементів озимим часником. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136. Ч. 2. С. 98-104.
4. Улянич О.І., Остапенко Н.О. Вплив органо-мінеральних та біологічних добрив на врожайність часнику озимого (*Allium sativum*) за умов їх внесення краплинним зрошенням. *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 4. С. 158-164.

Ярослав РОМАНЕНКО³³

студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

РОЛЬ АЗОТФІКСУЮЧИХ БАКТЕРІЙ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Анотація. Азотфіксуючі бактерії відіграють важливу роль у сільському господарстві, сприяючи збагаченню ґрунту доступним азотом і підвищенню врожайності культур. Вони здатні фіксувати атмосферний азот і перетворювати його у форму, придатну для засвоєння рослинами, що особливо важливо для бідних на азот ґрунтів. Серед основних груп виділяють симбіотичні бактерії (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*), які утворюють бульбочки на коренях бобових, та вільноживучі (*Azotobacter*, *Clostridium*), що існують незалежно. Використання азотфіксаторів не лише підвищує врожайність, а й покращує структуру ґрунту, стимулює ріст рослин, зміцнює їхню стійкість до посухи та хвороб. Біопрепарати на їх основі зменшують потребу в мінеральних добривах, знижують витрати аграріїв і сприяють екологічній безпеці. Інтеграція цих мікроорганізмів у агротехнології є важливим кроком до сталого землеробства.

³³Науковий керівник – Поліщук М.І., к.с.-г. н., доц. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

Ключові слова. Азотфіксуючі бактерії, ґрунт, азот, фіксація азоту, симбіотичні бактерії, вільноживучі бактерії, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Clostridium*, бульбочки, бобові культури, біопрепарати, врожайність, структура ґрунту, ріст рослин, стійкість до посухи, хвороби, мінеральні добрива, агротехнології, сталий розвиток, екологічна безпека.

Annotation. Nitrogen-fixing bacteria play an important role in agriculture, contributing to the enrichment of soil with available nitrogen and increasing crop yields. They are able to fix atmospheric nitrogen and convert it into a form suitable for plant assimilation, which is especially important for nitrogen-poor soils. Among the main groups, symbiotic bacteria (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*), which form nodules on the roots of legumes, and free-living (*Azotobacter*, *Clostridium*), which exist independently, are distinguished. The use of nitrogen-fixing bacteria not only increases yield, but also improves soil structure, stimulates plant growth, strengthens their resistance to drought and diseases. Biopreparations based on them reduce the need for mineral fertilizers, reduce farmers' costs and contribute to environmental safety. The integration of these microorganisms into agricultural technology is an important step towards sustainable agriculture.

Key words. Nitrogen-fixing bacteria, soil, nitrogen, nitrogen fixation, symbiotic bacteria, free-living bacteria, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Clostridium*, nodules, legumes, biological products, yield, soil structure, plant growth, drought resistance, diseases, mineral fertilizers, agrotechnology, sustainable development, environmental safety.

Вступ. Азотфіксація є одним із найважливіших природних процесів, що забезпечує кругообіг азоту в екосистемах та безпосередньо впливає на продуктивність сільськогосподарських культур. Азот відіграє ключову роль у життєдіяльності рослин, оскільки входить до складу білків, хлорофілу та нуклеїнових кислот. Хоча атмосфера містить близько 78% азоту, рослини не можуть засвоювати його в молекулярній формі, що зумовлює необхідність перетворення цього елемента у доступні сполуки.

Протягом століть люди помічали, що вирощування культур після бобових сприяє підвищенню врожайності. Перші наукові пояснення цього явища були запропоновані ще у XIX столітті французьким ученим Жаном-Батистом Бусенго, який припустив, що бобові рослини збагачують ґрунт азотом. Лише згодом було встановлено, що цей процес відбувається завдяки симбіозу бобових культур із бульбочковими бактеріями (*Rhizobium*), які фіксують атмосферний азот у доступні для рослин форми.

Використання біологічної азотфіксації є екологічно безпечним та економічно вигідним методом збагачення ґрунтів, що дозволяє зменшити залежність від промислових азотних добрив. Досвід європейських фермерів XIX століття показав, що введення сівозмін із бобовими культурами, такими як конюшина, сприяло значному зростанню врожайності зернових. Сьогодні азотфіксація залишається

ключовим елементом сталого землеробства, забезпечуючи оптимальне живлення рослин та підтримуючи родючість ґрунтів [1].

Виклад основного матеріалу. *Азотфіксація* – це природний процес зв'язування молекулярного азоту (N_2) з атмосфери та його перетворення в сполуки, що можуть засвоюватися рослинами, зокрема аміак, нітрати та інші азотовмісні речовини. Цей процес є ключовим етапом кругообігу азоту в природі та відіграє важливу роль у збагаченні ґрунтів.

Азотфіксація здійснюється спеціальними мікроорганізмами – діазотрофами, до яких належать як бактерії, так і археї. Вони можуть існувати у вільному стані (наприклад, *Azotobacter*, *Clostridium pasteurianum*) або утворювати симбіотичні зв'язки з рослинами, як це відбувається у випадку бульбочкових бактерій (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) на коренях бобових культур.

Найбільш активними фіксаторами атмосферного азоту є бульбочкові бактерії, які можуть накопичувати до 60–300 кг азоту на гектар за рік. Вільноживучі аеробні бактерії, як-от *Azotobacter*, зв'язують 30–60 кг/га, тоді як анаеробні бактерії, зокрема *Clostridium pasteurianum*, забезпечують 20–40 кг/га. Джерелом енергії для цих мікроорганізмів є органічні речовини ґрунту, кореневі виділення рослин та продукти розкладу клітковини.

Для підвищення ефективності азотфіксації в аграрному виробництві використовують бактеріальні добрива та інокулянти, що містять корисні штами азотфіксуючих мікроорганізмів. Вони сприяють заселенню кореневої зони рослин необхідною мікрофлорою, що покращує їхню здатність засвоювати атмосферний азот, підвищує врожайність і зменшує потребу у хімічних добривах [2].

Щоб краще зрозуміти цей процес, звернемося до схематичного зображення азотфіксації на рослині (Рис.1)

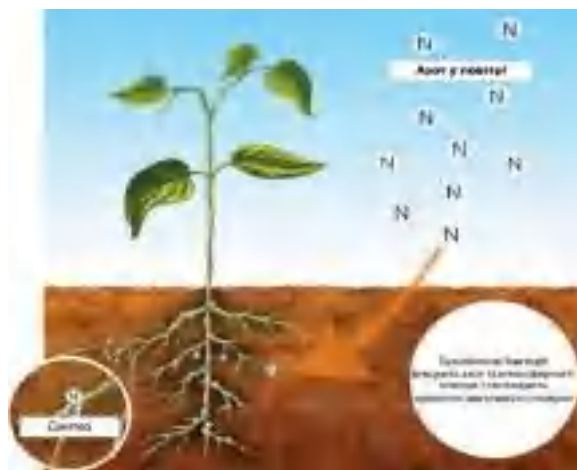


Рис.1. Схематичне зображення азотфіксації

Вирощування азотфіксуючих культур – безпечний для довкілля спосіб забезпечити посіви готовим до засвоєння N. До того ж використання їх у сівозміні дозволяє накопичити об'єм елемента для наступного сезону. Також азотфіксуючі рослини активно використовуються у суміщенні культур. Здатність бобових до азотфіксації широко застосовується в сільському господарстві. Водночас вирощувати їх можна не тільки як основну, але й

покровну культуру. У цьому разі вони допомагають фіксувати азот, запобігають ерозії ґрунту (зокрема завдяки сильній кореневій системі), підвищують родючість ґрунту (коли використовуються як сидерати), утримують вологу в ґрунті, сприяють боротьбі з бур'янами (завдяки рослинним решткам), служать їжею для птахів та великої рогатої худоби, залучають запилювачів в період цвітіння сільськогосподарських культур.

Азотфіксуючі покривні культури відіграють ключову роль у збагаченні ґрунту азотом, що сприяє підвищенню його родючості без використання хімічних добрив. До найбільш результативних культур належать конюшина, вика та бобові рослини, кожна з яких має свої особливості та оптимальні умови вирощування.

Конюшина є популярною культурою для фіксації азоту, яку висівають навесні або восени. Вона добре переносить м'які зими, проте сильні морози для неї згубні. Завдяки роботі науковців Техаського університету A&M були розроблені нові сорти білої конюшини, які відзначаються підвищеною стійкістю до посухи та хвороб, зокрема до іржі. Найбільш поширеними видами конюшини є біла, червона та малинова.

Горошок посівний демонструє високу морозостійкість. Оптимальний час посіву – початок осені, щоб культура встигла добре вкоренитися до настання холодів. Основні сорти: волохата, американська, лісова, мишачий горошок.

Бобові культури ефективно накопичують азот у літній період. Вони однаково добре виконують свою функцію як покривні рослини, так і при вирощуванні для харчових потреб. Наприклад, вигна китайська (вона ж коров'ячий горох) потребує теплого клімату, тому її висівають, коли температура ґрунту прогрівається до 15°C. До основних видів бобових, що використовуються для азотфіксації, належать фава (фаба), люцерна зелена (французька), польова та солодка, бігунок, арахіс, соя, люпин, сочевиця, вигна, нут, а також різні види квасолі: кремові, чорноокі та пурпурові.

Використання бобових для азотфіксації є більш рентабельним рішенням порівняно з внесенням хімічних добрив, вартість яких постійно зростає. Проте ефективність цього процесу залежить від низки факторів. Найвищу продуктивність демонструють зрілі рослини, особливо багаторічні покривні культури. Довший період вегетації також позитивно впливає на азотфіксацію, оскільки забезпечує більшу кількість накопиченого елемента. Водночас мета вирощування відіграє важливу роль: якщо культури використовуються для збирання врожаю, випасу худоби або регулярного скошування, їхня здатність фіксувати азот знижується. Загальні умови зростання, зокрема конкуренція з іншими рослинами, брак вологи, бідні ґрунти, присутність бур'янів і шкідників, також можуть негативно впливати на процес. Крім того, значення має залишкова кількість азоту, що залишається після попередніх посівів або внесення добрив. Найкращими культурами для ефективної азотфіксації вважаються люцерна та конюшина, оскільки вони накопичують значну кількість цього елемента (Табл 1) [2].

Таблиця 1. Азотфіксуючий потенціал бобових рослин[2]

Вид бобових	Річна кількість фіксованого азоту, кг/га
Люцерна	465
Конюшина червона	252
Горох голубиний	225
Вігна промениста	200
Фава	165
Горох польовий	111
Конюшина біла	102
Арахіс	100
Сочевиця	52
Квасоля звичайна	50

У сучасному агровиробництві бобові культури можуть становити до 20–25% у структурі сівозміни, що дозволяє суттєво зменшити потребу в азотних добривах. Щоб забезпечити високу ефективність процесу азотфіксації, насіння перед висівом обробляють спеціальними препаратами з високим титром бульбочкових бактерій. Цей метод, відомий як інокуляція, допомагає активізувати процес фіксації азоту з атмосфери. Проте ефективність бобових культур у цьому процесі суттєво варіюється. Найвищі показники демонструють люцерна (до 300 кг/га), червона конюшина (180 кг/га), буркун білий і люпин (близько 150 кг/га), тоді як горох і соя накопичують від 50 до 70 кг/га азоту.

Окрім симбіотичної азотфіксації, у ґрунті існують також вільноживучі азотфіксатори, зокрема представники родів *Clostridium* та *Azotobacter*. Однак їхня ефективність значно нижча – лише близько 5 кг/га за сезон, що пов'язано з обмеженою кількістю доступної органічної речовини. Бульбочкові бактерії, на відміну від вільноживучих, отримують від рослин-господарів мінеральні речовини та продукти вуглеводного обміну, що значно підвищує їхню активність.

Результативність азотфіксації залежить від низки факторів. Одним із ключових є вірулентність бактерій, яка визначає ефективність інокулянта. Важливе значення має і вологість ґрунту: для активного функціонування бактерій вона має становити 60–70% від повної вологоємності, тоді як за показників нижче 16–18% мікроорганізми переходять у стан спокою або частково гинуть. Надлишок вологи теж негативно впливає, оскільки погіршує аерацію ґрунту.

Температура є ще одним визначальним чинником. Процес фіксації азоту починається за +10°C, а найоптимальніший діапазон для його максимальної продуктивності – 20–25°C. Перевищення 30°C може суттєво загальмувати активність бактерій.

Не менш важливим є рівень кислотності ґрунту, оскільки він впливає як на самі бобові рослини, так і на їхніх симбіонтів. Надмірна кислотність спричиняє токсичний вплив сполук марганцю та алюмінію, ускладнює засвоєння кальцію,

фосфору, молібдену та вуглекислоти, що знижує ефективність азотфіксації. Найкращі результати досягаються на ґрунтах із нейтральною реакцією. Водночас бульбочкові бактерії, що симбіотично пов'язані з конюшиною, демонструють більшу стійкість до підвищеної кислотності порівняно з бактеріями люцерни, яка краще розвивається на нейтральних і слабколужних ґрунтах.

Останнім важливим чинником є мінеральне живлення бобових рослин, оскільки саме від рослин-господарів бульбочкові бактерії отримують необхідні елементи для підтримки своєї життєдіяльності. Таким чином, створення оптимальних умов для розвитку бобових культур та їхніх симбіотичних мікроорганізмів дозволяє суттєво підвищити ефективність азотфіксації та покращити якість ґрунту без необхідності застосування великої кількості мінеральних добрив [3].

Дослідження. Одним із прикладів впливу мікродобрив та інокулянтів на продуктивність сої є дослідження, проведене впродовж 2022-2023 років, яке аналізувало їх ефективність за різних умов. У дослідженні вивчався вплив застосування мікродобрив, таких як Рексолін і Реаком-СР-бобові, у поєднанні з різними інокулянтами (ризобіфіт, ризоактив) на рівень врожайності культури.

Результати дослідження засвідчили, що використання мікродобрив навіть без інокуляції сприяє підвищенню урожайності сої порівняно з контролем. Однак найвищі показники були зафіксовані при комбінованому застосуванні мікродобрив та інокулянтів. Зокрема, варіанти із застосуванням Реаком-СР-бобові разом із ризоактивом забезпечили найкращі результати, підвищивши урожайність на понад 25% у порівнянні з контролем.

Значення цих даних полягає в тому, що мікроелементи, зокрема молібден, бор і кобальт, є критично важливими для розвитку бульбочкових бактерій, які відповідають за фіксацію атмосферного азоту. Це підтверджує необхідність комплексного підходу до живлення сої, коли застосування мікродобрив і якісних інокулянтів може значно покращити симбіотичні процеси в кореневій зоні рослин. Крім того, результати експерименту підкреслюють, що сприятливі погодні умови також відіграють ключову роль: у 2022 році рівень урожайності був вищим, що пояснюється оптимальними гідротермічними умовами.

Отже, представлене дослідження демонструє, що використання інокулянтів у поєднанні з мікродобривами є ефективною стратегією для підвищення продуктивності сої. Це особливо актуально для регіонів із дефіцитом ґрунтового азоту, де подібні методи можуть суттєво підвищити врожайність без надмірного застосування мінеральних добрив [4].

Висновок. Азотфіксуючі бактерії відіграють ключову роль у підвищенні родючості ґрунту та зменшенні потреби в мінеральних добривах. Симбіотичні (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) та вільноживучі (*Azotobacter*, *Clostridium*) мікроорганізми ефективно фіксують атмосферний азот, роблячи його доступним для рослин. Найбільш продуктивними культурами для азотфіксації є люцерна, конюшина, буркун, соя та горох. Однак ефективність процесу залежить від низки факторів: вологості, температури, кислотності ґрунту та мінерального живлення. Оптимальні умови дозволяють суттєво підвищити врожайність, покращити

структуру ґрунту та забезпечити екологічно безпечне землеробство. Інокуляція насіння підсилює ефект азотфіксації, а використання біопрепаратів на основі бактерій сприяє сталому розвитку аграрного сектору. Інтеграція азотфіксаторів у агротехнології є перспективним напрямом для зниження витрат і підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь.

Список використаної літератури

1. Азотфіксація за допомогою рослин та бактерій. EOS Data Analytics. URL: <https://eos.com/uk/blog/azotfiksatsiia/> (Дата звернення: 22.02.2025)
2. Фіксація азоту, азотфіксація або діазотрофія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D0%BA%D1%81%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%83 (Дата звернення: 25.02.2025)
3. Азотфіксація бобових культур. Ecoorganic. URL: <https://ecoorganic.ua/blog/post/azotfiksatsiya-bobovih-kultur/> (Дата звернення: 23.02.2025)
4. Резніченко В., Масленко О. Вплив мікродобрив та інокулянтів на урожайність сої. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. – 430 с.

Віталій РУДНЄВ³⁴,

студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

HOW TO WORK WITH PESTICIDES?

Anotation. *Pesticides are are drugs used to control pests and plant pathogens, weeds and harmful organisms that cause damage to agricultural products, materials, and articles, as well as against parasites and vectors of of dangerous human and animal diseases. Pesticides are biologically active substances that can disrupt the functioning of organisms of warm-blooded animals, humans and even agricultural plants. They often penetrate the environment, polluting soil, air and water bodies. These chemicals can destroy beneficial fauna, such as entomophages, acarophages, bees and other pollinating insects. In addition, they can spread to neighbouring crops and ecosystems that have not been treated. In the context of modern In modern farming practices, particularly on farmland, allotments or summer cottages where potatoes, vegetables, and fruit and berry crops are mainly grown, pesticides are often used by people without proper training in safety issues. This creates an urgent need to provide*

³⁴Керівник – Шкатула Ю.М., доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

ongoing advisory support that addresses both the protection of the health of workers and the protection of the environment from pollution.

Keywords: pesticides, herbicides, fungicides, soil, fertilisers.

Анотація. Пестициди – це препарати, що використовуються для боротьби зі шкідниками та збудниками хвороб рослин, бур'янами та шкідливими організмами, які завдають шкоди сільськогосподарській продукції, матеріалам та виробам, а також проти паразитів та переносників небезпечних хвороб людини і тварин. Пестициди - це біологічно активні речовини, здатні порушувати функціонування організмів теплокровних тварин, людини і навіть сільськогосподарських рослин. Вони часто проникають у навколишнє середовище, забруднюючи ґрунт, повітря та водойми. Ці хімічні речовини можуть знищувати корисну фауну, таку як ентомофаги, акарофаги, бджоли та інші комахи-запилювачі. Крім того, вони можуть поширюватися на сусідні культури та екосистеми, які не були оброблені. У сучасній сільськогосподарській практиці, особливо на фермерських землях, присадибних та дачних ділянках, де переважно вирощують картоплю, овочі та плодово-ягідні культури, пестициди часто застосовують люди без належної підготовки з питань безпеки. Це створює нагальну потребу в наданні постійної консультативної підтримки, спрямованої як на захист здоров'я працівників, так і на захист довкілля від забруднення.

Ключові слова: пестициди, гербіциди, фунгіциди, ґрунт, добрива.

The majority of pesticides in use today pesticides in use today are chemical compounds. They are classified according to purpose, method of penetration into pest organisms, mechanism of action, chemical structure and composition.

According to their intended pesticides are divided into the following main groups:

- insecticides – for to control harmful insects;
- acaricides - to control plant-eating mites;
- nematicides – against herbivorous nematodes;
- herbicides – against weeds.

Insecticides and acaricides are classified according to the mechanism of penetration into the organism pests, which conditionally divides them into several groups. The gastric ones include drugs that enter the gastrointestinal tract with food. Contact products work through physical contact with any part of the insect's body or tick. Systemic preparations penetrate plant tissues and enter the digestive tract with plant sap and enter the pests' digestive system. Fumigants act through the respiratory system, entering the body through the respiratory tract. Some products made from mineral oils block the pests' breathing holes.

Many insecticides and acaricides have an effect mainly on adults and larvae, although some products can kill insect eggs and ticks. According to the spectrum of action, there are selective (sparing) and indiscriminate (continuous) agents.

According to the method of insecticides are divided into groups

- for the treatment of seed treatment – disinfectants,
- for soil application
- soil
- for plant treatment during their growing season.

Herbicides are divided into herbicides are divided into two main groups: selective action which are safe for individual crops, and continuous action, that destroy all vegetation. In addition, they can be classified as contact or systemic.

According to their chemical pesticides are divided into two classes: inorganic and organic. Separately it is worth noting that fungicides often contain antibiotics. At the same time, most plant protection products are organic compounds.

Pesticides are used in different ways depending on their purpose: spraying, dusting, sprinkling, mordanting, hydrophobisation, sowing or placing granules in the soil, using poisoned baits, fumigation, disinfestation and disinfection. The most common method is spraying.

The method of application and the consumption rate of the working solution may vary depending on the type of crop, its development stage, and the characteristics of the application equipment Safety rules when using pesticides. To minimise the negative impact of pesticides on people, animals and the environment, manufacturers of protective equipment are constantly improving their products. No products are allowed to be introduced without a detailed analysis of their their impact on animals, beneficial insects, microorganisms in the soil and the degree of their and the degree of their persistence in the environment. Special instructions are also being developed on the safe use of each product and regulations on the conditions and methods of of their application. Of Ukraine: On Plant Protection, On Pesticides and Agrochemicals, On Ensuring sanitary and epidemiological welfare of the population, as set out in the 'List of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in Ukraine, Transport, storage, use, disposal, destruction and neutralisation of pesticides and agrochemicals and trade in them shall be carried out in accordance with the requirements established by current legislation, sanitary rules for the transport, storage and use of pesticides and agrochemicals and other regulations. Persons whose activities are related to the transport, storage, use and trade in pesticides and agrochemicals must have a permit (certificate) for the right to.

In modern farming, particularly on farmland, allotments or summer cottages, where potatoes, vegetables and fruit and berry crops are mainly grown, pesticides are often used by people without proper safety training. This creates an urgent need to provide ongoing advisory support to protect both the health of workers and the environment from pollution.

Most pesticides used today are chemical compounds. They are classified according to their purpose, method of penetration into pest organisms, mechanism of action, chemical structure and composition.

Persons whose activities are related to the transportation, storage and use of pesticides and agrochemicals and their trade must have a permit (certificate) to work with these products. Employees shall be engaged in all types of work with pesticides

on the basis of a duly issued work order. These activities, including those involving treated seed, must be recorded in special logs.

Spraying is one of the most common methods of applying pesticides, which is carried out by applying a working solution, emulsion or suspension to the surface to be treated. The main advantage of this method is the uniform distribution of the liquid and optimal coverage of the area with minimal consumption of the active substance. The use of adhesives in the working solution helps to better fix the product on the treated surface, and the addition of synergists allows for a noticeable synergistic effect. To increase efficiency, mixtures of pesticides for different purposes are often used, taking into account meteorological conditions.

However, the spraying method has its drawbacks. These include the difficulty in preparing the working solution, significant water consumption in certain cases, and the need to accurately observe the consumption rate of both the preparation and the working solution.

Compounds used for spraying are dispersed systems, such as suspensions, emulsions and true or colloidal solutions. These systems consist of a dispersion medium (mainly water) and a dispersed phase, which is represented by liquid or solid pesticide particles in suspension in this medium [2].

When applying pesticides and agrochemicals, it is important to remember that chemical treatment of fields harms not only people and animals, but also the environment itself.

All work related to the use of pesticides is carried out under the supervision of a crop protection specialist, while the responsibility for compliance with occupational health and safety standards lies with the heads of agricultural enterprises. The contractors for such work are selected from among specialists with relevant experience and specialised education. Every year, before the start of seasonal work, all employees undergo training, occupational health and safety briefings and mandatory medical examinations.

Persons involved in the transportation, storage, use of pesticides and agrochemicals or their sale must obtain a special permit (certificate) to perform these tasks. Employees are allowed to work with pesticides only if they have a properly issued work order. All actions, including work with treated seed material, must be recorded in special logs.

Processes related to the use of pesticides and mineral fertilisers should be mechanised to the maximum extent possible. Each employee must be provided with personal protective equipment, including gas masks, respirators, goggles, gloves, and special clothing and footwear. These means are assigned to the employee for the entire period of work and must be stored in separate individual cabinets in a room isolated from chemicals, food or feed.

The choice of personal protective equipment is based on the characteristics of pesticides and fertilisers, working conditions and individual characteristics of employees. All personal protective equipment is stored in specially designated places in individual cabinets. Employees are provided with these means by the farm or enterprise at their own expense.

Particular attention should be paid to the correct sequence of removal of personal protective equipment. Before removing them, they must be cleaned: first, rubber gloves are washed in lime solution and clean water, shaken off, and only then goggles, respirator, boots and overalls are removed. After that, the gloves are cleaned again and carefully removed.

In the area of pesticide work, there should be places for rest and eating, with drinking water, a sink and a first aid kit. These places should be located no closer than 200 metres from the pesticide application area downwind.

Nutrition. Nutrition is an important factor in determining the body's resistance to toxic substances. Exhausted people are more susceptible to the harmful effects of pesticides. You need to eat before working with pesticides. It is desirable that the food be nutritious and contain foods with enveloping properties that reduce the irritating effects of chemical compounds.

Before eating, you should wash your hands thoroughly with soap and water, rinse your mouth and throat, and take a shower after work.

These include the difficulty in preparing the working solution, significant water consumption in certain cases, and the need to accurately observe the consumption rate of both the preparation and the working solution. Compounds used for spraying are dispersed systems, such as suspensions, emulsions and true or colloidal solutions.

These systems consist of a dispersion medium (mainly water) and a dispersed phase, which is represented by liquid or solid pesticide particles in suspension in this medium [2].

When applying pesticides and agrochemicals, it is important to remember that chemical treatment of fields harms not only people and animals, but also the environment itself.

All work related to the use of pesticides is carried out under the supervision of a crop protection specialist, while the responsibility for compliance with occupational health and safety standards lies with the heads of agricultural enterprises.

The contractors for such work are selected from among specialists with relevant experience and specialised education. Every year, before the start of seasonal work, all employees undergo training, occupational health and safety briefings and mandatory medical examinations.

Persons involved in the transportation, storage, use of pesticides and agrochemicals or their sale must obtain a special permit (certificate) to perform these tasks. Employees are allowed to work with pesticides only if they have a properly issued work order. All actions, including work with treated seed material, must be recorded in special logs. Processes related to the use of pesticides and mineral fertilisers should be mechanised to the maximum extent possible. Each employee must be provided with personal protective equipment, including gas masks, respirators, goggles, gloves, and special clothing and footwear.

The use of bio-fungicides and insecticides makes sense in household plots, when growing products for personal consumption, when the economic viability of growing is not in the first place. This helps to reduce the content of chemicals harmful to the human body in fruits and tissues of finished products [1].

Therefore, based on the above requirements for the application of chemical plant protection products, the consequences associated with the violation of these requirements, it can be concluded that the application of chemicals, especially on an industrial scale, can cause significant harm to human health if safety precautions are not followed, so the requirements described in the relevant legislative sources should be strictly followed.

As for the recommendations, in the fight against pests and plant diseases in household plots, it is recommended to use biological pesticides, which are currently available in a wide range and have been proven to be effective when applied correctly.

Список використаної літератури

1. Охорона праці під час роботи з пестицидами. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/ohorona-praci-pid-chas-roboti-z-pesticidami>. (дата звернення: 24.03.2025)
2. Станкевич С.В., Балан Г.О. Технічні засоби застосування пестицидів: навч. посібник; Одес. держ. аграр. ун-т, Держ. біотехнол. ун-т. Житомир : ПП "Рута", 2023. 184 с.
3. Заходи безпеки при роботі з пестицидами. <https://consumerhm.gov.ua/1059-zakhodi-bezpeki-pri-roboti-z-pestitsidami> (дата звернення 12.03.2025).
4. Як безпечно працювати з пестицидами. Агроном. 2024. <https://www.agronom.com.ua/yak-bezpechno-pratsyuvaty-z-pestytsydamy/>

Анастасія СВИСТУН³⁵,

Студентка 3-го курсу,

Факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

АНАЛІЗ СОРТОВОГО СКЛАДУ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В РЕЄСТРІ СОРТІВ РОСЛИН ПРИДАТНИХ ДЛЯ ПОШИРЕННЯ В УКРАЇНІ

***Анотація.** У статті проведено детальний аналіз сортового складу квасолі звичайної, зареєстрованої в Україні для сільськогосподарського виробництва. Дослідження охоплює характеристики різних сортів, їхню продуктивність, стійкість до хвороб та шкідників, а також адаптаційні властивості до кліматичних умов країни. Особлива увага приділена сортам, які мають високий потенціал для комерційного вирощування та експорту. На основі аналізу зроблено висновки щодо необхідності постійного оновлення реєстру сортів та проведення селекційної роботи для виведення нових, конкурентоспроможних*

³⁵ Науковий керівник – Мазур О.В, к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри рослинництва та садівництва.

сортів. Результати дослідження можуть бути корисними для сільськогосподарських виробників та науковців.

Ключові слова: квасоля звичайна, сортовий склад, врожайність, адаптація, агрокліматичні умови, селекція, стійкість до хвороб.

Annotation. The article provides a detailed analysis of the varietal composition of common beans registered for agricultural production in Ukraine. The study covers the characteristics of different varieties, their productivity, resistance to diseases and pests, as well as adaptation properties to the climatic conditions of the country. Particular attention is paid to varieties with high potential for commercial cultivation and export. Based on the analysis, conclusions were drawn about the need to constantly update the register of varieties and conduct breeding work to develop new, competitive varieties. The results of the study may be useful for agricultural producers and scientists.

Keywords: common bean, varietal composition, yield, adaptation, agroclimatic conditions, breeding, disease resistance.

Вступ. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) є однією з провідних зернобобових культур, що володіє значною харчовою цінністю та має широке застосування в аграрному секторі. Завдяки високому вмісту легко засвоюваного білка, вітамінів, мікроелементів і клітковини вона відіграє ключову роль у формуванні збалансованого раціону харчування. Особливе значення ця культура має через здатність до встановлення симбіотичних зв'язків із бульбочковими бактеріями, що сприяє збагаченню ґрунту азотом. Така властивість, у поєднанні з харчовою цінністю, робить квасолю перспективною для подальшого розширення посівних площ на території України.

Стандарт життя в країні визначається кількістю білка, споживаного людьми. Протягом останнього десятиліття в Україні значно погіршилося якість харчування, що призвело до значного зниження виробництва продуктів, багатих на білок, а також їхньою високою собівартістю. Глобальний дефіцит білка поступово зменшується завдяки включенню в раціон білків рослинного походження. У цьому контексті молоді боби та насіння квасолі виступають важливими й цінними джерелами рослинного білка, що можуть відігравати вагомий роль у поліпшенні [1].

Одним із важливих чинників, що впливають на підвищення врожайності та покращення якості квасолі, є правильний вибір сорту, який максимально відповідає ґрунтово-кліматичним умовам конкретного регіону. Реєстр сортів рослин, рекомендованих для використання в Україні, пропонує широкий вибір сортів квасолі з різноманітними морфологічними характеристиками, термінами досягання, рівнем врожайності та стійкістю до хвороб і шкідників. Глибокий аналіз цих сортів дозволяє визначити найперспективніші варіанти для вирощування в умовах України, що в свою чергу сприятиме збільшенню врожаю.

Виклад основного матеріалу. Квасоля звичайна є цінним джерелом білка, що містить незамінні амінокислоти, а також вітамінів, особливо у зелених бобах,

які рекомендується вживати людям із захворюваннями печінки та жовчного міхура.

Згідно з дослідженнями відомих науковців білок відіграє важливу роль у формуванні тканин, бере участь у синтезі ферментів і гормонів, а також зміцнює імунну систему. Вуглеводи, зокрема крохмаль, є основним джерелом енергії, тоді як клітковина сприяє нормалізації метаболізму, знижує рівень холестерину та покращує відтік жовчі. Мінеральні речовини забезпечують клітинний обмін, а вітаміни позитивно впливають на процес кровотворення та регулюють обмін речовин [2].

Вегетаційний період квасолі триває від 75 до 130 діб, залежно від сорту. Культура чутлива до нестачі тепла, не витримує посухи під час цвітіння. В Україні ультраскоростиглі сорти дозрівають за < 65 діб, скоростиглі – 65-70, середньостиглі – 81-85, а пізньостиглі – понад 91 добу. Більшість сортів належить до короткодобових, хоча зустрічаються форми довгого дня та нейтральні. Насіння проростає при 8-10 °С, оптимальна температура – 12-15 °С.

Квасоля звичайна має високу потребу у світлі, особливо на початкових етапах росту. Недостатня освітленість, надлишок вологи та низькі температури можуть спричинити формування насіння світліших відтінків. Біле насіння під впливом дощів у період збирання набуває жовтуватого забарвлення, а за тривалого перестигання в полі може втратити насиченість кольору.

Для сортів із темним насінням колір має важливе значення, оскільки впливає на реакцію рослини на температуру. Це пов'язано з наявністю антоціанів, які виконують захисну функцію, діючи як природні антибіотики. Вони підвищують холодостійкість клітин, зменшують ризик загнивання та пригнічують розвиток патогенних організмів під час проростання насіння. [3].

Агропромисловий комплекс має ключову мету – забезпечення населення якісними харчовими продуктами. Для інтенсифікації виробництва високобілкових культур необхідне впровадження нових технологій, які сприятимуть підвищенню врожайності та її економічній доцільності. Основним шляхом підвищення ефективності є використання високоврожайних адаптованих сортів та вдосконалення технологій їх вирощування.

Квасоля залишається важливим джерелом високоякісного білка, збалансованого за амінокислотним складом, екологічно чистого та економічно доступного. Вона відіграє значну роль у формуванні продовольчих і білкових ресурсів багатьох країн, забезпечуючи продовольчу безпеку. Очікується, що протягом наступного десятиліття попит на квасолю зросте, а виробництво збільшиться на 30-40 млн тон, що сприятиме розширенню посівних площ, підвищенню врожайності та забезпеченню населення якісними білковими продуктами [4].

Вибір сорту квасолі має велике значення для отримання стабільного врожаю, оскільки різні сорти відрізняються за тривалістю вегетаційного періоду, масою насіння, урожайністю та вмістом білка. В Україні зареєстровано та рекомендовано для вирощування кілька перспективних сортів, які добре адаптовані до місцевих умов та забезпечують високу продуктивність. Основні

характеристики таких сортів наведені в табл 1. Представлені в таблиці сорти квасолі звичайної є результатом тривалої селекційної роботи, спрямованої на підвищення продуктивності, стійкості до несприятливих умов вирощування та покращення якості продукції. Кожен сорт був ретельно оцінений за ключовими показниками, що дозволяє сільськогосподарським виробникам вибирати оптимальні варіанти для конкретних кліматичних і ґрунтових умов.

Таблиця 1 Сорти квасолі занесені до Державного реєстру рослин придатних для поширення в Україні

№	Сорт	Рекомендована зона для вирощування	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га	Вміст білка, %	Тривалість вегетаційного періоду, діб
1	Мавка	Лісостеп, Полісся	280	2,6-2,8	23	105
2	Арія	Степ, Лісостеп	287	2,5	25,6	85
3	Горлиця	Степ, Лісостеп	198	2,35	27	88
4	Фрея	Степ, Лісостеп	280	2,7	25	95
5	Надія	Лісостеп	226-234	2,3-2,7	26	80-85
6	Первомайська	Лісостеп, Полісся	260	2,1	25,7	80-95

Джерело: [5,6]

Особливу увагу варто приділити тривалості вегетаційного періоду, яка впливає на можливості обробітку та збір врожаю в різних регіонах України. Ці сорти є важливим внеском у розвиток вітчизняного сільського господарства, сприяючи підвищенню його конкурентоспроможності та забезпеченню продовольчої безпеки країни.

Коротка характеристика кожного сорту [6, 7]:

- Мавка. Сорт виведений в Інституті землеробства НААН. Належить до зернового напрямку, ботанічна різновидність – *var. ellipticus albus*. Рослина кущової форми, індетермінантного типу росту, досягає висоти 35-45 см і характеризується стійкістю до вилягання. Нижні боби розташовані на висоті 12-14 см. Насіння біле, має відмінні смакові якості та містить 23% білка. Сорт відзначається високою стійкістю до осипання, стійкий до ураження поширеними хворобами та пошкодження квасолевою зернівкою. Підходить для механізованого збирання. Очікуваний рівень урожайності – 2,6-2,8 т/га.

Сорт внесений до Державного реєстру рослин, придатних до поширення в Україні з 2001 р. Зони вирощування: Лісостеп та Полісся України.

- Арія. Сорт виведений в Інституті кормів НААН, внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Рослина кущової форми, середньоросла, компактна. Квіти мають біле забарвлення. Нижні боби прикріплюються на висоті 13 см, мають високу стійкість до розтріскування. Насіння біле, еліптичне, гладеньке, з рубчиком білого кольору.

Маса 1000 зерен складає 287 г, а вміст білка в зерні – 25,6%. Добре розварюється. Сорт належить до зернового напрямку, характеризується високою

адаптивністю до умов вирощування. Тривалість вегетаційного періоду – 85 днів. Очікувана врожайність – 2,5-2,7 т/га.

Сорт внесений до Державного сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2023 р. Зони вирощування: Лісостеп та Степ України.

- Горлиця. Сорт виведений у інституті зернових культур НААН. Рослина кущової форми, середньорозгалужена, заввишки 55-58 см. Нижні боби прикріплюються на висоті 17 см, мають високу стійкість до розтріскування. Квіти мають рожеве забарвлення. Насіння бежеве, еліптичне, гладеньке, блискуче.

Маса 1000 зерен становить 198 г, а вміст білка – 27%. Сорт належить до зернового напрямку, характеризується високою адаптивністю до умов вирощування. Тривалість вегетаційного періоду – 88 днів. Очікувана врожайність – 2,35 т/га.

Сорт внесений до Державного сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2023 р. Зони вирощування: Лісостеп та Степ України.

- Фрея. Сорт виведений в Інституті кормів НААН. Рослина кущової форми, заввишки 50-55 см. Нижні боби прикріплюються на висоті 15 см, мають високу стійкість до розтріскування. Квіти мають біле забарвлення, насіння біле, вузькоеліптичне.

Сорт характеризується врожайністю насіння на рівні – 2,7 т/га за стандартної вологості 14%. Тривалість вегетаційного періоду становить 95 днів. Рослина формує в середньому 14 бобів. Насіння має масу 1000 зерен – 280 г та містить 25% білка. Відзначається високою стійкістю до розтріскування бобів та дружним досяганням.

Сорт внесений до Державного сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2023 р. Зони вирощування: Лісостеп та Степ України.

- Надія. Сорт був створений у Буковинському інституті АПВ УААН шляхом індивідуального добору з гібридної комбінації Бельцька 16 × Первомайську. Належить до різновидності *ellipticus albus*.

Рослина має кущову форму, висотою 45-50 см, з білими квітками. Нижні боби прикріплюються на висоті 15–18 см і мають високу стійкість до розтріскування. Насіння біле, еліптичне, гладеньке, блискуче, з білим рубчиком. Маса 1000 зерен становить 226-234 г, а вміст білка в зерні – до 26%.

Сорт належить до зернового напрямку, добре розварюється та має відмінні смакові якості. Відзначається придатністю до механізованого збирання. Тривалість вегетаційного періоду становить 80–85 днів. Потенційна врожайність зерна – 2,3-2,7 т/га.

Сорт внесений до Державного сортів рослин, придатних до поширення в Україні з 2001 р. Зони вирощування: Лісостеп.

Первомайська. Сорт був створений в Інститут механізації та електрифікації сільського господарства. Цей популярний сорт має кущову форму з компактними, притиснутими гілками заввишки 48 см. Відзначається високою стійкістю до вилягання. Насіння біле, гладке, овальної форми, масою 1000 зерен – 260 г. Вміст білка в зерні становить 25,7%, що забезпечує високі смакові якості.

Сорт характеризується дружним дозріванням і належить до середньостиглих. Вегетаційний період триває 80–95 днів. Середня врожайність – 2,1 т/га, а за механізованого збирання в оптимальних умовах досягала 3,05 т/га.

Сорт придатний для механізованого збирання та рекомендований для вирощування в Лісостепу та Поліссі, перевищуючи стандарт на 3,5%. Сорт внесений до Державного сортив рослин, придатних до поширення в Україні з 1994 р.

Висновок. Аналіз сортового складу квасолі звичайної в реєстрі сортів рослин України виявив значне різноманіття сортів, придатних для вирощування в різних кліматичних умовах країни. Серед зареєстрованих сортів виділяються ті, що мають високу продуктивність, стійкість до хвороб та шкідників, а також відмінні смакові якості.

Результати дослідження свідчать про важливість постійного оновлення реєстру сортів, щоб забезпечити сільськогосподарських виробників якісним посадковим матеріалом, який відповідає сучасним вимогам ринку та екологічним стандартам.

Рекомендується продовжувати наукові дослідження та селекційну роботу для виведення нових сортів квасолі, які б поєднували в собі найкращі характеристики існуючих сортів та були адаптовані до змін клімату.

Таким чином, аналіз сортового складу квасолі звичайної в Україні підкреслює потенціал для подальшого розвитку галузі та підвищення конкурентоспроможності вітчизняної сільськогосподарської продукції на міжнародному ринку.

Список використаної літератури

1. Мазур О. В. Вихідний матеріал для селекції зернобобових культур із підвищеною адаптивністю та зерновою продуктивністю в умовах Лісостепу Правобережного: Монографія. Вінниця: ВНАУ, 2019. 345 с.
2. Овчарук О.В. Квасоля – цінне джерело рослинного білка, зумовлене сортовими особливостями. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 1–2. С. 38–40.
3. Могильна О.М., Підлубенко І.М., Біленька О. М. Методичні основи прискорення селекційного процесу сортів квасолі звичайної: методичні рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2021. 48 с
4. Мазур В. А., Дідур І.М., Мазур О. В., Мазур О. В. Особливості прояву господарсько-біологічних ознак квасолі звичайної (*Phaseolus Vulgaris* L.) в умовах Лісостепу Правобережного: Монографія. Вінниця: ТОВ "Друк", 2021. 256 с.
5. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin> (дата звернення 05.03.25)
6. Перелік сортів культури КВАСОЛЯ ЗЕРНОВА. URL: <https://m.agrarii-razom.com.ua/culture-varieties-catalog/kvasolya-zvychnayna-zernova> (дата звернення 08.03.25)

7. Овчарук О. В. Характеристика сортів квасолі звичайної в умовах Лісостепу західного. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17(1). С. 236-239.

Наталя СИРОТЮК³⁶,
студентка 2 курсу,
ННІ агротехнологій та природокористування
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ БУР'ЯНІВ НА КУЛЬТУРНІ РОСЛИНИ

Анотація. *Бур'яни є найголовнішим ворогом агронома, з ними важко боротися, так як вони є досить витривалими рослинами, мають безліч фізіологічних особливостей, які підвищують їхню витривалість. Тому в даній статті розглянуть важливі питання, які стосуються впливу бур'янів на культурні рослини. Буде охарактеризовано та обґрунтовано чому бур'яни являються витривалішими за сільськогосподарські культури, яку шкоду та користь вони приносять агроценозам. Описано хімічні речовини, що виділяються бур'янами у ґрунт, що вони спричиняють, шкоду чи користь, для рослин які зростають поряд, як зменшити кількість бур'янів, їх вплив на біоту та яку користь людство отримує від бур'янів.*

Ключові слова: *бур'яни, культурні рослини, вплив, хімічні сполуки, фітотоксичні речовини, життєздатність насіння, поліморфність.*

Annotation. *Weeds are the main enemy of the agronomist, it is difficult to fight them, as they are quite hardy plants, have many physiological features that increase their endurance. Therefore, this article will consider important issues related to the impact of weeds on cultivated plants. It will be characterized and substantiated why weeds are more hardy than crops, what harm and benefit they bring to agrocenoses. The chemicals released by weeds into the soil are described, what they cause, harm or benefit, for plants growing nearby, how to reduce the number of weeds, and their impact on biota and what benefits humanity receives from weeds.*

Key words: *weeds, cultivated plants, impact, chemical compounds, phytotoxic substances, seed viability, polymorphism.*

Вступ. Один із найважливіших аспектів у веденні фермерського господарства є знання про вирощування сільськогосподарських рослин та поряд із ними ростуть ще й бур'яни. Тому дуже важливо мати знання не тільки про

³⁶ Науковий керівник – Малик В. М. д.ф. з педагогіки, викладач кафедри української та іноземних мов ВНАУ

культурні рослини, які вирощують агрономи та фермери на полях, а і про бур'яни, оскільки вони безпосередньо впливають на кількість та якість урожаю.

Бур'яни зазвичай розглядаються як небажані, вони є важливим елементом екосистеми, але в сільському господарстві, садівництві та міському середовищі завдають значної шкоди, водночас, деякі їх види мають корисні властивості [3].

Бур'яни – це трав'янисті рослини, які ростуть у агроценозах, фітоценозах та створюють значну конкуренцію культурним рослинам. Вони конкурують за світло, воду, поживні речовини, а також сприяють поширенню шкідників та хвороб, виділяють у ґрунт хімічні сполуки, які мають негативну дію. В результаті сукупності цих впливів, відбувається пригнічення врожайності сільськогосподарських рослин [3].

Виклад основного матеріалу. Бур'яни виділяють у ґрунт різні хімічні сполуки, які змінюють його властивості, впливають на ріст культурних рослин і на стан біоти. Данні сполуки утворюються в процесі їхньої життєдіяльності або після розкладання залишків. Основні групи таких речовин. Алелопатичні сполуки. Багато бур'янів виділяють речовини, які впливають на ріст інших рослин (інгібують або стимулюють його). Наприклад: фенольні сполуки впливають на ріст кореневої системи культурних рослин, алкалоїди токсичні для них, а терпеноїди пригнічують ріст насіння сусідніх рослин. Прикладами таких бур'янів є чистотіл великий, виділяє алкалоїди та щиріця виділяє фенольні кислоти. Органічні кислоти впливають на засвоєння мінеральних речовин із ґрунту, виділяються вони із кореневої системи бур'янів. Приклади: щавлева кислота (зменшує доступність кальцію в ґрунті), лимона кислота (стабілізує мобілізацію фосфатів). Щодо виділення полісахаридів, то вони сприяють розвитку ґрунтових мікроорганізмів і в свою чергу можуть як шкодити, так і бути корисними для культурних рослин.

Зазначимо декілька фактів про фітотоксичні речовини після розкладання. Після опадання листя та загибелі бур'янів, у ґрунт потрапляють продукти розкладу. Одні із них є фенольні сполуки, які утворюються при розкладанні багатьох бур'янів (наприклад, осоту чи амброзії), вони пригнічують проростання насіння культурних рослин і розвиток кореневої системи. Є також лігніни, які затримують доступність поживних речовин, таких як азот. А танінові сполуки мають антимікробну дію, тому впливають на склад ґрунтової мікрофлори, зменшують активність корисних мікроорганізмів, які сприяють росту культурних рослин. Органічні кислоти (наприклад, щавлева або яблучна) мають здатність підвищувати кислотність ґрунту, створюючи кисле середовище несприятливе для рослин. Після розкладання залишків таких бур'янів, як амброзія полинолиста або гірчак рожевий у ґрунті накопичуються токсини, які негативно впливають на ріст пшениці та кукурудзи. Азотні сполуки, такі як нітрати та амоній можуть виділитися під час розкладання залишків бур'янів [7]. Деякі продукти розкладу, наприклад, гумінові речовини, мають позитивний вплив, покращують структуру ґрунту та його родючість.

Для того щоб позбутися негативного впливу вводять сівозміну, уникають монокультурного вирощування, залишки бур'янів компостують, щоб токсини

розклалися до безпечних форм. Також проводять глибокий обробіток ґрунту, закопують рослині рештки, в результаті прискорюється їх розклад. Бур'яни використовують для мульчі або сидератів, якщо токсичні сполуки нейтралізовані. Але пам'ятайте що не всі бур'яни утворюють шкідливі сполуки. Тож потрібно ураховувати і той факт, що біологічні особливості кожного виду бур'яну різні.

Занадто велика кількість бур'янів на ділянці та їхня загушеність у посівах спричиняють затінення та недоотримання сонячного світла, дуже важливого для процесу фотосинтезу. Важливо пам'ятати про надзвичайно великі запаси насіння бур'янів в орному шарі, які налічують кілька мільярдів штук на гектар і те, що бур'яни здатні проростати за різних температурних умов із різної глибини впродовж усього вегетаційного періоду, а це призводить до ускладнення їхнього контролю. Частка бур'янів із насінневою продуктивністю до 250 (майже як у культурних рослин) становить 14,5%, від 250 до 2,5 тис. шт. – 42%, від 2,5 тис. до 25 тис. – 37%. Наприклад: лобода біла має велику насіннєву плодючість - 700 тис. шт., щириця звичайна – понад 1 млн. шт., триреберник непахучий – 1 млн. 650 тис. шт.

Насіння бур'янів зберігають довгу життєздатність у ґрунті: буркун білий – 77 років, березка польова – 50 років, щириця та амброзія – до 40 років, зірочник та мишій – до 30 років [5].

Американський ботанік Вільям Джеймс Біл в 1879 році провів дослідження, закопав у землю 20 пляшок з насінням, 20 видів поширених бур'янів по 50 насінин кожного виду. У 2000 році пляшки з насінням було викопано, а насіння посіяно, в результаті проросло 26 насінин з 1050, це і є підтвердженням того, що насіння зберігає довгу життєздатність [1].

Топ 10 найпоширеніших бур'янів України [6].

№	Назва бур'яну	Збереження життєздатності	Кількість насінин, тис.	Глибина проростання
1.	Пирій повзучий (<i>Elytrigia repens</i> L.)	5 років	19 000	10 см.
2.	Амброзія полинолиста (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.)	40 років	800	8 см.
3.	Зірочник середній, або мокрець (<i>Stellaria media</i> L.)	30 років	25 000	4-5 см.
4.	Щириця загнута, або щириця звичайна (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	40 років	1000 000	3 см.
5.	Мишій сизий (<i>Setaria glauca</i> L.)	30 років	13 000	14 см.
6.	Осот жовтий польовий (<i>Sonchus arvensis</i> L.)	5 років	30 000	12 см.
7.	Лобода біла (<i>Chenopodium album</i> L.)	38 років	700 000	10 см.
8.	Плоскуха звичайна, або півняче просо (<i>Echinochloa crus-galli</i> L.)	13 років	60 000	14 см.

9.	Галінсога дрібноквіткова, або незбутниця (<i>Galynsoga parviflora</i>)	5 років	300 000	2-3 см.
10.	Гірчак шорсткий (<i>Polygonum lapathifolium</i> L. або <i>Persicaria lapathifolia</i> L.)	6 років	7 000	7 см.

Бур'яни мають вищу стійкість до несприятливих умов, ніж культурні рослини, кращу конкурентну здатність. А їх насіння при проходженні через травний тракт тварин не втрачає схожості та життєздатності.

Роботу з бур'янами погіршує варіативність способів розмноження, притаманної їм, поліморфності, здатність насіння легко обсіпатися і поширюватись на великі відстані, а деякі види витримують несприятливі умови зимівлі у будь-якій фазі розвитку, крім того для бур'янів не так вже й важливо сформувалось насіння чи ні, адже вони можуть поширюватись і наростати кореневими паростками, відростати від кореневища [2].

Досить тривалим процесом є зниження рівня потенційної засміченості орних земель насінням бур'янів. Навіть на ділянках де проводять досліді і своєчасно та якісно виконують агротехнічні та хімічні заходи, контролювання бур'янів від сівозміни, систем обробітку ґрунту до застосування гербіцидів, зниження засміченості орного шару насінням становить в середньому лише 25-30%. А для того, щоб цілком повністю очистити орний шар ґрунту необхідно щонайменше три-чотири ротації сівозмін.

Людство роками намагалося зменшити кількість бур'янів у посівах різними методами :

- механічний: обробка ґрунту, прополювання. Ефективність до 80% за правильної технології;
- хімічний: використання гербіцидів. Сучасні препарати можуть знижувати бур'яни на 90-95%, при цьому є ризики для навколишнього середовища;
- біологічний: використання природних ворогів бур'янів (гриби, комахи). Ефективність може бути меншою (40-70%), але це екологічно безпечний підхід;
- агротехнічний: дотримання сівозміни, сидерація, мульчування. Зменшення бур'янів на 60-80% .

Та не все так погано як здається, тому що бур'яни наділені великою кількістю цінних сільськогосподарських властивостей. Деякі їх види є медоносними, інші – лікарськими, та з них виготовляють лікарські препарати. Бур'яни захищають ґрунт від ерозії, допомагають переміщенню поживних речовин із нижніх шарів ґрунту у верхні, можуть бути кормом для тварин та являються селекційною базою. Вони є також індикаторами стану ґрунту сигналізуючи про його кислотність, родючість чи наявність поживних та токсичних речовин. Деякі бур'яни ростуть переважно в кислих ґрунтах, тоді як інші надають перевагу лужним. Наприклад, щавель кислий вказує на підвищену кислотність, а кульбаба свідчить про нейтральний ґрунт. Наявність певних бур'янів сигналізує про низький рівень азоту, фосфору чи калію в ґрунті. Наприклад, роман польовий росте на бідних ґрунтах, кропива дводомна любить рости на родючих, та ще й

з високим вмістом азоту. Сигналом про ущільнення ґрунту буде наявність на ділянці подорожника великого, який зростає на важких утрамбованих землях. Бур'яни також можуть вказувати про надмірну вологість, посуху та накопичення важких металів чи інших токсичних речовин. Хвощ польовий та осока ростуть на перезволожених ділянках, а чорнобильник зростає на ділянках із підвищеним рівнем металів [4].

Вивчення бур'янів є невід'ємною частиною роботи агронома, адже це сприяє не лише підвищенню врожайності, а й збереженню екологічного балансу. Бур'яни часто розглядаються як шкідливий фактор через конкуренцію з культурними рослинами, поширення шкідників та хвороб, вони також можуть виконувати екологічно важливі функції. Для агрономів знання про види бур'янів їхній життєвий цикл та способи боротьби з ними є ключем до ефективного управління врожайністю та збереження ґрунтового потенціалу. Розумне управління бур'янами дозволяє досягти балансу між мінімізацією шкоди та використанням їхніх важливих переваг для екосистеми та господарської діяльності.

Список використаної літератури

1. Вільям Джеймс Біл : веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BC_%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81_%D0%91%D1%96%D0%BB (дата звернення 1.03.2025 р.)
2. Класифікація бур'янів та заходи боротьби з ними: веб-сайт. URL: https://agrodin.com.ua/blog/posts/buryaniv-sposobi-borotbi/?srsltid=AfmBOoq-mf8chpwoANMRJRkRv6wiC7P_VOByFO4tPaBHEDjeV2lrrLuj (дата звернення 26.02.2025 р.)
3. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%83%D1%80%27%D1%8F%D0%BD> (дата звернення 21.02.2025 р.)
4. Микола Косолап: Бур'яни – це не завжди погано: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/articles/247-mikola-kosolap-buryani--tse-ne-zavjdi-pogano> (дата звернення 13.03.2025 р.)
5. Про бур'яни детально...- Агробізнес: веб-сайт. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/15274-pro-buriany-detavno.html> (дата звернення 10.03.2025 р.)
6. Топ-10 найпоширеніших бур'янів України: веб-сайт. URL: https://www.youtube.com/watch?v=eh8M55n_EOw (дата звернення 14.03.2025 р.)
7. Фітотоксичність – Словник агронома: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/slovnik-agronoma/fitotoksichnist-id19173> (дата звернення 12.03.2025 р.)

Владислав СКАКУН³⁷,
студент 3-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ: РОСЛИНИ ЯК ОЧИЩУВАЧІ ДОВКІЛЛЯ

Анотація. Фіторемедіація – це екологічно безпечний, ефективний та економічно вигідний метод очищення довкілля від забруднювачів, зокрема важких металів, нафтових вуглеводнів, пестицидів та інших токсичних речовин. Процес базується на використанні рослин, здатних накопичувати, трансформувати та розкладати токсичні сполуки, сприяючи таким чином відновленню ґрунту, води та повітря. У цій статті розглядаються механізми фіторемедіації, такі як фітоекстракція, фітодеградація, фітосепарація та фільтрація. Також проаналізовано перспективні види рослин з високим потенціалом для відновлення довкілля та окреслено їхні переваги та обмеження. Запропоновано практичні аспекти фіторемедіації в управлінні та охороні довкілля.

Ключові слова: фіторемедіація, екологія, забруднення, важкі метали, фітоекстракція, біоремедіація.

Annotation. Phytoremediation is an environmentally safe, effective and cost-effective method of cleaning the environment from pollutants, in particular heavy metals, petroleum hydrocarbons, pesticides and other toxic substances. The process is based on the use of plants that are able to accumulate, transform and decompose toxic compounds, thus contributing to the restoration of soil, water and air. This article considers the mechanisms of phytoremediation, such as phytoextraction, phytodegradation, phytoseparation and filtration. Also, promising plant species with high potential for environmental restoration are analyzed and their advantages and limitations are outlined. Practical aspects of phytoremediation in environmental management and protection are proposed.

Keywords: phytoremediation, ecology, pollution, heavy metals, phytoextraction, bioremediation.

Вступ. Сучасний технологічний розвиток призвів до значного забруднення навколишнього середовища, що становить серйозну загрозу для екосистем і здоров'я людей. Важкі метали, пестициди, нафтопродукти та інші токсичні речовини накопичуються в ґрунтах, водоймах і атмосфері, ускладнюючи природне відновлення. Традиційні методи відновлення, такі як хімічна

³⁷ Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

нейтралізація та механічне видалення забруднювачів, є дорогими і часто спричиняють перехресне забруднення.

Одним із найперспективніших підходів до відновлення довкілля є фітореMediaція. Здатність рослин поглинати, трансформувати та накопичувати токсичні речовини дозволяє ефективно зменшувати забруднення, не порушуючи при цьому природні процеси. ФітореMediaція є екологічно безпечною, економічно ефективною та стійкою альтернативою традиційним методам відновлення.

Метою цієї статті є аналіз механізмів фітореMediaції, виявлення рослин з високим потенціалом для відновлення довкілля та оцінка можливостей практичного застосування цього методу. Для досягнення цієї мети розглянуто основні типи процесів фітореMediaції, їх переваги та обмеження, а також перспективи впровадження цієї технології в природоохоронну діяльність.

Виклад основного матеріалу. ФітореMediaція – це екологічно чистий метод очищення забрудненого середовища за допомогою рослин. Цей підхід базується на природній здатності рослин поглинати, трансформувати та відокремлювати забруднювачі з ґрунту, води та повітря [1].

Ранні дослідження в галузі фітореMediaції були зосереджені переважно на фітоекстракції важких металів, таких як свинець, кадмій і мідь, за допомогою рослин-гіперакумуляторів (рослин, здатних накопичувати значні концентрації токсичних елементів у своїх тканинах). Наприклад, *Thlaspi caerulescens* і *Pteris vittata* були предметом численних досліджень через їхню унікальну здатність накопичувати метали.

З часом поняття фітотерапії розширилося і були розроблені нові підходи, серед яких:

1. Фітостабілізація – це процес, за допомогою якого рослини обмежують рухливість забруднювачів у ґрунті, зменшуючи їхню доступність для екосистеми. Часто використовуються трав'янисті культури, такі як зернові [2].

2. Фітодеградація – розкладання органічних забруднювачів (пестицидів) за допомогою ферментів, що виділяються кореневими системами рослин. Верба (*Salix spp.*) та тополя (*Populus spp.*) є представниками цього методу [3].

3. Фітофільтрація – це метод очищення води від розчинених токсинів за допомогою водних рослин, таких як очерет (*Phragmites australis*) та гіацинти (*Eichhornia crassipes*) (рис. 1) [4].



Рис.1. *Eichhornia crassipes* [5]

Нещодавні наукові роботи висвітлили можливість використання генетично модифікованих рослин для підвищення ефективності фітореMediaції. Зокрема, дослідження показали, що введення генів, які кодуєть металотіонеїни та фітохелатини, може підвищити здатність рослин зв'язувати важкі метали.

Крім того, досліджувалася можливість поєднання фітореMediaції з іншими технологіями, наприклад, тими, що підвищують біодоступність забруднювачів або використовують мікроорганізми, які сприяють їхньому розкладанню. Цей підхід відомий як фітореMediaція. Сучасні розробки в цій галузі включають використання для боротьби із забрудненням мікропластиком та залишками фармацевтичних препаратів, що потрапляють у водойми.

Останні дослідження приділяють особливу увагу впливу умов навколишнього середовища на ефективність фітореMediaції. Наприклад, рН ґрунту, вологість, концентрація органічної речовини та наявність конкуруючих елементів можуть суттєво впливати на здатність рослин поглинати забруднювачі. Деякі дослідження пропонують використовувати хелатуючі агенти або біостимулятори для підвищення доступності важких металів для корневих систем рослин [6, 7].

Розглядається також можливість використання багатфункціональних рослин, які не тільки очищають навколишнє середовище, але й мають економічну цінність. Наприклад, соняшник (*Helianthus annuus*), окрім своєї здатності накопичувати свинець, використовується в сільському господарстві як олійна культура. Такий підхід дозволяє як відновити навколишнє середовище, так і отримати економічну вигоду [8].

Загалом, огляд літератури показує великий потенціал фітореMediaції у відновленні довкілля, але метод має наступні обмеження:

1. Для досягнення значного ефекту очищення потрібно більше часу.
2. Обмежене використання на сильно забруднених територіях.
3. Сезонність росту рослин і залежність від кліматичних умов.

Подолання цих недоліків, зокрема шляхом відбору більш витривалих рослин та оптимізації сільськогосподарських практик, є метою подальших досліджень. Тому основна увага була зосереджена на використанні як традиційних рослин-гіперакумуляторів, так і перспективних видів з високим потенціалом для очищення довкілля. Гірчак зміїний (*Polygonum bistorta*) використовувався для видалення важких металів з ґрунту, верба біла (*Salix alba*) – для фітореMediaції органічних речовин у водних системах, а водяний гіацинт (*Eichhornia crassipes*) – для очищення води від розчинених токсинів. Забруднені зразки ґрунту та води готували шляхом додавання контрольованих концентрацій забруднювачів (наприклад, кадмію, свинцю та бензопірену). Всі реагенти були лабораторного рівня чистоти [9, 10].

Випробування проводилися як в лабораторних умовах (у вегетаційних горщиках і резервуарах), так і на відкритих експериментальних ділянках. Для порівняння результатів контрольні ділянки залишали незасадженими. Рослини висаджували на підготовлений субстрат, забруднений певними елементами. Під

час експерименту підтримувалися оптимальні умови вологості та освітлення, а також здійснювався моніторинг фізіологічного стану рослин [11, 12].

Зразки ґрунту та води відбирали на початку, в середині та наприкінці експерименту. Вміст важких металів визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ААС), а для аналізу органічних забруднювачів використовували газову хроматографію (ГХ) у поєднанні з мас-спектрометрією (МС). Концентрації металів у рослинному матеріалі оцінювали після попередньої мінералізації зразків [11, 12].

Для статистичної обробки даних використовували програми Statistica та R Studio. Для визначення зв'язку між ефективністю фіторемедіації та умовами експерименту використовували методи дисперсійного (ANOVA) та кореляційного аналізу. Ефективність фіторемедіації оцінювали за допомогою коефіцієнта біоконцентрації (КБК):

$$BCF = \frac{C_{\text{рослина}}}{C_{\text{середовище}}}$$

де $C_{\text{рослина}}$ — концентрація забруднювача у рослинних тканинах, $C_{\text{середовище}}$ — концентрація у ґрунті або воді. Також були використані показники ефективності видалення (RE) для систем водопостачання:

$$RE = \frac{(C_{\text{початкове}} - C_{\text{кінцеве}})}{C_{\text{початкове}}} \times 100\%$$

де $C_{\text{початкове}}$ та $C_{\text{кінцеве}}$ — концентрації забруднювачів на початку та в кінці експерименту відповідно [13, 14, 15].

Для підвищення надійності результатів кожен експеримент повторювали тричі. Дані перевіряли шляхом порівняння з контрольними зразками без рослин. Особливу увагу було приділено контролю природних факторів (наприклад, природного розкладання та фізико-хімічного осадження), які можуть впливати на концентрацію забруднювачів. Крім того, проводився візуальний моніторинг рослин, оцінюючи колір листя, розвиток кореневої системи та використовуючи біоіндикатори, такі як зміна пігментації листя. Спектрофотометричний аналіз фотосинтетичних пігментів проводився для забезпечення більш точного аналізу фізіологічного стану рослин [16].

Результати експериментів показали, що кожна з досліджуваних рослин має унікальні характеристики та переваги у виведенні різних типів забруднювачів. Рослини *Polygonum bistorta* виявилися особливо ефективними у відновленні важких металів у ґрунті, особливо кадмію та свинцю. Максимальний коефіцієнт біоконцентрації для кадмію сягав 4,2, що свідчить про високу здатність рослини накопичувати метал у своїх тканинах. Концентрації важких металів у ґрунті знижувалися на 35-50% порівняно з контрольними зразками. Спостерігалася чітка кореляція між ефективністю очищення та кислотністю ґрунту, причому найвищі результати були отримані при рН 5,5-6,0. Це пов'язано з підвищеною розчинністю металів у слабнокислому середовищі, що забезпечує кращий доступ до кореневої системи рослин [16].

У водних системах найбільш ефективною виявилася *Eichhornia crassipes*. Її використання призвело до значного зниження концентрації розчинених органічних забруднювачів. Зокрема, показники очищення води від бензопірену досягали 60-70%, а фенолів - 80%.



Рис.2. *Polygonum bistorta*

Токсини поглиналися через розгалужену кореневу систему рослини, а певні ферменти виділялися у водне середовище як додатковий фактор, що сприяє розщепленню органічних речовин [16].

Salix alba знижувала вміст органічних забруднювачів у воді на 45-55%. Хоча її ефективність була дещо меншою, ніж у верби білої, ця рослина показала високу стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища і демонструвала стабільний ріст протягом усього експериментального періоду. Верба біла також сприяла покращенню кисневого режиму водойми та позитивно впливала на загальний стан водної екосистеми [16].

Висновок. Фіторе mediaція є екологічно безпечним, ефективним та економічно вигідним методом очищення довкілля від різних забруднювачів, включаючи важкі метали, органічні токсини та нафтові вуглеводні. У цьому дослідженні проаналізовано механізми цього процесу, включаючи фітоекстракцію, фітодеградацію, фітостабілізацію та фітофільтрацію, а також визначено рослини з високим потенціалом для відновлення довкілля.

Результати показують, що деякі види рослин, зокрема *Polygonum bistorta*, *Eichhornia crassipes* та *Salix alba*, мають високу здатність до поглинання та накопичення забруднювачів. *Polygonum bistorta* ефективно виводить важкі метали з ґрунту, *Eichhornia crassipes* високоефективно очищає водні системи від органічних забруднень, а *Salix alba* сприяє розщепленню токсичних речовин і покращує стан водних екосистем.

Однак ефективність фіторе mediaції залежить від низки факторів, включаючи хімічний склад забруднювачів, кислотність ґрунту, кліматичні умови та тривалість процесу відновлення. Незважаючи на певні обмеження, методи

фітореMediaції мають великий потенціал для практичного застосування в екологічному відновленні забруднених територій.

Подальші дослідження в цій галузі повинні бути спрямовані на вдосконалення методів підвищення ефективності рослинних лікарських засобів, розширення спектру використовуваних рослин та інтеграцію цього підходу з іншими біотехнологічними підходами.

Список використаної літератури

1. Chaudhary, N., Jain, S., Vaidya, G. Phytoremediation: Biological Treatment of Environmental Pollution. 2024. 335 с.
2. Фітостабілізація. URL: <https://www.mdpi.com> (Дата звернення 09.03.2025 р.)
3. Meers, E., Tack, F.M.G., Van Slycken, S. Phytoremediation of contaminated soils using *Salix* spp. and *Populus* spp. *Science Direct*. 2020. С. 112-118.
4. Sutherland, D.B., Gupta, S., Singh, R. Phytofiltration of heavy metals and organic pollutants using *Phragmites australis* and *Eichhornia crassipes*. 2019. С. 287-295.
5. *Pontederia crassipes* URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pontederia_crassipes (Дата звернення 09.03.2025 р.)
6. Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications. 2013. С. 869-881.
7. Mahar, A., Wang, P., Ali, A., Awasthi, M. K., Lahori, A. H., Wang, Q., Zhang, Z. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. 2016. С. 111-121.
8. Соняшник має високий потенціал фітореMediaції URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/sonyashnik-mae-visokij-potencial-fitoremediaciyi/> (Дата звернення: 10.03.2025 р.)
9. Mikheiev, O.M., Lapan, O.V. Phytoremediation method of cleaning water bodies from heavy metals and radionuclides. 2024. С. 81-85.
10. Dursun, Sh., Symochko, L.Yu., Mankolli, H. Bioremediation of heavy metals from soil: review of principles and application criteria. 2015. 2212 с.
11. Петрушка І., Волівач Т. ФітореMediaція ґрунтів, забруднених важкими металами. URL: <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/ess/article/view/18591> (Дата звернення: 10.03.2025 р.)
12. Петрушка І., Волівач Т. ФітореMediaція ґрунтів, забруднених важкими металами. 2024. 34 с.
13. Ясінський, А., & Соловей, Л. Застосування середовища RStudio при дослідженні задач з математики, фізики та економіки. 2024. С. 224-231.
14. Ермантраут Е.Р. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. 2007. 56 с.
15. Яремчук, Л.О. Оцінка ефективності застосування фітореMediaції ґрунтів на території авіапідприємств. 2022. 123 с.
16. Verma, S., & Gupta, R. Role of *Salix alba* in phytoremediation of water contaminated by organic pollutants. 2019. 268 с.

17. Yoon, R., & Lee, S. Phytoremediation potential of *Polygonum bistorta* in soils contaminated with heavy metals. 2019. С. 222-230.

Деніс ТЕЛІЖИНСЬКИЙ³⁸,
студент 2-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

SOIL EROSION IN UKRAINE: CAUSES, CONSEQUENCES AND PROTECTION MEASURES

Annotation. *The article considers the problem of soil erosion in Ukraine as one of the most pressing environmental challenges of our time. The main causes of erosion processes are analyzed, in particular, intensive agricultural land use, deforestation, climate change and irrational water management. The main consequences of soil degradation are identified, such as reduced fertility, loss of biodiversity, deterioration of water resources quality and increased risk of natural disasters. Special attention is paid to modern methods of preventing and combating erosion, including agrotechnical, forest reclamation, hydrotechnical and legal measures. Ways of improving state policy on soil cover preservation and ensuring sustainable use of land resources are proposed.*

Keywords: soil erosion, land degradation, soil protection, sustainable development, agrotechnical measures.

Анотація. У статті розглядається проблема ерозії ґрунтів в Україні як одного з найактуальніших екологічних викликів сучасності. Проаналізовано основні причини ерозійних процесів, зокрема інтенсивне сільськогосподарське використання земель, вирубку лісів, зміну клімату та нераціональне водне господарство. Визначено основні наслідки деградації ґрунтового покриву, такі як зниження родючості, втрата біорізноманіття, погіршення якості водних ресурсів та підвищення ризику природних катастроф. Окрему увагу приділено сучасним методам запобігання та боротьби з ерозією, серед яких агротехнічні, лісомеліоративні, гідротехнічні та правові заходи. Запропоновано шляхи вдосконалення державної політики щодо збереження ґрунтового покриву та забезпечення сталого використання земельних ресурсів.

Ключові слова: ерозія ґрунтів, деградація земель, охорона ґрунтів, сталий розвиток, агротехнічні заходи.

Introduction. Soil cover is one of the key natural resources that plays an important role in ensuring the productivity of agricultural lands, maintaining the

³⁸ Науковий керівник – Забарна Т.А., викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

ecological balance and preserving biodiversity. However, Ukraine is experiencing a rapid deterioration of the condition of soils, the main cause of which is their erosion. According to scientific research, more than 30% of the country's agricultural lands are subject to erosion processes, which leads to the loss of the fertile layer, reduced productivity and degradation of the natural environment.

Among the main factors causing soil erosion, natural (climatic conditions, relief features) and anthropogenic (irrational land use, excessive plowing of slopes, deforestation, inefficient agricultural technologies) are distinguished. Erosion processes negatively affect not only agricultural production, but also the ecological state of the country as a whole, causing a decrease in the water-holding capacity of soils, pollution of water bodies and changes in microclimatic conditions.

The relevance of this study is due to the need to implement effective soil protection measures that will slow down erosion processes and ensure rational use of land resources. This article analyzes the main causes and consequences of soil erosion in Ukraine, and also considers modern methods of its prevention and minimization.

Presentation of the main material. Soil erosion is the destruction of the upper layers of the fertile soil layer under the influence of negative natural and anthropogenic factors, which leads to the deterioration of the condition of the land and subsequent gradual degradation. Soil erosion is the gradual thinning of the soil, which leads to the loss of its fertility.

Types of erosion in Ukraine

The estimated volume of black soil is 24 million hectares - about 60% of the area. But, despite the fact that the country has 8% of the world's fertile land, the agricultural sector does not receive significant amounts. This is facilitated by natural factors: heavy rainfall; dust storms; strong winds.

Mostly, soil erosion in Ukraine occurs due to crop rotation violations and the constant cultivation of crops that deplete the soil. According to ecological studies, about a third of humus has been lost since 1900. It takes about 2,000 years to restore 10 cm of fertile soil.

Depleted soils are easily blown away by the wind, which is why large areas of land cease to bear fruit. And according to rough estimates, negligent treatment of natural land resources leads to the loss of tens of billions of hryvnias every year.

The war also seriously worsened the situation: the main types of soil erosion were supplemented by chemical pollution. And after the tragedy at the Kakhovka HPP, the Kherson region will have to face a long-term drought, which will lead to serious land degradation. Responsible farming is a key direction of modern agriculture. This involves the implementation of new approaches that help increase yields and not spoil the soil in the future. This requires high-quality organic fertilizers, as well as modern machinery and equipment that allows you to minimize mechanical damage[1].

Wind erosion is the blowing away of the top layer of soil and the transport of small particles by the wind. On freshly plowed fields, especially on sandy, sandy loam and calcareous soils, the wind speed can reach 5 m/s. This causes soil erosion and damages the crop. Sown seeds are carried to the surface, and young plant shoots are damaged. Dust storms often damage the tender spring shoots of sugar beets, corn and

sunflowers. Wind erosion is especially noticeable on windy slopes not protected by forest belts. It is common in the steppe regions of Ukraine. Water erosion Soil erosion by water can be of the following types: surface erosion - intensive washing away of the fertile surface layer. Linear erosion is characteristic of hilly areas, where ravines form under the slopes. Clay and loamy soils are washed away especially quickly under the influence of melting snow, rainwater and irrigation water. The speed depends on the amount of snow cover, the intensity of precipitation (during heavy rains, erosion occurs faster), the shape and length of the slope and other topographic features. As a result, the area of arable land decreases, rivers, reservoirs and irrigation canals become silted up. Anthropogenic erosion This type of erosion occurs as a result of human activity, for example, improper land cultivation, destruction of vegetation and deforestation. Open or underground mining of minerals reduces the fertility of soils adjacent to the mining area. Another global cause of soil erosion is construction. During the construction of housing and industrial facilities, fertile layers are covered with construction debris. This is also typical for the construction of bridges, dams, embankments and roads. As a result, the fertility of these soils is out of the question. Agricultural erosion A type of erosion directly related to the mechanical processing of the soil by agricultural machinery. Intensive ploughing increases the likelihood of erosion, as crop residues are less likely to remain on the surface. Ploughing on slopes often leads to soil collapse. Sloping soils are also partially moved downhill during ploughing and harrowing. Soil erosion due to agricultural activities and its control is a major topic of discussion at farmers' councils. Erosion due to grazing This type of erosion consists of mechanical damage and movement of the soil by animals, especially cattle, on their hooves. This problem is more pronounced on gully slopes, where the soil slowly slides downhill due to the heavy load on the limited area of pasture.

There are two main causes of soil erosion: natural and anthropogenic[2].

Natural causes of soil erosion Natural factors are fundamental to the erosion process, but in combination with human activity can have devastating consequences. Climatic conditions Precipitation - heavy rains and downpours can contribute to the washing away of surface layers of fertile soil, especially on slopes. Wind influence - in arid regions such as southern Ukraine, the wind lifts and carries soil particles, causing dust storms. Temperature changes - temperature changes can cause cracks in the soil, reducing its resistance to erosion. Relief - large differences in elevation and slopes contribute to water runoff and soil erosion. High groundwater levels in certain areas can cause flooding and soil weakening. Soil types Light sandy and sandy loam soils are more susceptible to weathering and erosion. Clay soils crack when dry, leading to water erosion. Anthropogenic causes of soil erosion Anthropogenic activity significantly accelerates the erosion process, especially where intensive land use is practiced. Irrational land use Excessive tillage without taking into account the relief leads to the destruction of soil structure. Monoculture farming without changing crop rotation depletes the soil and reduces its resistance to erosion. The use of heavy agricultural machinery compacts the soil and leads to the loss of its permeability. Deforestation and destruction of natural vegetation Forests and shrubs play a natural role in protecting soils from erosion and wind. Extensive deforestation on pastures

leads to increased wind erosion. Inefficient irrigation and land reclamation methods Excessive irrigation without proper drainage leads to salinization and loss of soil fertility. Improper use of pesticides destroys microorganisms that help maintain soil Urbanization and industrial activity Urban expansion and the construction of industrial facilities contribute to the destruction of natural soil cover. Emissions from these facilities pollute the soil and reduce its resistance to erosion[1,3].

Soil erosion in Ukraine: consequences Soil erosion is one of the largest environmental and economic problems in Ukraine. Soil erosion leads to the destruction of fertile soil layers and has negative consequences for agriculture, the environment and the socio-economic development of the country. The consequences of erosion can be divided into several main categories: environmental, economic and social.

Environmental consequences Erosion causes significant changes in ecosystems, deteriorating soil quality and the natural environment. Reduction of soil fertility Loss of the humus layer, which contains nutrients necessary for plants. Reduction of the amount of organic matter, which affects the soil structure and water-holding capacity. Deterioration of the conditions for the existence of microorganisms involved in the natural restoration of soils. Deterioration of agricultural landscapes Formation of valleys, ravines and ditches, which leads to the loss of agricultural land. Deterioration of soil structure and increased susceptibility to further erosion. Destruction of natural ecosystems, disappearance of rare species of flora and fauna. Pollution of water resources Soil particles are washed into rivers, lakes and reservoirs, causing siltation. Migration of pesticides, mineral fertilizers and other pollutants into water bodies. Deterioration of drinking water quality and reduction of agricultural water resources. Change in microclimate Wind erosion causes dust storms, which negatively affects the atmospheric balance. Decrease in air humidity due to drying of the soil. Increased risk of drought and extreme weather events.

Economic consequences Soil erosion has a significant impact on the country's economy, especially in the agricultural sector. Decrease in yield Loss of fertile soil can reduce yield by 20-50%. Increased costs of fertilizers to maintain soil productivity. The need for more irrigation measures to maintain soil moisture. Increased costs for soil restoration Land clearing and soil protection measures (terracing, forest belts, mulching). Additional financial costs for protecting land from water and wind erosion. Costs for cleaning degraded land. Reduced competitiveness of the agricultural sector Reduction of arable land due to erosion processes. Increased cost of production due to increased costs for maintaining soil fertility. Reduced export of agricultural products due to reduced crop quality.

Social consequences Soil erosion affects not only the natural environment and economy, but also people's livelihoods. Reduced quality of life of the population Loss of productive land reduces the income of farmers and rural residents. Reduced food security due to reduced food production. Deterioration of living conditions in rural areas and increased migration to cities. Increased risk of natural disasters Intensification of storms and landslides. Increased frequency of droughts and floods due to reduced water-holding capacity of soils. Degradation of infrastructure in rural areas (silting of reservoirs, destruction of roads due to ravines and erosion processes). Impact on public health Dust storms cause respiratory diseases. Water pollution by

chemical runoff from eroded soils affects human health. Reduced quality of food due to reduced amount of nutrients in the soil[4,5].

Soil erosion in Ukraine: protection measures Soil erosion in Ukraine is one of the main environmental problems that threatens land fertility, the stability of the agricultural sector and ecological balance. To prevent this phenomenon, it is necessary to implement comprehensive soil protection measures. They include agricultural, forestry and hydrotechnical technologies, as well as organizational and legal measures to combat erosion.

Agricultural measures Agricultural measures include proper organization of agricultural production, the use of modern agricultural technologies and minimizing the negative impact of humans on the soil.

Contour farming Growing crops along horizontal slopes to reduce water erosion.

Using crops with a deep root system to strengthen the soil.

Crop rotation and catch crops Reducing nutrient losses by alternating crops with different root systems.

Use green manures (green bushy plants) to enrich the soil with organic matter.

Minimize mechanical tillage Use zero-tillage techniques to preserve soil structure and moisture.

Limit deep tillage on slopes to avoid heavy soil runoff.

Organic fertilization Use humus, compost, and biofertilizers to increase fertility and improve soil structure.

Mulch to retain moisture and protect the soil from wind and water.

Afforestation Afforestation is an important method of erosion control because vegetation reduces the force of wind and water.

Plant forest belts along fields to reduce wind speed and protect soils from wind erosion.

Use trees and shrubs with a well-developed root system, such as acacia, willow, and poplar.

Gully and slope stabilization Plant perennial grasses and shrubs to stabilize slopes and gullies.

Create terraces and ledges on steep slopes to reduce water runoff.

Restoration of natural vegetation Limit livestock grazing in erosion-prone areas.

Restoration of natural meadow ecosystems to stabilize soil cover.

Water works Water works methods are aimed at regulating the flow of water that causes soil erosion.

Construction of anti-erosion structures Construction of embankments and dams to slow down the flow of water.

Use of water retention ditches to prevent soil from washing away from fields.

Irrigation management Drip irrigation instead of surface irrigation to prevent soil erosion.

Regulate the water level in the field to prevent excessive leaching of nutrients.

Regulation of rainwater runoff Construction of water collection systems to prevent runoff concentration on slopes.

Construction of drainage systems and regulation of groundwater levels

Organizational and legal measures Soil protection also requires state regulation and control over the rational use of land resources.

Legal support for the implementation of the Law of Ukraine "On Land Protection", which regulates soil protection measures.

Development of programs to support organic farming and protect degraded lands.

Land use management State monitoring of soil conditions and assessment of erosion risks

Introduction of fines and sanctions for violation of environmental standards in agriculture.

Educational and information campaigns Raising awareness among farmers about the latest methods of combating erosion.

Methods of combating soil erosion.

Agricultural methods of combating soil erosion are aimed at reducing the negative impact of water and wind on the soil, maintaining its fertility and improving the structure of the soil. These methods include the proper organization of agricultural

production, the use of modern agricultural technologies and minimizing mechanical impact on the soil. The main agrotechnical methods of combating erosion are contour tillage, crop rotation, minimum tillage, mulching and the application of organic fertilizers.

Afforestation is a complex of environmental protection and agroforestry measures aimed at preventing soil erosion, increasing soil fertility, and maintaining ecological balance. Forest plantations and the formation of forest belts play an important role in reducing the impact of water and wind erosion, increasing soil moisture retention, and improving microclimatic conditions.

Hydrotechnical measures are a set of engineering solutions aimed at regulating water flows, reducing water erosion and protecting soils from destruction. To protect fertile soil layers and prevent their leaching, flood control structures, terraces, channels and walls are built.

Legislative measures are an important element in combating soil erosion, as they regulate the rational use of land resources, establish requirements for soil protection and determine responsibility for their degradation. Ukraine has a number of laws aimed at protecting lands from erosion and ensuring their sustainable use.

Conclusion. Soil erosion in Ukraine is one of the most serious environmental problems, leading to the loss of fertile soils, reduced productivity and degradation of the natural environment. The main factors of this process are both natural (climatic conditions, relief) and anthropogenic (irrational land use, excessive plowing, deforestation, inefficient agricultural techniques). To combat erosion, an integrated approach is needed, including: agrotechnical measures - the introduction of soil-protective crop rotations, mulching, minimum tillage and contour farming. Forest restoration measures - the creation of forest belts, protective plantations, the restoration of natural ecosystems. Hydrological technical methods include terracing, the construction of drainage canals and ponds, strengthening river banks. Legislative measures - land use regulation, the implementation of state soil protection programs and responsibility for violation of environmental standards. Soil protection from erosion requires effective state policy, support for agricultural producers in the implementation of environmental protection technologies, and active participation of scientists in the development of new approaches to land conservation. The integrated application of the above measures can reduce erosion rates, improve the condition of agricultural lands, and ensure national food security.

Список використаної літератури

1. Tsytsiura Ya.H., Polishchuk M.I., Bronnikova L.F. (2020) *Hruntoznastvo z onovamy heolohii. Chastyna II. Henezys, klasyfikatsiia ta vlastyvoli hruntiv. [Soil science with those geology. Part II. Genesis, classification and properties of soils]*. Navchalnyi posibnyk. Vinnytsia. TOV «Druk plius». 676 s.
2. Tsytsiura Ya. H., Bronnikova L. F., Pelekh L. V. (2017). *Gruntovyi pokryv Vinnychchyny: henezys, sklad, vlastyvoli ta napriamy efektyvnoho vykorystannia: monohrafiia. [Soil cover of Vinnytsia region: genesis, composition, properties and*

directions of effective vykoristannia: monograph]. Vinnytsia : TOV «Nilan-LTD». 452 S.

3. Водна ерозія. Причини, наслідки та захист ґрунтів. <https://eos.com/uk/blog/vodna-eroziya/> (дата звернення 02.02.25)

4. Піковська О.В. Ґрунтознавство з основами геології / Піковська О.В., Балаєв А.Д.: навчальний посібник Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2016. 472 с. <http://dspace.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/3924>

Олександр ТКАЧ³⁹,
студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ В ПОСІВАХ ПОЛЬВИХ КУЛЬТУР ШЛЯХОМ БЕЗПОЛИЦЕВОГО РОЗПУШУВАННЯ

***Анотація.** У статті розглянуто оптимізацію вологості ґрунту в посівах польових культур. На основі багаторічних досліджень встановлено, що глибоке безполіцеве розпушування підвищує вологозабезпеченість та врожайність, покращуючи водопроникність і зменшуючи випаровування. Урожайність зростає на 9–11 %, а за певних умов – у 2,4 рази. Запропонована технологія ефективна в посушливі періоди та за низького профілю ґрунту. Визначено напрями подальших досліджень щодо вдосконалення методів обробітку.*

***Ключові слова:** ґрунт, вологозабезпеченість, безполіцеве розпушування, польові культури, врожайність, обробіток ґрунту.*

***Annotation.** The article considers the optimization of soil moisture in field crops. Based on many years of research, it was found that deep, non-skid loosening increases moisture availability and yield, improving water permeability and reducing evaporation. Yield increases by 9–11%, and under certain conditions - by 2.4 times. The proposed technology is effective in dry periods and with a low soil profile. Directions for further research on improving cultivation methods are identified.*

***Keywords:** soil, moisture availability, non-skid loosening, field crops, yield, soil cultivation.*

Вступ. Проблема оптимізації вологості ґрунту є однією з найважливіших у сільському господарстві, особливо в умовах змін клімату, коли нестабільність погодних умов, зокрема нерівномірні дощі та посухи, негативно впливають на урожайність сільськогосподарських культур. Управління водними ресурсами, зокрема ефективне використання ґрунтової вологи, є основою для забезпечення

³⁹ Науковий керівник – Поліщук М.І., канд. с.-г. н. доц. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

стабільної та високої продуктивності сільськогосподарських культур. Технології збереження та оптимізації вологості ґрунту стають надзвичайно актуальними, оскільки дозволяють зменшити витрати на зрошення та підвищити ефективність використання природних ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Теоретичні основи оптимізації вологості ґрунту в сільському господарстві. Вода є однією з основних складових для нормального функціонування рослин. Вона відіграє важливу роль у різноманітних фізіологічних процесах, таких як фотосинтез, транспірація, живлення та обмін речовин. Процес фотосинтезу, в якому рослина використовує світло для синтезу органічних сполук із води та вуглекислого газу, неможливий без достатньої кількості води. Вона також транспортує поживні речовини через кореневу систему, забезпечуючи нормальний ріст і розвиток рослин.

Нестача води в ґрунті може призвести до порушення життєвих функцій рослин. Під час посухи або низької вологості ґрунту рослини відчують стрес, їх ріст сповільнюється, і вони не можуть поглинати достатньо поживних речовин. В умовах значного дефіциту води більшість рослин переживають гідравлічний стрес, що може призвести до загибелі. У той же час, надлишок води, особливо в періоди сильних дощів, може спричинити зниження аерації кореневої системи, що також негативно позначається на здоров'ї рослин.

Оптимальний рівень вологості ґрунту є важливим для підтримки правильного розвитку рослин, оскільки забезпечує умови для нормального функціонування кореневої системи і транспортування води та поживних елементів. Збереження вологи в ґрунті є ключовим фактором для досягнення високих урожаїв, особливо в посушливих районах.

Методи збереження вологи в ґрунті. Збереження води в ґрунті є важливою задачею для забезпечення стійкості сільського господарства до змін клімату, зокрема до посух. Існують різні методи управління водними ресурсами, які дозволяють зберігати вологу в ґрунті та забезпечувати оптимальні умови для розвитку рослин. Традиційними способами збереження вологи є зрошення, використання органічних покривних культур, застосування мульчі та різноманітних покриттів, які знижують випаровування води з поверхні ґрунту.

Одним з найбільш ефективних методів збереження вологості ґрунту є безполицеве розпушування. Цей метод дозволяє значно знизити випаровування води, утримуючи її в нижніх шарах ґрунту, а також покращує структуру ґрунту, забезпечуючи кращу аерацію та водоемність. Безполицеве обробіток ґрунту є важливим елементом сучасної агротехніки, оскільки він сприяє збереженню вологи навіть у посушливі періоди.

Фактори, що впливають на ефективність збереження вологості ґрунту. Ефективність методів збереження вологості ґрунту значною мірою залежить від багатьох факторів, таких як тип ґрунту, кліматичні умови, характер культур та технології обробітку. Наприклад, на важких глинистих ґрунтах вода утримується довше, проте такі ґрунти мають меншу водопроникність, що може призвести до застою води та погіршення аерації. Водночас піщані ґрунти швидше

пропускають воду, але і втрачають її швидше, що потребує більш ретельного управління водними ресурсами.

Кліматичні умови також мають значний вплив на рівень вологості ґрунту. В умовах жаркого та сухого клімату, де опади відсутні або є нерегулярними, збереження вологості стає важливим завданням. Для таких районів необхідні технології, які забезпечують мінімальні втрати води через випаровування та інфільтрацію.

Ще одним важливим фактором є вибір сільськогосподарських культур. Культури з глибокою кореневою системою можуть краще використовувати вологу, що знаходиться в нижніх шарах ґрунту, в той час як рослини з меншою кореневою системою залежатимуть від води, яка знаходиться ближче до поверхні.

Отже, вибір культур має важливе значення для ефективного використання водних ресурсів [1,4].

Основи безполицевого обробітку ґрунту. Безполицеве обробіток ґрунту є одним з найбільш інноваційних методів, що використовуються в сучасному сільському господарстві для збереження водних ресурсів та покращення структури ґрунту. Суть цього методу полягає в обробітку ґрунту без використання плуга, що дозволяє зберігати його природну структуру, зменшити втрати вологи та уникнути ерозії.

На відміну від традиційного плужного обробітку, який розриває верхній шар ґрунту і призводить до значних втрат води через випаровування, безполицеве розпушування полягає в обробці ґрунту лише на поверхневому рівні. Цей метод зводить до мінімуму порушення природного водного та повітряного режимів ґрунту. Для безполицевого розпушування використовуються спеціальні технічні засоби, такі як ґрунтообробні комплекси, дискові борони, культиватори або спеціалізовані агрегати, що забезпечують обробку верхнього шару ґрунту без його перевертання.

Завдяки відсутності перевертання ґрунту, система корневих каналів і органічні рештки залишаються на поверхні, що допомагає зберігати вологу та знижує ризик ерозії. Крім того, безполицеве розпушування сприяє збереженню біорізноманіття в ґрунті, оскільки не руйнується корінь рослин, не порушується їх живлення і аерація.

Вплив безполицевого розпушування на структуру ґрунту. Один з головних аспектів безполицевого розпушування полягає в його позитивному впливі на структуру ґрунту. Під час традиційного обробітку ґрунту, особливо в умовах інтенсивного використання плаг, верхній шар ґрунту перевертається, що може призвести до ущільнення та зменшення його водоємності. Внаслідок цього поверхня ґрунту стає менш проникною для води, що призводить до збільшення поверхневого стоку та зменшення водопоглинання.

З іншого боку, безполицеве розпушування допомагає зберегти структуру ґрунту, підтримуючи його пористість та забезпечуючи краще проникнення води. За умов збереження органічної речовини, що залишається на поверхні після обробітку, створюється природний бар'єр для випаровування води. Пористість

грунту зберігається або навіть поліпшується, що дає можливість ґрунту краще утримувати вологу та знижує ризик ерозії.

Крім того, безполицеве розпушування сприяє формуванню біологічно активних шарів у ґрунті, що важливо для підтримки нормального функціонування ґрунтових мікроорганізмів і живлення рослин. Внаслідок цього покращується аерація ґрунту, збільшується його водоемність і покращується доступ до поживних речовин. Це дає змогу культурі краще адаптуватися до змінних умов навколишнього середовища, а також підвищує ефективність поглинання вологи з нижніх шарів ґрунту.



Рис.1. Закриття вологи [5]

Переваги та недоліки безполицевого розпушування. Безполицеве розпушування має низку значних переваг, зокрема у збереженні вологості ґрунту та підвищенні його родючості. Збереження органічного матеріалу на поверхні ґрунту допомагає знижувати швидкість випаровування води, що є важливим в умовах посухи або обмеженого доступу до води. Це дозволяє зберігати необхідну вологу в ґрунті, навіть якщо опадів недостатньо. Для сільськогосподарських культур це може стати значним чинником для отримання стабільних урожаїв в умовах змінного клімату.

Іншою перевагою є покращення структури ґрунту. Безполицеве розпушування запобігає ущільненню ґрунту, що часто відбувається при використанні традиційних методів обробітку. Це дозволяє зберегти достатню кількість повітря в кореневих шарах ґрунту, що є необхідним для нормального розвитку кореневої системи. Також безполицеве розпушування допомагає підтримувати баланс в ґрунтовій мікрофлорі, сприяючи розвитку корисних мікроорганізмів.

Ще однією важливою перевагою є зниження ерозії. У районах з високим рівнем ерозії ґрунту цей метод може стати вирішальним для збереження верхнього шару ґрунту. Він сприяє утриманню органічної речовини на поверхні та перешкоджає її вимиванню під час дощів, що дозволяє зберігати родючий шар ґрунту.

Однак, як і будь-яка технологія, безполіцеве розпушування має свої недоліки. Одним із них є потреба в спеціалізованій техніці та висококваліфікованих операторах, які повинні точно налаштувати обладнання для забезпечення максимального ефекту. Крім того, метод може бути неефективним на сильно запливаючих ґрунтах, де рівень випаровування води залишається високим, навіть при збереженні органічного матеріалу на поверхні. У таких випадках застосування безполіцевого розпушування може призвести до недостатнього збереження вологості, що вплине на врожайність.

Іншим потенційним недоліком є складність контролю за рівнем ерозії на землях, де немає природного покриття. Без достатнього рівня покривних культур або органічних матеріалів, ґрунт може бути підданий ерозії внаслідок сильних дощів чи вітру.

Різновиди та технічні засоби безполіцевого розпушування. Існують різноманітні технічні засоби, які застосовуються для безполіцевої обробки ґрунту, і вибір їх залежить від типу ґрунту, культур, кліматичних умов і цілей обробки. Одним із найбільш популярних інструментів є ґрунтообробні комплекси, такі як дискові борони та культиватори. Вони призначені для розпушування верхнього шару ґрунту та створення умови для рівномірного проникнення вологи.

Дискові борони використовуються для того, щоб зламати поверхневий шар ґрунту без його перевертання, що дозволяє створити оптимальні умови для посіву та збереження вологи. Цей тип техніки ефективний на різних типах ґрунтів, проте він може бути менш ефективним на важких, глинистих ґрунтах, де є ризик утворення «корки» на поверхні.

Культиватори, в свою чергу, дозволяють краще працювати з поверхневими шарами ґрунту, розпушуючи їх і одночасно перемішуючи органічні матеріали, що залишаються після попередніх культур. Вони ідеально підходять для обробки легких і середньо важких ґрунтів, оскільки ефективно знижують ризик ущільнення ґрунту.

Перспективи розвитку цієї технології залежать від постійного вдосконалення технічних засобів та адаптації до змінних агрокліматичних умов. Застосування безполіцевого розпушування в умовах змін клімату, коли посухи стають все більш частими, може суттєво покращити стійкість сільськогосподарських систем до несприятливих погодних умов.

Збереження вологості ґрунту при безполіцевому розпушуванні. Однією з основних переваг безполіцевого розпушування є його вплив на збереження вологості ґрунту, що є критичним фактором для ефективного вирощування польових культур, особливо в умовах посушливих періодів або в районах із обмеженим доступом до водних ресурсів.

Безполіцеве оброблення ґрунту дозволяє утримувати вологу в нижніх шарах ґрунту, знижуючи її випаровування з поверхні. Це досягається завдяки наступним факторам:

- Збереження органічної речовини на поверхні ґрунту: Один з основних аспектів безполіцевої обробки — це залишення рослинних залишків на

поверхні поля. Такий органічний покрив зменшує швидкість випаровування води з поверхні ґрунту, особливо в жарку пору року.

- Підвищення водоемності ґрунту: Без полицевого обробітку збільшується кількість пор у ґрунті, що покращує здатність ґрунту утримувати воду. Таким чином, навіть при недостатній кількості опадів, волога в ґрунті зберігається довше, що є важливим для рослин у періоди сухої погоди.

- Зменшення ерозії ґрунту: За відсутності перевертання ґрунту, органічний шар залишається на поверхні, що знижує ймовірність ерозії. Водночас зменшується також поверхневий стік води, що може бути особливо важливим на схилах або в районах із сильними дощами.

Вплив безполицевого розпушування на урожайність культур. Збереження вологи та покращення структури ґрунту сприяє підвищенню урожаїв. Вже в перші роки застосування безполицевого обробітку агрономи відзначають покращення врожайності культур, особливо в умовах обмеженого водопостачання.

Ось кілька ключових аспектів, які пояснюють цей вплив:

- Покращена доступність води для рослин: В умовах, коли волога зберігається в ґрунті на глибину до 1–2 м, рослини мають доступ до неї навіть у періоди без дощів. Це особливо важливо для сільськогосподарських культур, таких як пшениця, кукурудза, ячмінь, які можуть тривалий час обходитися без опадів, але вимагають постійного доступу до води.

- Стійкість до посухи: Безполицеве розпушування сприяє розвитку більш глибокої кореневої системи у рослин. Це дає змогу їм краще справлятися з посухами та нестачею води, оскільки коріння може досягати нижчих шарів ґрунту, де зберігається більше вологи. Покращення мікробіологічної активності ґрунту: Без полицевого обробітку покращується діяльність ґрунтових мікроорганізмів, що позитивно впливає на поглинання рослинами поживних речовин. Різноманітність мікроорганізмів сприяє розкладу органічних решток, що додає ґрунту додаткові поживні елементи.

Такі позитивні ефекти безполицевого розпушування призводять до збільшення середньої урожайності культур. У порівнянні з традиційними методами, де часто

Економічна ефективність безполицевого розпушування. З економічної точки зору, безполицеве розпушування є не тільки ефективним методом для збереження вологості ґрунту, але й може знизити загальні витрати на виробництво сільськогосподарської продукції. Це досягається завдяки зниженню витрат на зрошення, оскільки ґрунт утримує більше води. Водночас, зниження витрат на зрошення може бути значним фактором для сільськогосподарських підприємств, які працюють в районах з обмеженими водними ресурсами.

Ще одна важлива економічна перевага безполицевого розпушування полягає у зниженні витрат на техніку та паливо. Оскільки цей метод потребує меншої кількості обробіткових операцій, сільгосппідприємства можуть зменшити використання тракторів та іншої важкої техніки. Це знижує витрати

на паливо та обслуговування техніки, а також збільшує термін служби обладнання.

Також, збільшення врожайності та стабільність її отримання сприяють підвищенню доходів від продажу сільськогосподарської продукції, що робить безполицеве розпушування вигідним в довгостроковій перспективі.

Перспективи розвитку безполицевого розпушування в умовах змін клімату. З огляду на зміни клімату, зокрема на збільшення частоти та інтенсивності посух, безполицеве розпушування стає ще більш важливим інструментом для адаптації сільського господарства до нових умов. Збереження вологості в ґрунті стає пріоритетом, оскільки змінюється режим опадів, і в багатьох регіонах вже зараз спостерігається дефіцит води для зрошення.

Безполицеве обробітку дозволяє не лише зберігати воду в ґрунті, але й підвищує стійкість культур до посухи. В умовах зростаючих ризиків зміни клімату, цей метод може стати основною технологією, що дозволяє отримувати стабільні врожаї, навіть за обмежених водних ресурсів [2,3].

Основні технічні засоби безполицевого обробітку. Безполицеве обробіток ґрунту передбачає застосування спеціалізованої техніки, що забезпечує виконання технологічних операцій без перевертання ґрунту. Це важливо для підтримки його структури та збереження органічного шару. Одним із основних технічних засобів, що використовуються в безполицевому обробітку, є безплужні культиватори.

Безплужні культиватори:

- Вони спеціально розроблені для роботи на ґрунтах з залишками рослинності, дозволяючи ефективно розпушувати верхній шар ґрунту без його перевертання.

- Основні параметри таких культиваторів включають робочі органи у вигляді ріжучих лап або зубів, що сприяють розпушуванню ґрунту на певну глибину, не порушуючи природної структури верхнього шару.

- Техніка дозволяє забезпечити рівномірне розподілення рослинних залишків по поверхні, що є важливим для збереження вологи.

Диски для безполицевого обробітку:

- Для більш глибокого розпушування ґрунту часто використовуються дискові борони, які можуть здійснювати розпушення на глибину до 15 см, одночасно подрібнюючи рослинні залишки.

- Диски з регульованими кутами нахилу дозволяють виконувати обробіток навіть у важких умовах, коли ґрунт занадто щільний або сухий.

Техніко-економічна ефективність. Вибір технічних засобів безполицевого обробітку ґрунту значною мірою залежить від економічної доцільності. Сучасні безполицеві технології вимагають менших витрат на обробіток, оскільки знижують потребу в інтенсивному використанні тракторів та іншої важкої техніки. Це знижує витрати на паливо та технічне обслуговування, а також підвищує ефективність виробництва.

Система безполицевого обробітку, хоча й вимагає певних початкових інвестицій у техніку, у довгостроковій перспективі дозволяє скоротити витрати

на вирощування продукції, збільшуючи при цьому врожайність та покращуючи стійкість рослин до стресових факторів, таких як посуха.

Адаптація технології до умов посушливих регіонів. Однією з основних переваг безполицевого обробітку є його здатність ефективно працювати в умовах обмеженого водопостачання. Для регіонів з низьким рівнем опадів безполицеве розпушування є надзвичайно корисним, оскільки дозволяє значно зменшити втрати води в результаті випаровування. Використання техніки, що зберігає органічний шар на поверхні, дає змогу:

- знижувати рівень випаровування, особливо в посушливі періоди;
- підтримувати рівновагу вологого режиму ґрунту, що критично важливо для росту рослин.

Безполицеве розпушування забезпечує кращий доступ води до кореневої системи рослин, оскільки зменшується ущільнення ґрунту, що дозволяє воді проникати в глибші шари.

У районах з надмірними опадами безполицеве розпушування допомагає зменшити ризик ерозії та поверхневого стоку води. При цьому утримання органічного шару на поверхні ґрунту запобігає занадто швидкому змиванню верхнього шару ґрунту.

Адаптація до різних типів ґрунтів. Безполицеве розпушування ефективно працює на різних типах ґрунтів, однак кожен тип вимагає окремого підходу в плані техніки та глибини обробітку. Так, для важких глинистих ґрунтів потрібно використовувати культиватори, які здатні проникати на більшу глибину, розпушуючи ґрунт та знижуючи його ущільнення. У свою чергу, на легших піщаних ґрунтах можна використовувати менш потужну техніку для більш поверхневого розпушування, що дозволяє підтримувати структуру ґрунту.

Для оптимального результату важливо враховувати:

- склад ґрунту;
- ступінь зволоженості;
- тип рослин, що вирощуються.

Перспективи розвитку безполицевого обробітку в умовах глобальних змін. В умовах змін клімату та постійної зміни агрокліматичних умов, безполицеве розпушування може стати ще більш актуальним методом для адаптації сільського господарства. Для забезпечення стабільного урожаю необхідно використовувати агротехнології, які зменшують вплив кліматичних змін на врожайність.

Безполицеве обробітку допомагає сільському господарству адаптуватися до підвищених температур та нерівномірного розподілу опадів, що забезпечує стабільний результат, навіть за умов непередбачуваних кліматичних змін [1, 2, 4]

Висновок. Дослідження, проведене в рамках цієї роботи, підтвердило високу ефективність безполицевого обробітку ґрунту як інноваційної технології, що сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур, збереженню вологи в ґрунті та покращенню його структури. Безполицеве розпушування дозволяє значно знизити ерозію ґрунтів, зберігати органічний шар і знижувати потребу в додаткових ресурсах для традиційного обробітку.

На основі проведеного аналізу та розгляду технічних засобів, було встановлено, що правильний вибір техніки, залежно від типу ґрунту і кліматичних умов, є важливим фактором для досягнення максимальних результатів. Адаптація цієї технології до різних кліматичних зон дозволяє забезпечити стійкість ґрунту до несприятливих факторів, таких як посуха або надмірні опади, що є важливим чинником у контексті глобальних змін клімату.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямі полягають у вдосконаленні технічних засобів безполицевого обробітку, розробці нових методик адаптації до специфічних агрокліматичних умов, а також у дослідженні взаємодії різних культур з безполицевою технологією в умовах змінного клімату.

Список використаної літератури

1. Гордієнко В. П. Ґрунтова волога / В. П. Гордієнко. Саки: ПП «Підприємство Фенікс», 2008. 362 с.
2. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. – Київ, 2007. 41с.
3. Малієнко А.М., Голодний І.М. Концепція двохфазного основного обробітку дерново-підзолистих супіщаних ґрунтів. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство», Вип. 68. 1993. с. 3-7.
4. Малієнко А.М., Ворона Ю.І., Нетребя Ю.А. Режим вологості дерново-підзолистого супіщаного ґрунту в посівах вівса і його сумішок з бобовими – феномен двохфазного обробітку ґрунту. Агрохімія і ґрунтознавство. Вип. 11., 2012
5. Коваленко.А. «Астарта» запустила в роботу спеціалізовані культиватори для закриття вологи. *AGRO TIMES*. 23.03.2022. URI: <https://agrotimes.ua/tehnika/astarta-zapustyla-v-robotu-speczializovani-kultyvatory-dlya-zakryttya-vology/> дата звернення 17.03.2025

Максим ШЕСТОПАЛЬКО⁴⁰,
студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ В УКРАЇНІ: СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЇ ТА ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ

***Анотація.** Кліматичні зміни суттєво впливають на родючість ґрунтів, що ставить під загрозу продовольчу безпеку як на глобальному, так і на регіональному рівнях. Україна, маючи одні з найродючіших у світі ґрунтів,*

⁴⁰ Науковий керівник – Шкатула Ю.М., к.с.-г. н., доц. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

зокрема чорноземи, також відчуває значні кліматичні виклики. Стаття розглядає основні зміни в ґрунтах, що викликані кліматичними факторами, такі як зміна водного режиму, деградація органічної речовини, фізико-хімічні зміни, а також пропонує адаптаційні заходи для їх збереження. Основна увага приділяється методам консерваційного землеробства, управлінню водними ресурсами та агролісомеліорації.

Ключові слова. *Зміна клімату, родючість ґрунтів, консерваційне землеробство, ерозія ґрунту, фенологія, адаптація сільського господарства, збереження водних ресурсів, сидерати, водний баланс ґрунту, оптимізація використання ресурсів, зрошення та крапельний полив.*

Anotation. *Climate change significantly affects soil fertility, which threatens food security at both global and regional levels. Ukraine, having some of the most fertile soils in the world, in particular chernozems, is also experiencing significant climatic challenges. The article considers the main changes in soils caused by climatic factors, such as changes in water regime, degradation of organic matter, physical and chemical changes, and also proposes adaptation measures for their conservation. The focus is on methods of conservation farming, water management and agroforestry.*

Keywords: *Climate change, soil fertility, conservation agriculture, soil erosion, phenology, agricultural adaptation, water conservation, siderates, soil water balance, resource utilization optimization, irrigation*

Вступ. Ґрунтознавство - це сучасна наука, яка вивчає ґрунти, розглядаючи їх як важливу складову земної поверхні, поряд з іншими породами та підґрунтовими шарами земної кори. Згідно з визначенням мінеролога, ґрунтознавця та географа Василя Докучаєва, ґрунт являє собою складну, відкриту структурну систему, що розташована в верхньому шарі земної поверхні. У цьому шарі постійно відбувається вивітрювання гірських порід, що суттєво впливає на родючість ґрунту, життєдіяльність різноманітних рослин та мікроорганізмів, а також на клімат і рельєф конкретної території. Багато організацій також надають схоже визначення, описуючи ґрунт як природне тіло, яке складається з мінеральних і органічних сполук, формуючи верхній шар землі. Він має горизонтальне поширення і складається з окремих горизонтів або шарів, які відрізняються від вихідного матеріалу внаслідок накопичення та виносу різних частинок. Серед інших фізичних тіл як живої, так і неживої природи, ґрунт займає особливе проміжне місце, відомий як «біокосне тіло природи». Він містить як мінеральні, так і органічні речовини, включаючи специфічні сполуки, такі як ґрунтовий гумус. Гумус, або перегній, утворюється в процесі розкладання рослинних і тваринних залишків і містить у собі специфічні кислоти. Мінеральна частина ґрунту складається з піску, глини, мінеральних солей та залишків гірських порід. Залежно від гранулометричного складу, ґрунти можуть бути піщаними, супіщаними, глинистими, суглинковими, кам'янистими тощо.

Виклад основного матеріалу. *Основні кліматичні зміни та їхній вплив на ґрунти.* Цей вплив проявляється у різних аспектах, зокрема у зміні фаз розвитку рослин, зниженні врожайності та навіть їх загибелі.

Фенологія – це наука, що вивчає сезонні зміни в природі, зокрема періодичні явища, пов’язані з порами року, а також цикли розвитку рослин. Спостереження свідчать, що підвищення середньорічної температури спричиняє зміни у фенологічних циклах, зсуваючи терміни цвітіння, дозрівання плодів та листопаду. Наприклад, рослини починають цвісти раніше, що може порушувати їхню взаємодію із запилювачами, які не завжди встигають адаптуватися до нових умов. Зміна температурного режиму також впливає на географічне поширення рослин. Деякі види змушені переміщуватися в інші регіони у пошуках сприятливих умов, що може призводити до зниження біорізноманіття, оскільки не всі рослини здатні швидко адаптуватися до змін. Сільськогосподарські культури також зазнають негативного впливу кліматичних змін. Підвищення температури спричиняє водний стрес, частіші посухи, зниження родючості ґрунтів, що у підсумку зменшує врожайність. Тривала спека прискорює випаровування вологи, знижує вологість повітря, спричиняє термічні опіки листя та плодів. Крім того, зростання температури сприяє поширенню шкідників і хвороб, які раніше не були характерними для певних територій, що створює додаткові труднощі для рослин, які вже зазнають стресу через зміну клімату. Водночас порушується процес фотосинтезу, що зменшує синтез органічної речовини та негативно впливає на врожайність. Рослини мають природні механізми адаптації до змін довкілля – вони можуть змінювати свої фізіологічні процеси, морфологічні особливості та ритм розвитку. Однак швидкість сучасних кліматичних змін часто перевищує їхню здатність до пристосування. Зростання температури є серйозним викликом для рослинності та екосистем загалом, оскільки воно призводить до значних фізіологічних, морфологічних і екологічних змін, які можуть мати довготривалі наслідки. Тому необхідно розробляти ефективні стратегії адаптації, що сприятимуть збереженню біорізноманіття та стійкості рослинного покриву в умовах змін клімату [1].

Системи обробітку ґрунтів в Україні. Обробіток ґрунту є основою землеробства, в Україні довгий час розширення орних земель було основним способом підвищення врожайності, що призвело до надмірної розораності територій. Наразі сільськогосподарські угіддя займають 82% території країни, а в деяких областях цей показник сягає 96%. Це спричинило значні екологічні проблеми, зокрема ерозію ґрунтів та деградацію їхньої родючості. Щорічно Україна втрачає близько 600 млн тон ґрунту, з яких 20 млн тон становить гумус. Внаслідок цього площа деградованих ґрунтів щорічно збільшується на 80 тис. га, що призводить до втрати поживних речовин та погіршення якості водних ресурсів.

Для запобігання подальшій деградації земель необхідно впроваджувати сучасні екологічно безпечні методи обробітку ґрунту. Одним із рішень є зменшення площі орних земель на 10-12 млн га та переведення їх у пасовища й лісові насадження. Це дозволить покращити екологічний стан територій та

відновити природний баланс. Крім того, необхідно змінити традиційні методи землеробства, надавши перевагу ґрунтозахисним технологіям. Одним із таких підходів є мінімальний обробіток, який дозволяє зменшити ерозію, покращити водоутримувальні властивості ґрунту та сприяти його природному відновленню.

Перспективним напрямом є контурно-меліоративна система землеробства, розроблена українськими вченими, яка має вищу ефективність порівняно із зарубіжними аналогами. Також усе більшої популярності набуває система No-Till (Система нульового обробітку ґрунту), що передбачає нульовий обробіток ґрунту. Вона дозволяє зберігати структуру ґрунту, підвищувати його родючість та запобігати втратам вологи [1]. Однак її широкомасштабне впровадження в Україні ускладнене високою вартістю спеціалізованої техніки та гербіцидів, а також нестабільним землекористуванням і низьким рівнем культури ведення господарства.

Таким чином, для збереження родючості українських ґрунтів необхідний комплексний підхід, що включає перехід на екологічно безпечні методи обробітку, впровадження мінімального та безвідвального землеробства, розвиток агролісомеліорації та оптимізацію управління водними ресурсами. Важливу роль у цьому процесі повинна відігравати підвищення обізнаності фермерів щодо сучасних методів землеробства. Лише так можна зупинити процес деградації ґрунтів і забезпечити їхню родючість для майбутніх поколінь.



Рис.1. Технологія No-Till: система нульового обробітку ґрунту [4]

Консерваційне землеробство. Близько 6 млн га сільськогосподарських земель в Україні потребують консервації, і ця проблема найбільш виражена в південних регіонах. Значна частина аграрних угідь розташована в зоні ризикованого землеробства, що робить їх особливо вразливими до змін клімату. Найскладнішими місяцями для сільського господарства залишаються липень і серпень, коли посухи завдають найбільшої шкоди врожайності. У відповідь на кліматичні виклики необхідно впроваджувати точне й ощадливе землеробство, що дозволить підвищити продуктивність і раціонально використовувати ресурси. Це включає консервацію деградованих земель з подальшим їх відновленням, модернізацію зрошувальних систем для ефективного утримання вологи в ґрунті, а також перехід на енергозберігаючі технології обробітку.

Фермерам варто поступово відмовлятися від традиційної оранки на користь технологій **Mini-Till** та **Strip-Till**, які мінімізують механічний вплив на

грунт. Вони сприяють збереженню біологічної активності ґрунту, утриманню рослинних залишків на поверхні, а також дозволяють зменшити витрати пального та хімічних засобів приблизно на 30%.

Strip-Till – це метод обробки, при якому ґрунт розпушується на глибину до 15 см лише в зоні майбутнього висіву, тоді як міжряддя разом із стернею та мульчею залишаються незайманими.

Mini-Till передбачає подрібнення рослинних залишків безпосередньо під час збору врожаю, луцення стерні на глибину до 8 см одразу після збирання попередника, осінню обробку ґрунту дисковими боронами на 14-18 см, а також глибоке розпушування на 35-40 см один раз на три роки.

Перехід на такі технології допоможе зменшити ерозію ґрунтів, підвищити їхню стійкість до змін клімату та зберегти родючість на довгострокову перспективу [2].



Рис.2. Технологія Strip-Till [5]

Стратегії адаптації та пом'якшення наслідків:

Зміни клімату, часті посухи та коливання рівня опадів посилюють проблему водопостачання, тому для забезпечення стабільного виробництва сільськогосподарської продукції важливим є ефективне зрошення. Найбільш результативним методом водокористування вважається крапельне зрошення, яке дозволяє значно зменшити втрати води та водночас підвищити врожайність. (3) Однак цього недостатньо, адже адаптація сільського господарства до нових кліматичних умов вимагає комплексного підходу. Серед стратегій збереження води ключову роль відіграють такі методи, як використання посухостійких культур, оптимізація графіків зрошення з урахуванням рівня вологості ґрунту, застосування мульчування для зменшення випаровування вологи, а також вирощування покривних культур, що покращують структуру ґрунту та сприяють утриманню води. Дослідження показують, що впровадження цих практик сприяє підвищенню продуктивності полів навіть у посушливих умовах. Крім агротехнологічних рішень, важливими є державні заходи з регулювання водокористування. В Україні Водний кодекс передбачає контроль за використанням водних ресурсів для потреб сільського господарства, зобов'язуючи аграріїв дотримуватися встановлених нормативів щодо якості води

та попереджувати негативні наслідки, такі як заболочення, засолення чи забруднення зрошуваних земель.

Раціональне управління водними ресурсами, впровадження інноваційних технологій та відповідальне ставлення до водокористування є ключовими умовами забезпечення продовольчої безпеки та стійкого розвитку сільського господарства в умовах кліматичних змін.



Рис.3. Крапельне для зрошення овочевих культур [6]

Висновок. Зміни клімату негативно впливають на родючість ґрунтів в Україні, спричиняючи ерозію, зниження рівня вологи та втрату органічної речовини. Для мінімізації цих наслідків необхідно впроваджувати комплексні адаптаційні заходи.

Консерваційне землеробство сприяє збереженню структури ґрунту, зменшенню ерозійних процесів і покращенню водного балансу. Використання сидератів дозволяє підвищити родючість ґрунту та його стійкість до засух. Раціональне управління водними ресурсами, зокрема застосування крапельного зрошення, допомагає ефективно використовувати вологу та зменшувати її втрати. Агролісомеліорація, зокрема створення лісосмуг, забезпечує захист ґрунтів від вітрової та водної ерозії, покращуючи загальну стійкість агроєкосистем.

Комплексне застосування цих методів сприятиме збереженню та відновленню родючості ґрунтів, забезпечуючи стаке сільське господарство в умовах змін клімату.

Список використаної літератури

1. Фенологія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F> (дата звернення 07.03.2025).

2. В.Ф. Сайко. Системи обробітку ґрунтів в Україні. http://www.irbisnbn.gov.ua/cgiьbin/irbis_nbnv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/znpzeml_2007_1_3.pdf (дата звернення 08.03.2025) .

3. Землеробство на півдні України з кожним роком стає все більш ризикованим. Інформаційне агентство Interfax-Україна. 07.06.2021.

URL:<https://interfax.com.ua/news/economic/748780.html> (дата звернення: 10.03.2025).

4. Технологія No-Till: система нульового обробітку ґрунту URL:<https://lnzweb.com/blog/tehnolog-ya-no-till> (дата звернення 12.03.2025).

5. Технологія Strip-Till: збільшення кількості азоту в ґрунті. ЕКРАГРО. 21.10.2019. URL:<https://ekipagro.com/tehnologiya-strip-till-pokrovnnye-kultury-uvelichivayushhie-soderzhanie-azota-v-pochve/> (дата звернення 15.03.2025).

6. Крапельне для зрошення овочевих культур URL:<https://irrigator.ua/kapelnoeoroshenie-dlya-ovoshnih-kultur/> (дата звернення 18.03.2025).

Микола ШТИПА⁴¹

студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЗНАК ПШЕНИЦІ

Анотація. У статті проведено огляд генетичних механізмів успадкування морфологічних, фізіологічних та біохімічних ознак пшениці. Проаналізовано роль різних чинників та поліплоїдії у формуванні генетичного різноманіття культури. Досліджено вплив генетичних змін на продуктивність і екологічну адаптивність. Особливу увагу також приділено генетичному контролю різноманітних ознак, таких як забарвлення зерна, стійкість до вилягання, довжина стебла та інших. Це є важливі селекційні ознаки, що визначають технологічні властивості, стійкість до стресових факторів та врожайність рослин. Наведено приклади взаємодії генів, що регулюють зміни різних генетичних ознак. Також розглянуто вплив людини та штучного інтелекту на вивчення методів генетичного контролю та прискорення селекційного процесу, адже важливим є отримання високопродуктивних сортів та гібридів пшениці, адаптованих до несприятливих умов.

Ключові слова. Пшениця, гібриди, генетичний контроль, стійкість до вилягання, довжина стебла, успадкування, гетерозис, трансгресія, бекрос, продуктивність, морфобіотиби.

Annotation. The article reviews the genetic mechanisms of inheritance of morphological, physiological, and biochemical traits of wheat. The role of various factors and polyploidy in the formation of genetic diversity of culture is analyzed. The impact of genetic variation on productivity and ecological adaptability has been

⁴¹Науковий керівник – Аралова Т.С., канд. с.-г. н. ст. викладач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

investigated. Special attention is also paid to the genetic control of various traits, such as grain color, lodging resistance, stem length, and others. These are important breeding traits that determine technological properties, resistance to stress factors, and plant yield. Examples of gene interactions that regulate changes in various genetic traits are given. The impact of humans and artificial intelligence on the study of genetic control methods and the acceleration of the breeding process is also considered, as it is important to obtain high-yielding wheat varieties and hybrids adapted to adverse conditions.

Keywords. *Wheat, hybrids, genetic control, lodging resistance, stem length, inheritance, heterosis, transgression, backcross, productivity, morphobiotypes.*

Вступ. Першими у пшениці були вивчені морфологічні ознаки, зокрема особливості зернівки, кореня, стебла (соломини), листків та колоса. Вони є важливими для опису видів і класифікації всередині виду, а також можуть застосовуватися як маркери у селекційному процесі. Наприклад, червоний колір зернівки пов'язаний із тривалим періодом післязбирального спокою та меншою схильністю до проростання на пні, а рожевий колір колеоптилю – зі стійкістю рослин до кореневих гнилей. Також ефективно використовувався добір форм ярої пшениці з опушеним листям для селекції на стійкість до червоногрудої п'явиці та шведської мухи.

Подальші дослідження дозволили зробити пшеницю однією з найбільш вивчених культурних рослин, зокрема завдяки моно- і нулісомному аналізу. Гексаплоїдна природа м'якої пшениці забезпечує високу життєздатність навіть у разі втрати однієї або двох гомологічних хромосом. Видалення окремої хромосоми (моносомик, $2n-1$) чи пари гомологічних хромосом (нулісомик, $2n-2$) дає змогу простежити за фенотипічними змінами та визначити, які ознаки контролюють гени, локалізовані на видалених хромосомах.

Сучасні методи хромосомної інженерії розширили можливості генетичного аналізу пшениці. Вони дозволяють замінювати гомологічні хромосоми певного сорту на хромосоми іншого сорту або навіть спорідненого виду, додаючи окремі або повні набори чужорідних хромосом. Це дає змогу не лише визначати локалізацію генів, а й оцінювати ефект дози гена, його експресію в новому генотипному середовищі та проводити картування генів.

Першу моносомну (а згодом і нулісомну) серію створив американський генетик Сірс на сорті Чайнз Спрінг. Він отримав 21 лінію, у кожній з яких бракувало однієї хромосоми (у моносомній серії) або пари хромосом (у нулісомній серії). Ці дослідження заклали основу для подальшого вивчення генетичної структури пшениці та її селекційного вдосконалення.

Виклад основного матеріалу. Пшениця є однією з найважливіших культурних рослин у світовому сільському господарстві, забезпечуючи значну частину продовольчої безпеки людства (Рис.1). Її врожайність, якість зерна, стійкість до хвороб та адаптація до різних кліматичних умов визначаються складними генетичними механізмами. Генетичний контроль ознак пшениці є багаторівневим процесом, що охоплює взаємодію різних генів, їхню експресію

та вплив факторів навколишнього середовища. Розуміння цих механізмів відіграє ключову роль у селекції та створенні високопродуктивних сортів [1].



Рис.1. Посіви пшениці

Генетика пшениці є складною через її гексаплоїдний геном, що містить три геноми (A, B і D), які взаємодіють між собою. Це значно ускладнює селекційний процес, оскільки зміни в одному геномі можуть бути компенсовані іншими. Проте саме ця особливість надає пшениці унікальну генетичну пластичність, що дозволяє їй пристосовуватися до різних умов вирощування та зберігати стабільність врожаю в мінливих середовищах. Використання сучасних методів генетичного аналізу та біотехнологій дозволяє ефективніше керувати селекційним процесом і прискорювати виведення нових сортів.

Успадкування ознак пшениці може бути моногенним або полігенним. Моногенні ознаки контролюються одним геном, що може бути домінантним або рецесивним. Наприклад, стійкість до бурої іржі може визначатися геном Lr34, а колір зерна – певними R-генами. Полігенні ознаки, такі як врожайність, висота рослини, маса зерна, є результатом взаємодії багатьох генів і мають неперервний характер варіацій, що значно ускладнює їхню селекцію. Крім того, на прояв полігенних ознак значно впливають фактори довкілля, такі як рівень зволоження, температура та родючість ґрунтів [1].

Генетичний контроль ознак пшениці здійснюється через взаємодію різних генів, серед яких важливу роль відіграють гени Rht, Ppd, Vrn, Glu та інші. Наприклад, гени Rht1 і Rht2 відповідають за карликовість, що впливає на стійкість до вилягання, а гени Ppd-D1 та Ppd-B1 контролюють фотоперіодичну реакцію, визначаючи строки цвітіння та дозрівання. Гени Vrn-A1, Vrn-B1 і Vrn-D1 регулюють яровизацію, що є ключовим фактором адаптації до кліматичних умов. Також білки, що кодуються генами Glu-1 та Glu-3, впливають на якість клейковини та хлібопекарські властивості зерна. Взаємодія цих генетичних факторів визначає продуктивність і технологічні властивості пшениці, що має велике значення для селекційної роботи [2].

Гени, які контролюють стійкість до біотичних та абіотичних стресів, також є важливими в генетичному контролі пшениці. Наприклад, гени Lr, Sr, Yr визначають стійкість до різних видів іржі, тоді як гени Pm відповідають за стійкість до борошнистої роси. Крім того, гени Cre забезпечують стійкість до нематод, а гени Fhb сприяють толерантності до фузаріозу колоса. Завдяки цим

генам селекціонери можуть створювати сорти з підвищеною стійкістю до хвороб, що значно знижує необхідність застосування хімічних засобів захисту рослин. Важливе значення мають також гени *Snrk1* та *Dreb*, які беруть участь у регуляції адаптаційних процесів пшениці до стресових факторів [3].

Контроль над урожайністю здійснюється комплексом генів *Gpc-B1*, що регулює вміст білка в зерні, та генами *TaCWI-A1* і *TaSus2*, які впливають на розвиток крохмалю і, відповідно, на масу зерна. Також гени *Q* і *Vp-1* контролюють формування колоса і насіннєвий спокій, що визначає рівень проростання зерна у польових умовах. Ген *TaGS2* регулює рівень азотного обміну, що є критичним фактором для формування врожайності. Генетичні дослідження дозволяють глибше зрозуміти механізми успадкування цих ознак і розробляти ефективні методи селекції, спрямовані на підвищення якості та продуктивності пшениці [3].

Одним із ключових напрямків сучасної селекції є створення генетично модифікованих сортів пшениці з покращеними характеристиками. Використання методів молекулярної селекції, таких як CRISPR/Cas, дозволяє цілеспрямовано змінювати структуру геному, зокрема вносити корисні мутації у гени, що відповідають за стійкість до хвороб, посухостійкість та врожайність. Наприклад, редагування генів *TaDREB3*, *NAC* та *TaNF-YB* покращує толерантність до стресових умов, таких як посуха та високі температури. Це дозволяє створювати сорти, здатні зберігати продуктивність навіть за нестачі вологи [4].

Крім того, значну роль у формуванні господарсько-цінних ознак відіграє також епігенетичний контроль. Метилювання ДНК і модифікації гістонів можуть впливати на активність генів, визначаючи рівень експресії ознак, таких як посухостійкість, морозостійкість та продуктивність. Впровадження сучасних методів геномного редагування дозволяє змінювати активність певних генів без внесення чужорідної ДНК, що робить процес селекції більш природним і точним. У результаті можна отримати сорти з підвищеним вмістом білка, покращеною якістю клейковини та більшою стійкістю до стресових умов. Наприклад, гени *TaMYB* та *WRKY* беруть участь у регуляції стійкості до посухи та сприяють збереженню врожаю в умовах кліматичних змін [5].

Селекція пшениці базується на вивченні та використанні широкого спектра генетичних ресурсів (табл.1), щоб отримати ще більше нових сортів із ще кращими ознаками (Рис.2). Генетичні банки, що містять різноманітні сорти і дикі родичі пшениці, є важливим джерелом нових корисних алелів. Гібридизація між різними видами пшениці та їх родичами дозволяє вводити нові гени, що підвищують адаптивний потенціал сучасних сортів. Особливо перспективними є гени, отримані з диких видів, які мають високу стійкість до екстремальних умов середовища. Гени *Dreb1* та *НКТ* сприяють підвищенню толерантності до солоності ґрунтів, що є важливим фактором у регіонах із засоленими ґрунтами [6].

Таблиця 1. Основні гени пшениці та їхні функції

Група генів	Основні гени	Функції
Карликовість	Rht1, Rht2	Регуляція висоти рослин, стійкість до вилягання
Фотоперіодична реакція	Ppd-D1, Ppd-B1	Контроль строків цвітіння та дозрівання
Яровизація	Vrn-A1, Vrn-B1, Vrn-D1	Адаптація до кліматичних умов
Якість зерна	Glu-1, Glu-3	Формування клейковини та хлібопекарських властивостей
Стійкість до іржі	Lr, Sr, Yr	Захист від бурої, стеблової та жовтої іржі
Стійкість до борошнистої роси	Pm	Генетична толерантність до хвороби
Стійкість до нематод	Cre	Захист кореневої системи
Толерантність до фузаріозу	Fhb	Зменшення ураження зерна
Вміст білка	Gpc-B1	Контроль рівня білка в зерні
	TaCWI-A1, TaSus2	Впливають на розвиток крохмалю та масу зерна.
Формування колоса	Q, Vp-1	Контролюють формування колоса та насіннєвий спокій.
Посухостійкість	TaDREB3, HKT, TaMYB, WRKY	Адаптація до стресових умов



Рис.2. Ознаки пшениці: кушення, довжина колоса, розмір та колір зерна

Генетичний контроль ознак пшениці є складним і багатогранним процесом, що охоплює класичну генетику, молекулярну біологію та епігенетику. Поєднання традиційних методів селекції з сучасними геномними технологіями відкриває нові можливості для створення високопродуктивних сортів, здатних забезпечити стабільний урожай навіть у несприятливих умовах. Подальші дослідження у цій сфері сприятимуть розвитку сільського господарства та підвищенню продовольчої безпеки. Важливим напрямком майбутніх досліджень є застосування технологій штучного інтелекту для аналізу великих даних у селекції, що дозволить значно прискорити процес виведення нових сортів із цільовими характеристиками [7].

Висновки. Генетичний контроль ознак пшениці є складним багаточинним процесом, що охоплює взаємодію численних генів, відповідальних за ріст, розвиток, стійкість до стресів та якість зерна. Вивчення генів, таких як *Rht*, *Ppd*, *Vrn*, *Glu*, *Lr*, *Fhb* та інших, дозволяє глибше розуміти механізми успадкування та селекційної роботи.

Сучасні методи генетики та молекулярної біології, включаючи CRISPR/Cas, дозволяють цілеспрямовано редагувати гени для підвищення врожайності, стійкості до хвороб і стресових умов. Впровадження геномного редагування, зокрема зміна активності генів *TaDREB3*, *НКТ*, *TaMYB* тощо, сприяє створенню сортів, адаптованих до змін клімату.

Важливим фактором є використання епігенетичних механізмів регуляції ознак, що дозволяє досягати змін без внесення трансгенних вставок. Генетичні банки та міжвидова гібридизація відкривають нові перспективи для введення корисних алелів у селекційний процес.

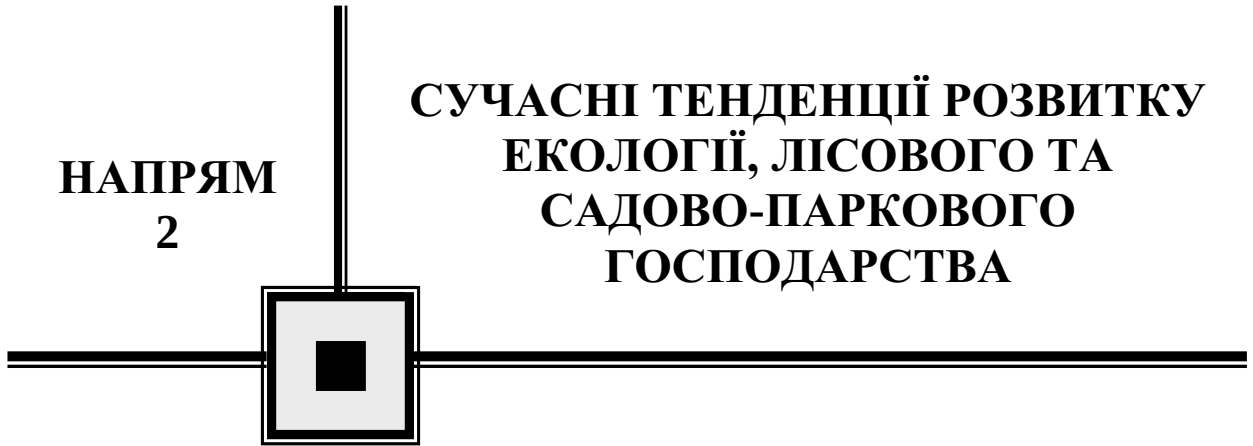
Застосування штучного інтелекту та біоінформатики у вивченні генетичного контролю дозволяє прискорити селекційний процес та зробити його ефективнішим. Високопродуктивні, стійкі до стресових факторів сорти пшениці є ключовим елементом забезпечення продовольчої безпеки в умовах глобальних змін клімату та зростаючих потреб людства.

Список використаної літератури

1. Марценюк І. М.. Спеціальна генетика. Миколаїв: МНАУ, 2019. 150 с. URL: dspace.mnau.edu.ua (Дата звернення: 24.02.2025)
2. Рибалка О. І. та ін. Селекційно-генетичні аспекти селекції озимої пшениці. *Аграрні інновації*. №3. 2020. С. 45–52. URL: agrarian-innovations.izpr.ks.ua (Дата звернення: 24.02.2025)
3. Вдовиченко О. М.. Спеціальна генетика польових культур. Київ: НУБіП України. 2020. 224 с. URL: nubip.edu.ua (Дата звернення: 28.02.2025)
4. Моргун Б. В., Рибалка О. І. Генетичне поліпшення рослин: основні наукові напрями та перспективи. *Фундація розвитку генетики*. 2020. С. 12–25. URL: frg.org.ua (Дата звернення: 02.03.2025)
5. Селекція та генетика пшениці. Agromage https://agromage.com/stat_id.php?id=455 (Дата звернення: 05.03.2025)

6. Генетичний контроль і рекомбінація ознак стійкості до вилягання у гібридів пшениці озимої за різних умов вирощування. *Аграрні інновації*. <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/83> (Дата звернення: 06.03.2025)

7. Генетика ознак пшениці. Гени пшениці. Складний геном пшениці. Нулісомики у пшениці. Експресія генів пшениці. Спадкування морфологічних ознак пшениці. https://ultraagro.blogspot.com/2012/12/blog-post_9719.html (Дата звернення: 05.03.2025)



Анастасія БЕВЗ⁴²,
студентка 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та
садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В МІСЬКИХ УМОВАХ

Анотація. У статті розглядається питання використання індивідуальних установок на основі альтернативних джерел енергії в міських умовах. Проаналізовано основні технології, такі як сонячні панелі, малі вітрові турбіни, геотермальні теплові насоси та системи збору біогазу. Особливу увагу приділено перевагам впровадження альтернативної енергетики, зокрема зниженню витрат на електроенергію, зменшенню негативного впливу на довкілля та підвищенню енергетичної незалежності. Окреслено основні виклики, серед яких висока вартість початкової установки та залежність від природних умов. Розглянуто перспективи розвитку та можливі шляхи подолання існуючих перешкод для ефективного впровадження альтернативних енергетичних рішень у міському середовищі.

Annotation. The article considers the issue of using individual installations based on alternative energy sources in urban conditions. The main technologies, such as solar panels, small wind turbines, geothermal heat pumps and biogas collection systems, are analyzed. Particular attention is paid to the advantages of implementing alternative energy, in particular, reducing electricity costs, reducing negative environmental impact and increasing energy independence. The main challenges are outlined, including the high cost of the initial installation and dependence on natural conditions. Development prospects and possible ways to

⁴² Науковий керівник – Вергеліс В.І., асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

overcome existing obstacles to the effective implementation of alternative energy solutions in the urban environment are considered.

Вступ. Енергія – це життя і кожне живе створіння є частиною енергетичного циклу, а відповідно потребує її для існування. Ця енергія не втрачається, а перетворюється в інші форми. Закон збереження енергії дозволяє людству розробляти механічні та технічні системи перетворення енергії [5].

З кожним роком людям потрібно більше енергії. Населення планети збільшується, зростає споживання і традиційні виробництва не можуть покрити запити, що ростуть. У цьому має значення як економічний аспект. Традиційні способи отримання енергії вважаються брудними, а екологічна проблема перебуває у топі питань, що хвилюють світове співтовариство [2].

У зв'язку з цим збільшується частка альтернативних джерел енергії. Їх ще називають поновлюваними. Це енергія вітру, сонця, припливів та відливів, а також геотермальна. На відміну від нафти, газу, вугілля, руди їх отримувати набагато простіше, вони невичерпні та вважаються чистими, безпечними для довкілля. Тому не дивно, що багато кого цікавить перехід на альтернативні джерела енергії. Докладніше розглянемо переваги, вигоди та нюанси її використання [3].

Виклад основного матеріалу. Джерела енергії, що відомі та існують сьогодні, поділяються на традиційні та альтернативні. Традиційні джерела – це нафта, газ та вугілля. Головним і найбільшим їх недоліком є те, що вони не відновлювальні. Саме цей фактор мотивує суспільство використовувати інші носії. Адже з часом, навіть досить багаті родовища, вичерпаються. Відповідно сьогодні є актуальним пошук інших варіантів отримання енергії.

Другий, не менш важливий фактор – це негативний вплив на екологію планети. Адже, спалюючи корисні копалини, викидаються парникові гази, що, в свою чергу, порушують кліматичний баланс. В останні десятиліття такі зміни в кліматі відчуються все більше: zalivni doщі та урагани, тривала посуха, повені та торнадо, випадання снігу серед весни. Цими стихіями людина керувати не може. Тож, єдиний спосіб для зниження змін клімату – перейти на джерела енергії, що є екологічно чистими. Такі джерела називають альтернативними, або відновлювальними: вітер, вода, сонце, біогаз та ін. [4].

Що ж таке альтернативні джерела енергії? Це природні явища, які шляхом перетворення в спеціальних установках перетворюються в теплову або електричну енергію. До них відносяться [3]:

1. сонячне електромагнітне випромінювання;
2. кінетична енергія руху повітряних мас (вітер);
3. кінетична енергія водного потоку (річки);
4. енергія морських припливів і відливів;
5. теплова енергія гарячих джерел.

Також, альтернативна енергетика – це отримання тепла при спалюванні відновлюваного палива (біогазу, біоетанолу, паливних пелет та ін.) Розглянемо які плюси та мінуси має альтернативна енергетика.

Сонячна енергетика: використання сонячними електростанціями та сонячними колекторами енергії світлового потоку при потраплянні його природним шляхом на фотоелементи дозволяє, перетворити цей потік в

електричну енергію, або теплову енергію, щоб нагрівати рідини (воду). Основним плюсом сонячної енергетики є її екологічність. Тобто до атмосфери взагалі не потрапляє шкідливих викидів [1].

Проте рівномірну потужність такої енергії неможливо забезпечити протягом доби та інших тимчасових періодів. Тобто з настанням ночі, дощів або коли на вулиці похмуро, вироблення сонячної енергії припиняється. І навпаки, при ясній та погожій погоді виробляється велика кількість електроенергії, яка є надлишковою, тобто більша ніж потребують споживачі. В такий період виникає необхідність в акумуляторах. Ціна акумуляторів звичайно ж підвищує собівартість виробленого кВт/год.

Вітрова енергетика. Про використання альтернативної енергії вітру відомо здавна. Людство уже має досвід використання такого виду енергетики, прикладом якої є вітряки. Проте їх осучаснений прообраз – це вітрова енергетична установка. Саме з її допомогою відбувається перетворення вітру в електричну енергію. Тобто, маємо кілька десятків вітрогенераторів, що об'єднуються в одну мережу. Таке об'єднання це і є вітрова електростанція. Вітрова енергетика відноситься до одних з найдешевших видів альтернативної енергетики. Основний недолік – значний шум, що виробляє вітрова установка. До того ж, на лопаті генератора попадають перелітні птахи і, відповідно, гинуть.

Гідроенергетика. Рухомі водяні потоки також є альтернативними джерелами енергії та використовуються в декількох видах генераторів. Першими є генератори, що встановлюють на річках. Вони працюють за рахунок природних течій (міні – ГЕС). Другі – «налаштовуються» на океанічні або морські приливи. І треті – працюють за рахунок енергії морських хвиль [3].

Варто зазначити, що робота перших двох генераторів уже протестована та вони успішно працюють. Останній з них перебуває на сьогодні на етапі випробувань. До плюсів гідроенергетики можна віднести екологічну чистоту, а до недоліків – високу вартість самого обладнання. До того ж, місця для встановлення таких генераторів досить обмежені.

Біопаливо як альтернативне джерело енергії. Біопаливо – це різні види палива, сировиною для виготовлення якого можуть бути рослини, відходи тваринництва, органічні відходи промисловості та життєдіяльності людини. До відновлюваних джерел теплової енергії (біопалива) відносяться і звичайні дрова. Проте, щоб відновити їх запаси, потрібно буде досить багато років. Для налагодження промислового виробництва біопалива спеціально вирощують певні культури та використовують відходи сільськогосподарських виробництв.

Сьогодні біопаливо складається з:

1. паливних пелетів та брикетів;
2. біоетанолу, біобензину і біодизелю;
3. біогазу [6].

Щоб виробляти тверді види біопалива, спеціально вирощують сировину –

енергетичну деревину та користуються відходами деревообробної промисловості. Плюсом таких видів біопалива є відносна дешевий одержуваний продукт, а до мінусів відноситься тривалий термін відновлення сировини для виробництва. Тому для вироблення рідких видів біопалива використовуються сільськогосподарські культури, або тваринні жири, які переробляються. Кожна країна використовує свої види рослинності. І ними можуть бути: цукрова тростина, рапс, соя, кукурудза тощо.

Альтернативна енергія біогазу. Україна сьогодні активно розвиває альтернативну енергетику. Сировиною для цього є переробленні відходи з сільського господарства. Тобто, біогаз отримують як результат зброджування рослинної сировини. Його склад взагалі не відрізняється від природного метану. І застосовують даний вид альтернативної енергії для роботи теплових і енергетичних установок. На сьогодні біогаз виділяють як найперспективніший вид відновлювального палива. Адже його виробництво не передбачає вирощування сировини, а допомагає утилізувати наявні відходи. Тобто знижує екологічне забруднення навколишнього середовища. Вироблення біогазу на сьогодні в Україні є трендом. Даний напрям на профільному ринку знаходиться на третьому місці після сонячної і вітрової енергетики [3].

Альтернативні джерела енергії стають дедалі популярнішими у міському середовищі, сприяючи зниженню залежності від централізованих енергосистем та зменшенню негативного впливу на довкілля. Серед основних технологій, що використовуються в містах, можна виділити: Сонячні панелі – найбільш поширене рішення для приватних будинків, багатоквартирних будівель і навіть офісних приміщень. Завдяки розвитку технологій зростає ефективність та зменшуються витрати на установку. Вітрові турбіни малої потужності – встановлюються на дахах або спеціальних вежах. Вони особливо ефективні в районах з постійним вітром. Геотермальні теплові насоси – використовують енергію землі для обігріву та охолодження будівель, що дозволяє значно знизити витрати на опалення. Системи збору та використання біогазу – можуть застосовуватися у приватних будинках і громадських будівлях для перетворення органічних відходів у паливо. Інтелектуальні енергетичні системи – поєднують кілька джерел альтернативної енергії та забезпечують оптимізацію використання електроенергії за допомогою автоматизованого управління [2].

Переваги використання індивідуальних альтернативних джерел енергії. Зниження витрат на електроенергію – завдяки автономному виробництву електроенергії можна значно скоротити рахунки за комунальні послуги. Екологічна безпека – зменшення викидів CO₂ сприяє покращенню якості повітря в містах. Енергетична незалежність – зниження залежності від зовнішніх постачальників електроенергії та можливість автономного забезпечення енергією в разі аварійних відключень. Можливість отримання державної підтримки – багато країн пропонують субсидії, гранти та пільгові кредити на встановлення альтернативних джерел енергії [4].

Висновки. Застосування індивідуальних установок на основі альтернативних джерел енергії в міських умовах – це перспективний шлях до

екологічно чистої та економічно вигідної енергетики. Хоча існують певні виклики, розвиток технологій та державна підтримка сприятимуть розширенню використання альтернативних джерел енергії в містах. В майбутньому альтернативна енергетика може стати невід'ємною частиною сталого розвитку урбанізованих територій.

Крім того, впровадження таких рішень сприятиме покращенню якості життя мешканців міст, створенню нових робочих місць та стимулюванню інновацій у сфері енергетики. Завдяки активній інтеграції альтернативних джерел енергії міста можуть стати більш стійкими до змін клімату та енергетичних криз. Успіх впровадження таких рішень залежить не лише від технічного прогресу, а й від свідомого підходу влади, бізнесу та самих громадян.

Список використаної літератури

1. Kaletnik G.M., Lutkovska S.M. Organic agricultural production in the system of modernization of environmental safety. *Pollution Research*. 2023. Vol. 42 (1). P. 1-6.
2. Калетнік Г.М., Пришляк Н.В. Розвиток галузі біопалив як детермінанта сталого розвитку України. *Економіка АПК*. 2021. № 2. С. 71-81
3. Калда Г.С., Соколан Ю.С., Рибалка К.А., Боричко К. Перспективи розвитку альтернативної енергетики в Україні. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 2 (14). С. 48-54.
4. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Кабінет Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145. С.158.
5. Про альтернативні джерела енергії. Закон України від 25.09.2008. № 601-VI. ВВР. 2009. № 13. ст.155. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення: 13.03.2025).
6. Сидорчук О. Біогазові станції: більше переваг, аніж проблем. *Серія біогаз – енергетична незалежність України. Економіка. AgroExpert*. 2020. №3 (140). С.114-117.

Аліна ГРИЦЮК⁴³,
студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та
садово-паркового господарства ННІАП
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ МІКРОПЛАСТИКА НА ХАРЧОВІ ЛАНЦЮГИ

Анотація. Мікропластик є всесвітньою екологічною проблемою, що суттєво впливає на природні екосистеми та харчові ланцюги. Він виникає

⁴³ Науковий керівник – Гуцол Г.В., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

внаслідок розпаду великих пластикових відходів і розповсюджується в водних та наземних середовищах. Мікропластик потрапляє в харчові ланцюги через різні механізми: споживання водними організмами, транспортування через ґрунти та добрива, а також осідання з повітря на незакриті продукти харчування, що призводить до забруднення водних ресурсів. Ці частинки накопичуються в організмах риб, молюсків, птахів та інших живих істот, поступово досягаючи організму людини. У даній роботі аналізуються сучасні дослідження щодо впливу мікропластика на екосистеми та харчові ланцюги, а також розглядаються можливі наслідки для здоров'я людей, включаючи біоаккумуляцію токсичних речовин та їх негативний вплив на організм.

Представлені результати підкреслюють необхідність впровадження заходів для зменшення забруднення пластиком та розвитку технологій для його ефективної утилізації. Ця робота має на меті поглиблення розуміння цієї важливої проблеми.

Annotation. Microplastics are a global environmental problem that significantly affects natural ecosystems and food chains. They arise from the decomposition of large plastic waste and are distributed in aquatic and terrestrial environments. Microplastics enter food chains through various mechanisms: consumption by aquatic organisms, transport through soils and fertilizers, and deposition from the air onto unopened food products, which leads to pollution of water resources. These particles accumulate in the organisms of fish, mollusks, birds and other living creatures, gradually reaching the human body. This paper analyzes current research on the impact of microplastics on ecosystems and food chains, and also considers possible consequences for human health, including the bioaccumulation of toxic substances and their negative impact on the body.

The presented results emphasize the need to implement measures to reduce plastic pollution and develop technologies for its effective disposal. This work aims to deepen understanding of this important problem.

Вступ. Мікропластик – це новітня екологічна тема, який привертає все більше уваги наукової спільноти, адже його вплив охоплює як довкілля, так і здоров'я усіх біоценозів. Ці дрібні пластикові частинки, розміром менше ніж 5 мм, потрапляють у природні середовища через розпад пластикових відходів, текстильну промисловість, косметику та побутові продукти. Їхню присутність зафіксовано не лише в океанах і річках, але й у ґрунтах, атмосфері та навіть питній воді. Наукові дослідження останніх років показують, що мікропластик здатний проникати в харчові ланцюги, починаючи з найменших організмів, таких як планктон, і закінчуючи людиною. Ці частинки не лише фізично забруднюють організми, але й виділяють токсичні речовини, які можуть викликати серйозні біологічні порушення, включаючи запальні процеси, гормональні збої та навіть генетичні мутації. Дослідження спрямовані на вивчення шляхів потрапляння мікропластика в харчові ланцюги та аналіз наслідків його впливу на екосистеми та здоров'я людей.

У статті розглядається сучасний стан наукових знань щодо мікропластика, його джерел, механізмів поширення та потенційних ризиків. Особливу увагу приділено проблемі накопичення мікропластика у верхніх ланках трофічних пірамід, де його вплив стає найбільш відчутним. Ця тема є надзвичайно важливою для розуміння складних взаємозв'язків між людиною та довкіллям і для пошуку ефективних шляхів мінімізації ризиків, пов'язаних із забрудненням мікропластиком. У контексті зростаючого занепокоєння щодо стійкості екосистем ця проблема вимагає глибокого міждисциплінарного аналізу та рішучих дій.

Виклад основного матеріалу. Вплив та перспективи досліджень. Британський металург та винахідник Олександр Паркс винайшов пластмасу 169 років тому, у 1855 році, Він вперше синтезував цей матеріал і презентував його на Всесвітній виставці у 1862 році.

Пластик став дуже зручним матеріалом з численними застосуваннями, що призвело до його широкого поширення та утворення великої кількості пластикового сміття.

Мікропластик – це частинки пластику розміром менше 5 мм, які відрізняються від звичайного пластику (макропластика), що має більші розміри. Проблема мікропластику полягає в тому, що ці частинки можуть проникати в живі організми, включаючи людей, рослини та тварин.

Коріння рослин можуть всмоктувати ці частинки, а тварини можуть їх споживати.

Пластик не розкладається в природі; він кришиться на менші частини, які залишаються в середовищі. Це призводить до проблеми мікропластику, який може бути настільки маленьким, що проникає в середину живих організмів. Мікропластик є всюдисущим: він присутній у повітрі, воді, ґрунті та живих організмах.

Мікропластик вперше був виявлений у 1970-х роках під час морських досліджень. Перші відкриття цього матеріалу були зосереджені на забрудненні океанів, однак важливе значення має його поширення в природному середовищі. Вчені, що проводили дослідження біля західного узбережжя Північної Америки, у 2013 році виявили мікропластик у осадах на глибинах до 5000 метрів, а також у рибах. Це відкриття було несподіваним, оскільки не було очікувано знайти таку кількість пластикових частинок на таких великих глибинах. Далі дослідження мікропластику стали важливими для вивчення забруднення морського середовища. Вчені провели розтин риб, зокрема пелагічних і прибережних видів, в яких було виявлено мікропластик у шлунково-кишковому тракті, що підтвердило їх споживання пластикових частинок з води.

Приклади джерел мікропластику включають звичайне сміття, яке кришиться, а також механічне тертя під час споживання води з пластикових пляшок. Процес відкриття кришечки пляшки може призводити до вивільнення мікропластикових частинок у рідину.

Нещодавно проведене розслідування французької компанії виявило залежність між процесами відкриття та закриття пляшок напоїв (наприклад Соса-

Cola і Schweppes) і кількістю виділених часток пластмаси. Дві лабораторії досліджували зразки 1-літрових і 1.5-літрових пляшок після одного, десяти та двадцяти відкриттів. Аналіз інфрачервоним спектром показав наявність шести різних полімерів, хоча виробники декларують лише два: поліетилен для кришечки та поліетилентерефталат для пляшки.

Мікропластик рівномірно розподілений по планеті: він зафіксований на Евересті, льодовиках, у повітрі та воді. Скупчення мікропластику спостерігаються в регіонах з високою щільністю населення. Ця проблема є глобальною і потребує термінових дій для її мінімізації.

Дослідження показали, що нові поліпропіленові пляшечки для годування немовлят можуть вивільняти мільйони мікропластикових частинок.

У експерименті науковці стерилізували пляшечки і приготували молочну суміш при температурі 70°C. Після трясіння пляшечок для змішування було виявлено від 1 до 16 мільйонів частинок мікропластику на літр.

Дослідження також показали, що мікропластик із природних водойм легше проникає в живі клітини. Для експерименту були використані вода з прісного штучного ставка та солоного моря. Мікропластикові частинки розміром близько 3 мкм (полістирол) утримувалися у воді від двох до чотирьох тижнів. В результаті частинки покривалися оболонкою з біологічних молекул (вуглеводи, білки), що полегшувало їх поглинання клітинами.

Таким чином, мікропластик є серйозною екологічною проблемою, оскільки він проникає в харчовий ланцюг і може впливати на здоров'я людей і тварин. Незалежно від типу дієти – веганської чи м'ясної – кожен може споживати ці небезпечні частинки.

Існує думка, що частки мікропластику можуть не накопичуватися в організмах. Однак дослідження, проведене у 2020 році, показало, що після 16-тижневого експерименту з годування риби сібас (*Dicentrarchus labrax*) мікропластиком, ці частки були виявлені у тканинах риби, хоча й не було зафіксовано значного накопичення. Це дослідження, хоча й дає певне уявлення про реакцію морських риб на мікропластик, не підтверджує універсальність цих результатів, оскільки види, типи пластмаси та форми часток значно різняться.

Термін «мікропластик» був уперше введений у 2004 році морським біологом Річардом Томпсоном з Університету Плімута (Велика Британія). З того часу значно зросла кількість досліджень, які зосереджуються на можливому впливі мікропластику на організми, в тому числі й на людину. Перші знахідки мікропластику в організмі людини були зафіксовані в 2018 році, коли австрійські вчені виявили його в пробах калу у восьми осіб з різних континентів, які пили воду з пластикових пляшок та вживали продукти, упаковані в пластик.

Джерела мікропластику. Мікропластик потрапляє в організм людини через їжу, воду та повітря. Людський раціон містить різноманітні продукти, включаючи рибу, морепродукти, овочі та м'ясо, що може супроводжуватися поглинанням мікропластику. Одним з головних джерел мікропластику є пакування продуктів, особливо поліпропіленові пляшки та пакети. Пластикові упаковки можуть вивільняти мікроскопічні частинки під час використання, що

сприяє їх потраплянню в організм. Мікропластик також може потрапляти через синтетичні тканини одягу, таких як поліестер, нейлон і акрил. Під час прання таких тканин часточки мікропластику потрапляють у воду, що веде до забруднення навколишнього середовища та можливого його поглинання організмами.

Згідно з різними дослідженнями, у середньому людина може споживати до 100 000 мікроскопічних часток пластмаси на рік. Більшість з них потрапляють через пластикові пляшки та гігієнічні засоби. Однак, вивчення наслідків цього забруднення залишається недостатньо розвинутою галуззю, і існує ще багато невизначеностей щодо впливу мікропластику на здоров'я.

Накопичення та виведення мікропластику. Попри те, що мікропластик може накопичуватися в організмі, також є дослідження, які показують, що певні його частинки можуть виводитися через фекалії. Водночас деякі частки мікропластику можуть бути виявлені в різних органах людини, зокрема в легенях, кишечнику, мозку та в ротоглотці. Останні дослідження, проведені в Німеччині та Бразилії, виявили наявність мікропластику у мозку людини, зокрема в нюховій цибуліні. Це відкриття вказує на можливість проникнення мікропластику в центральну нервову систему, що може бути пов'язано з нейродегенеративними захворюваннями, такими як деменція.

Згідно з дослідженням, опублікованим у JAMA Network Open, мікропластик був виявлений у восьми з 15 мозкових розтинів людей. Це відкриття ставить питання щодо довгострокових наслідків накопичення мікропластику в організмі. І хоча частки, розміром понад 150 мкм, можуть виводитися, їхній вплив на здоров'я ще потребує більш детального вивчення.

Екологічні наслідки мікропластику. Мікропластик є стійким до біодеградації і може зберігатися в екосистемах протягом століть. Забруднення пластиком поширене в океанах, і його часточки потрапляють у пелагічні та осадові екосистеми, що порушує природний баланс. Морські організми поглинають ці частинки, що може спричиняти проблеми з травленням та інші негативні наслідки для їхнього здоров'я. Також мікропластик може накопичуватися в ґрунті, що призводить до забруднення аграрних екосистем.

Не менш важливим є той факт, що багато пластикових матеріалів є композитами, які містять біорозкладні компоненти, такі як крохмаль, який сам по собі розкладається, але зберігає пластикові частинки, що не піддаються біодеградації.

Висновок. Мікропластик має здатність як накопичуватися, так і виводитися з організму, залежно від розміру частинок. Він може проникати до організмів через різні шляхи – їжу, воду, повітря – і міститися у продуктах та речах, які ми використовуємо щодня.

Накопичення мікропластику здатне викликати токсичність і запалення, що може призводити до виникнення або посилення хвороб.

Особливо небезпечним є його проникнення в життєво важливі органи. Оскільки пластик не здатен повністю розкладатися, а лише подрібнюється та трансформується, він залишається у природі на невизначений час.

Попри проведення численних досліджень, тема мікропластику залишається недостатньо вивченою. Для ефективної боротьби з цією проблемою необхідні подальші наукові розробки, чіткі дослідження, точні інструменти та терпіння з боку науковців. Ця тема вимагає багаторічних зусиль, щоб встановити реальний вплив мікропластику на організми та розробити ефективні заходи щодо його зменшення.

Список використаної літератури

1. APA формат: DW. (2018, November 22). Вчені вперше виявили мікропластики у пробах людського калу. URL: <https://www.dw.com/uk/%D0%B2%D1%87%D0%B5%D0%BD%D1%96%D0%B2%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%8F%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D1%85%D0%BB%D1%8E%D0%B4%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%83/a-45997314>
2. APA формат: НУКА. (n.d.). Що таке мікропластик, звідки він береться та як впливає на довкілля. Наука. URL: https://nauka.ua/card/shchotake-mikroplastik-zvidki-vin-beretsya-ta-yak-vplivaye-nadovkillya?utm_source=perplexity
3. APA формат: ALWSCI. (2021, May 7). Microplastics: Invisible environmental threats. ALWSCI. URL: <https://ua.alwsci.com/news/microplastics-invisible-environmental-threats78037796.html>
4. APA формат: Ukr.media. (n.d.). Мікропластик – невидима загроза для навколишнього середовища. URL: https://ukr.media/science/418848/?utm_source=perplexity
5. APA формат: Pravda. (2020, May 8). Вчені знайшли мікропластик у судинах людей з атеросклерозом. Pravda. URL: https://life.pravda.com.ua/health/vcheni-znayshli-mikroplastik-u-sudinahlyudey-z-aterosklerozom-300507/?utm_source=perplexity
6. APA формат: Glavcom. (2022, December 2). Людський мозок дедалі більше потерпає від мікропластику – дослідження. Glavcom. URL: https://glavcom.ua/world/observe/ljudskij-mozok-dedali-bilshe-poterpajevid-mikroplastiku-doslidzhennja-1018354.html?utm_source=perplexity
7. APA формат: NoWaste. (n.d.). Мікропластик: страшний чи ні? NoWaste. URL: https://nowaste.com.ua/mikroplastyk-strashnyi-chyni/?utm_source=perplexity
8. APA формат: Poglyad. (n.d.). Вчені з'ясували, яким саме чином мікропластик шкодить риbam. Poglyad. URL: https://poglyad.tv/vcheni-zyasuvaly-yakym-same-chynom-mikroplastyk-shkodyt-rybamarticle?utm_source=perplexity
9. APA формат: UNIAN. (2022, September 7). Мікропластик в організмі людини: вчені зробили нове відкриття. UNIAN. URL: https://www.unian.ua/science/mikroplastik-v-organizmi-lyudini-vchenizrobiti-nove-vidkrittya-12760191.html?utm_source=perplexity

10. APA формат: Zaborona. (2021, June 16). Вчені знайшли часточки пластику в організмі людини: наскільки це небезпечно. Zaborona. URL: <https://zaborona.com/vcheni-znajshly-chastochky-plastyku-v-organizmilyudyny-naskilky-cze-nebezpechno/>

11. APA формат: UNIAN. (2022, June 27). Мікропластик у крові: пов'язаний з інсультом, серцевим нападом і ранньою смертю — дослідження. UNIAN. URL: https://www.unian.ua/health/mikroplastik-ukrovi-pov-yazaniy-z-insultom-sercevim-napadom-i-rannoyu-smertyudoslidzhennya-12566634.html?utm_source=perplexity

12. APA формат: [Sud.ua](https://sud.ua/). (2023, May 19). Кожне відкручування пластикової пляшки кришить у воду мікропластик: нове дослідження. URL: [Sud.uahttps://sud.ua/uk/news/obshchestvo/308838kazhdoe-otkruchivanie-plastikovoy-butyli-kroshit-v-vodumikroplastik-novoe-issledovanie?utm_source=perplexity](https://sud.ua/uk/news/obshchestvo/308838kazhdoe-otkruchivanie-plastikovoy-butyli-kroshit-v-vodumikroplastik-novoe-issledovanie?utm_source=perplexity)

Назар ДАВИДЕНКО⁴⁴,
студент 1-го року навчання
освітнього ступеня магістр,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ Агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

***Анотація.** Досліджено, що воєнні дії в Україні мають значний негативний вплив на стан ґрунтів, спричиняючи їх хімічне, фізичне та біологічне забруднення. Основними джерелами забруднення є вибухові речовини, важкі метали, залишки нафтопродуктів, уламки військової техніки та боєприпасів. Руїнування інфраструктури, зокрема промислових підприємств, складів з хімічними речовинами та нафтобаз, призводить до потрапляння токсичних сполук у ґрунтовий покрив. Крім того, порушення природного ґрунтового шару під час бомбардувань і артилерійських обстрілів змінює його структуру, знижує родючість та спричиняє ерозійні процеси. Внаслідок бойових дій ґрунти забруднюються важкими металами (свинцем, кадмієм, міддю, нікелем, хромом), вибуховими речовинами (тротилом, гексогеном), нафтопродуктами та радіоактивними елементами. Токсичні речовини можуть проникати в ґрунтові води, поширюючись у навколишнє середовище та загрожуючи здоров'ю населення. Деградація ґрунтів також ускладнює відновлення сільськогосподарських угідь після закінчення війни. Оцінка рівня забруднення потребує проведення комплексного моніторингу, включаючи лабораторний аналіз проб ґрунту, дистанційне зондування та екологічне картування.*

⁴⁴ Науковий керівник – Врадій О.І., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

Основними методами відновлення є рекультивація земель, використання сорбентів для видалення токсичних речовин, фіторе mediaція (очищення ґрунтів рослинами) та застосування біотехнологічних методів. Дослідження забруднення ґрунтів під час війни є важливим для розробки ефективних стратегій їхнього відновлення та мінімізації екологічних ризиків. Відновлення земель потребує комплексного підходу, що включає оцінку рівня забруднення, розробку методів ремедіації та впровадження державних екологічних програм.

Annotation. It has been studied that, military operations in Ukraine have a significant negative impact on the condition of soils, causing their chemical, physical and biological pollution. The main sources of pollution are explosives, heavy metals, residues of petroleum products, fragments of military equipment and ammunition. The destruction of infrastructure, in particular industrial enterprises, warehouses with chemicals and oil depots, leads to the ingress of toxic compounds into the soil cover. In addition, the disturbance of the natural soil layer during bombing and artillery shelling changes its structure, reduces fertility and causes erosion processes. As a result of military operations, soils are contaminated with heavy metals (lead, cadmium, copper, nickel, chromium), explosives (TNT, hexane), petroleum products and radioactive elements. Toxic substances can penetrate groundwater, spreading into the environment and threatening public health. Soil degradation also complicates the restoration of agricultural lands after the end of the war. Assessment of the level of contamination requires comprehensive monitoring, including laboratory analysis of soil samples, remote sensing and environmental mapping. The main restoration methods are land reclamation, the use of sorbents to remove toxic substances, phytoremediation (cleaning of soils with plants) and the application of biotechnological methods. Research on soil contamination during the war is important for developing effective strategies for their restoration and minimizing environmental risks. Land restoration requires an integrated approach, including assessing the level of contamination, developing remediation methods and implementing state environmental programs.

Вступ. Воєнні дії на території України спричинили значний негативний вплив на навколишнє середовище, зокрема на стан ґрунтового покриву. Внаслідок активних бойових дій, вибухів, руйнування інфраструктури, використання важкої військової техніки та потрапляння у довкілля шкідливих хімічних речовин ґрунти зазнали інтенсивного забруднення. Основними джерелами забруднення є важкі метали, вибухові речовини, нафтопродукти, токсичні хімікати та радіоактивні елементи, які потрапляють у ґрунтовий покрив, змінюючи його фізико-хімічні властивості та біологічну активність. Забруднення ґрунтів має довготривалі наслідки для екологічної безпеки, сільського господарства, здоров'я населення та відновлення економіки після війни. Накопичення токсичних речовин у ґрунті призводить до їхнього потрапляння у водні ресурси та харчові ланцюги, що підвищує ризик отруєнь та захворювань серед людей і тварин. Оцінка рівня забруднення є ключовим етапом

у розробці ефективних методів відновлення деградованих земель та мінімізації екологічних ризиків.

Метою статті є проведення комплексної оцінки забруднення ґрунтів в Україні внаслідок воєнних дій, визначення основних джерел і видів забруднення, аналіз наслідків для довкілля та здоров'я людини, а також розгляд сучасних методів моніторингу й стратегій відновлення пошкоджених земель.

Виклад основного матеріалу. Воєнні дії спричиняють значні екологічні наслідки, зокрема масштабне забруднення ґрунтів токсичними речовинами. Внаслідок вибухів, пожеж, руйнування промислових об'єктів та військової техніки у довкілля потрапляють важкі метали, вибухові речовини, нафтопродукти, а в окремих випадках – радіоактивні елементи. Ці забруднювачі змінюють хімічний склад ґрунту, знижують його родючість, отруюють водні ресурси та створюють небезпеку для здоров'я людини й біорізноманіття. Військові дії є джерелом забруднення ґрунтів такими важкими металами, як: свинець (Pb) – міститься у боєприпасах, вибухових речовинах, уламках військової техніки. Викликає токсичне отруєння рослин і тварин, може потрапляти у ґрунтові води.

Кадмій (Cd) – накопичується у ґрунті внаслідок вибухів та горіння військової техніки, токсичний для живих організмів.

Мідь (Cu) – входить до складу броні, електроніки, боєприпасів, може впливати на мікроорганізми ґрунту та сповільнювати біологічні процеси.

Нікель (Ni) – міститься у військовій техніці, металевих конструкціях, накопичується у верхніх шарах ґрунту.

Хром (Cr) – використовується у сплавах, при потраплянні у ґрунт у великій кількості токсичний для рослин.

Ртуть (Hg) – отруйний метал, який може потрапляти у ґрунт при руйнуванні промислових об'єктів, що зберігають хімічні сполуки [1].

Важкі метали мають властивість накопичуватися в ґрунті, повільно розкладатися та потрапляти у харчові ланцюги, що створює довгострокову загрозу для довкілля. Бойові дії супроводжуються використанням вибухівки, яка залишає сліди токсичних хімічних сполук у ґрунті:

- Тротил (TNT) – канцерогенна сполука, яка довго зберігається у ґрунті та може проникати у ґрунтові води.
- Гексоген (RDX) – вибухова речовина, що забруднює ґрунт токсичними сполуками, уповільнює ріст рослин.
- Продукти детонації (оксиди азоту, чадний газ, бензапірен) – забруднюють атмосферу, осідають у ґрунті та воді, змінюють рН середовища.

Ці сполуки не тільки змінюють хімічний баланс ґрунту, а й впливають на його мікробіологічний склад, порушуючи природні процеси самоочищення.

Військові дії спричиняють розливи пального, мастил та інших горючих матеріалів, що забруднюють ґрунти. Основні джерела таких забруднень:

- Залишки пального (дизельне паливо, бензин, авіаційний керосин) – утворюють стійку нафтову плівку, що порушує доступ кисню до ґрунтових шарів.

- Мастильні матеріали – містять важкі вуглеводні, що токсично впливають на мікрофлору ґрунту.

- Горючі суміші (наприклад, напалм, фосфорні боеприпаси) – створюють зони екологічної катастрофи, випалюючи органічну речовину та роблячи ґрунт непридатним для сільськогосподарського використання [2].

Нафтопродукти змінюють структуру ґрунту, порушують водопроникність та утворюють токсичні відкладення, які можуть залишатися в довкіллі десятиліттями. Під час воєнних дій відбувається масове руйнування підприємств, які зберігають небезпечні речовини. Це спричиняє: потрапляння у ґрунт токсичних відходів хімічної промисловості; виливи нафтопродуктів із резервуарів та нафтобаз; забруднення ґрунту важкими металами із зруйнованих виробничих споруд; потрапляння у довкілля агрохімікатів (пестицидів, добрив) зі складів сільськогосподарських підприємств. Внаслідок атак на об'єкти критичної інфраструктури, пов'язані з атомною енергетикою, існує ризик радіоактивного забруднення ґрунтів. Можливі джерела включають: руйнування сховищ відходів ядерного палива; витік радіоактивних матеріалів при атаках на атомні електростанції; переміщення радіоактивного пилу внаслідок артилерійських обстрілів та вибухів. Наслідки такого забруднення можуть мати довгостроковий характер, оскільки радіонукліди (цезій-137, стронцій-90, плутоній) мають високий період напіврозпаду та здатні накопичуватися в ґрунті протягом десятків і навіть сотень років. Забруднення ґрунтів під час воєнних дій є однією з найсерйозніших екологічних проблем сучасної України. Важкі метали, вибухові речовини, нафтопродукти та радіоактивні елементи, що потрапляють у довкілля, завдають непоправної шкоди сільському господарству, водним ресурсам та здоров'ю населення. Для зменшення наслідків необхідно впроваджувати ефективні методи моніторингу, рекультивації та екологічного відновлення забруднених територій. Воєнні дії в Україні спричинили масштабне забруднення ґрунтового покриву, що матиме довготривалі наслідки для екосистеми, продовольчої безпеки та здоров'я населення [3].

- Зменшення пористості та водопроникності – ущільнення ґрунту під вагою військової техніки та вибухів зменшує здатність ґрунту до поглинання вологи, що призводить до ерозії.

- Зміна кислотно-лужного балансу – продукти горіння, залишки боеприпасів та хімічні сполуки можуть підвищувати кислотність або лужність ґрунтів, роблячи їх непридатними для сільського господарства.

- Зниження вмісту органічних речовин – військові дії руйнують рослинний покрив, що призводить до зменшення гумусу та погіршення родючості.

Забруднення ґрунтів спричиняє потрапляння небезпечних речовин у рослини, воду та, зрештою, в організми людей і тварин:

- Важкі метали проникають у кореневу систему рослин, накопичуються у злаках, овочах і фруктах та потрапляють до організму людини.

- Нафтопродукти та вибухові речовини можуть накопичуватися в ґрунтах, отруювати сільськогосподарську продукцію та впливати на здоров'я населення.

- Біоаккумуляція токсичних речовин у тваринних організмах – худоба, що пасеться на забруднених територіях або п’є воду з отруєних джерел, накопичує небезпечні речовини у м’ясі та молочній продукції.

Забруднення ґрунтів тісно пов’язане зі станом водних ресурсів, оскільки шкідливі речовини проникають у річки, озера та підземні водоносні горизонти. Основні ризики:

- Промивання забруднювачів у ґрунтові води – токсичні речовини можуть потрапляти у колодязі та водозабірні системи, спричиняючи отруєння населення.

- Поверхневий стік отруйних речовин – після дощів або танення снігу забруднюючі речовини змиваються у річки, що призводить до загибелі водних організмів.

- Зміни хімічного складу води – підвищення концентрації нітратів, сульфатів, важких металів може спричинити екологічні катастрофи та дефіцит чистої питної води [4].

Забруднення ґрунтів має прямий вплив на здоров’я людей, оскільки токсичні речовини можуть викликати: онкологічні захворювання – важкі метали та канцерогенні речовини підвищують ризик розвитку раку; отруєння та хронічні захворювання – споживання продуктів, забруднених свинцем або кадмієм, може спричинити ураження нирок, печінки та нервової системи; зниження імунітету та хронічні інтоксикації – токсичні елементи можуть накопичуватися в організмі, викликаючи порушення роботи внутрішніх органів; знищення екосистем – токсичні сполуки у ґрунті негативно впливають на мікрофлору, викликаючи зникнення корисних бактерій та організмів, що забезпечують природне відновлення землі. Один із найсерйозніших наслідків забруднення ґрунтів під час війни – втрата родючих земель. Основні проблеми:

- Зменшення вмісту гумусу – забруднення ґрунту та його ерозія знижують природну здатність до відновлення.

- Зниження врожайності – на токсичних ґрунтах погіршується ріст сільськогосподарських культур, зменшується кількість та якість врожаю.

- Неможливість використання земель для аграрного виробництва – деякі території можуть бути повністю втрачені через радіоактивне забруднення або хімічні токсини.

- Економічні втрати для аграрного сектору – значне скорочення площ орних земель та зростання витрат на їхню рекультивацію впливають на продовольчу безпеку та економіку країни [3].

Воєнні дії в Україні завдали серйозної шкоди екологічному стану ґрунтів, що матиме тривалі наслідки для сільського господарства, водних ресурсів та здоров’я населення. Для подолання негативних ефектів необхідні комплексні заходи з очищення та рекультивації забруднених земель, проведення моніторингу рівня забруднення, запровадження екологічних технологій та ефективне управління постконфліктним відновленням. Оцінка забруднення ґрунтів у воєнний час потребує комплексного підходу, що поєднує традиційні лабораторні методи з сучасними технологіями моніторингу та картографування.

Методи оцінки забруднення ґрунтів під час війни в Україні:

1. Лабораторний аналіз – визначення рівня важких металів, нафтопродуктів, вибухових речовин та інших токсичних забруднювачів.

2. Дистанційне зондування – використання супутникових знімків і дронів для виявлення змін у ґрунтовому покриві.

3. Геоінформаційні технології (ГІС) – картографування забруднених територій та аналіз розповсюдження токсичних речовин.

4. Біоіндикатори – оцінка стану рослин і мікроорганізмів, що сигналізують про наявність забруднення.

5. Моніторинг динаміки забруднення – довготривале спостереження за змінами у складі ґрунтів під час війни та після її завершення [6].

Комплексне застосування цих методів дозволяє отримати точні дані для оцінки впливу воєнних дій на ґрунти та розробити ефективні стратегії їхнього відновлення. Воєнні дії в Україні спричинили значне забруднення ґрунтів важкими металами, вибуховими речовинами, нафтопродуктами та іншими токсичними речовинами. Це загрожує екологічній безпеці, сільському господарству та здоров'ю населення. Відновлення деградованих земель вимагає застосування комплексних підходів, що поєднують механічні, хімічні та біологічні методи ремедіації. Один із найбільш поширених способів – механічна рекультивация, яка включає видалення забрудненого шару ґрунту, розпушення ущільнених ділянок і засипку чистого ґрунту. Цей метод ефективний для локалізації та усунення найбільш небезпечних забруднювачів, проте потребує значних ресурсів і є доцільним лише на обмежених територіях.

Хімічні методи очищення передбачають використання сорбентів, що зв'язують токсини, або реагентів для нейтралізації забруднюючих речовин. Наприклад, цеоліти та активоване вугілля здатні ефективно поглинати важкі метали, а хімічне закріплення допомагає зменшити їхню мобільність у ґрунті.

Біологічні методи, такі як фіторемердіація та мікробіологічне очищення, спрямовані на природне відновлення ґрунтів. Деякі рослини, зокрема соняшник, гірчиця та коноплі, здатні накопичувати важкі метали, очищуючи ґрунт. Використання спеціальних мікроорганізмів також сприяє розкладу органічних забруднювачів, таких як нафтопродукти та вибухові речовини [7].

Комплексний підхід, що поєднує кілька методів залежно від характеру забруднення, є найбільш ефективним для відновлення екосистем. Державна підтримка та міжнародна допомога відіграють важливу роль у впровадженні таких ініціатив, забезпечуючи необхідні ресурси та технологічні можливості. Тільки завдяки системному підходу можна повернути родючість українських земель і забезпечити екологічну безпеку майбутніх поколінь.

Висновок. Отже, воєнні дії в Україні спричинили масштабне забруднення ґрунтів, що загрожує екологічній безпеці, сільському господарству та здоров'ю населення. Основними причинами цього явища є потрапляння у ґрунт важких металів, вибухових речовин, нафтопродуктів та токсичних хімікатів через обстріли, руйнування промислових об'єктів і військову техніку. Наслідки включають деградацію ґрунтів, накопичення токсинів у харчових ланцюгах, забруднення водних ресурсів та зниження родючості земель. У цьому контексті

особливого значення набуває екологічний моніторинг та контроль забруднення. Впровадження сучасних методів оцінки стану ґрунтів, включаючи лабораторний аналіз, дистанційне зондування та використання біоіндикаторів, дозволить оперативно виявляти та оцінювати рівень забруднення. Для мінімізації негативних наслідків необхідно впроваджувати ефективні методи очищення й відновлення земель, такі як механічна рекультивация, хімічні та біологічні методи ремедіації. Комплексний підхід, що поєднує ці технології, забезпечить поступове відновлення забруднених територій.

Подальші дослідження у сфері екологічної безпеки мають бути спрямовані на розробку інноваційних методів очищення ґрунтів та моніторинг їхнього стану в динаміці. Важливою є також міжнародна співпраця у сфері екологічного відновлення, залучення фінансової та науково-технічної підтримки.

Список використаної літератури

1. Брус В.В., Ващенко Д.О., Кришталь Т.М. Поняття та структура збитків від наслідків війни. Гуманітарний дискурс суспільних проблем: минуле, сучасне, майбутнє: Матеріали Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю. 21 квітня 2022 року, м. Черкаси. Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2022. 294 с.

2. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Київ: ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.

3. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України. Київ: ГО Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 154 с.

4. Третяк А.М., Третяк В.М., Капінос Н.О., Гетманьчик І.П., Третяк Р.А. Землевпорядкування та оцінка нанесеної шкоди землевпорядкуванню на територіях, що зазнали військових дій в Україні. Агросвіт. 2022. №11-12. С.3-11.

Вікторія ЖУРБЕЛЮК⁴⁵,
студентка 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та
садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ЗДОРОВ'Я, ДОВКІЛЛЯ ТА АСТРОНОМІЮ: КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ

***Анотація.** Світлове забруднення, яке визначається як небажане або надмірне штучне освітлення, становить значну загрозу навколишньому*

⁴⁵ Науковий керівник – Мазур О.В., асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

середовищу та здоров'ю. Він порушує природні цикли світла, впливає на здоров'я людини, змінюючи режим сну, і ставить під загрозу дику природу, зокрема перелітних птахів і морських черепах. Крім того, він заважає астрономічним дослідженням, закриваючи нічне небо. У цій статті розглядаються причини та наслідки світлового забруднення, наголошується на його зв'язку з витратами енергії, забрудненням повітря та його руйнівним впливом на екосистеми та добробут людей. Грунтуючись на останніх дослідженнях, ми також досліджуємо можливі рішення для пом'якшення цієї зростаючої проблеми.

Annotation. *Light pollution, defined as unwanted or excessive artificial lighting, poses a significant environmental and health threat. It disrupts natural light cycles, affects human health by altering sleep patterns, and endangers wildlife, particularly migratory birds and sea turtles. Furthermore, it impedes astronomical research by obscuring the night sky. This article examines the causes and consequences of light pollution, highlighting its connection to energy waste, air pollution, and its disruptive effects on ecosystems and human well-being. Based on recent studies, we also explore potential solutions for mitigating this growing issue.*

Вступ. Світлове забруднення є зростаючою екологічною проблемою, спричиненою надмірним штучним освітленням, яке порушує природне нічне середовище. Як і шумове забруднення, світлове забруднення негативно впливає як на здоров'я людини, так і на дику природу, втручаючись у циркадні ритми та природні моделі поведінки. Джерело цієї проблеми часто криється в неефективному або неправильно спрямованому освітленні, включаючи вуличні ліхтарі, зовнішню рекламу та приватні освітлювальні установки. Оскільки світло в основному генерується за рахунок електроенергії, яка часто походить від спалювання викопного палива, існує також непрямий зв'язок між світловим забрудненням і забрудненням повітря від електростанцій. Боротьба зі світловим забрудненням може зменшити споживання енергії, знизити рівень забруднення повітря та відновити природне нічне середовище.

Виклад основного матеріалу. Недавні дослідження показали, що штучне освітлення вночі порушує циркадні ритми, пригнічуючи секрецію мелатоніну, гормону, необхідного для регуляції сну. Зниження рівня мелатоніну пов'язане з підвищеним ризиком депресії, метаболічних розладів, таких як ожиріння, і серцево-судинних захворювань. Крім того, дослідження показують, що світлове забруднення має значний вплив на дику природу. Перелітні птахи, які орієнтуються за допомогою природних джерел світла, таких як зірки чи місяць, особливо вразливі. Штучне світло дезорієнтує їх, що призводить до зіткнення з будівлями та іншими міськими спорудами. За даними Американських організацій з охорони птахів, чотири мільйони птахів щорічно гинуть у Сполучених Штатах через зіткнення з яскраво освітленими будівлями. Крім того, світлове забруднення було визначено як один із головних факторів зменшення популяції багатьох видів співочих птахів за останні десятиліття (рис. 1).



Рис.1. Американська організація охорони птахів

Морські черепахи – ще одна група, на яку значно впливає світлове забруднення. Самки черепах зазвичай повертаються на пляжі, де вони народилися, щоб відкласти яйця, але яскраве світло заважає їм це робити. Це змушує їх вибирати менш сприятливі місця для гніздування, зменшуючи шанси на успішне вилуплення. Коли черепахенята з'являються на світ, їх часто дезорієнтує штучне освітлення, що відводить їх від океану на сушу, де вони стикаються з такими загрозами, як зневоднення, хижацтво або дорожньо-транспортні пригоди. Дослідники підрахували, що штучне освітлення спричиняє загибель десятків тисяч молодих морських черепах щорічно, створюючи серйозну проблему для зусиль щодо збереження (рис. 2).



Рис.2. Штучне світло вночі

Окрім біологічного впливу, світлове забруднення також є значною перешкодою для астрономічних досліджень.

Світлове забруднення, спричинене вуличними ліхтарями та іншими джерелами штучного освітлення, є складним явищем, яке включає кілька основних механізмів поширення світла.

1. Поширення світла у верхні шари атмосфери: Частина світлових променів спрямовується вгору та проходить через атмосферу Землі. Ці промені можуть бути зафіксовані супутниками, що пролітають над нічною стороною планети.

2. Відбивання та розсіювання в атмосфері: Деякі з цих променів, зустрічаючи частинки пилу або молекули в атмосфері, розсіюються і повертаються до земної поверхні. Це явище створює "світловий ореол" чи "світіння неба", характерний для урбанізованих районів і добре помітний над містами.

3. Відбиття від земної поверхні: Промені, спрямовані вниз, частково відбиваються від різних поверхонь – дорожнього покриття, будівель, води тощо, і повертаються у верхні шари атмосфери. Це відбите світло також може бути зафіксоване супутниками.

Ці процеси не лише знижують якість спостережень, але й сприяють енергетичним втратам та погіршенню екологічних умов, підкреслюючи важливість зменшення світлового забруднення (рис. 3).

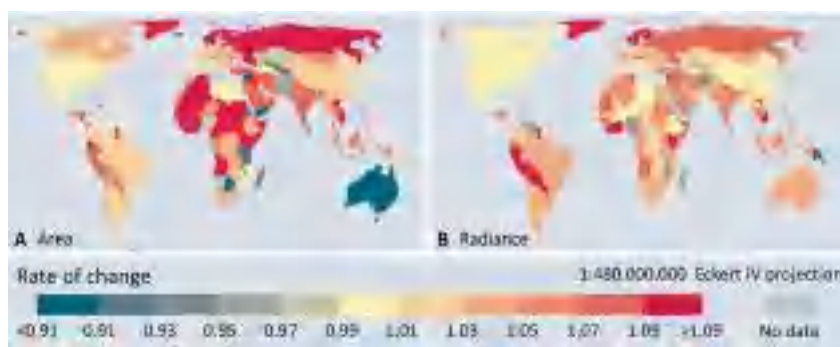


Рис.3. Штучно освітлена поверхня землі вночі збільшує яскравість і протяжність

Динаміка змін нічних вогнів на Землі протягом 2012-2016 років. Карта зліва показує зміну в районі суші, показуючи ознаки штучного світла, видимого з космосу, а карта праворуч показує, наскільки змінилася яскравість світла. Червоні кольори означають збільшення освітленої площі та/або яскравості протягом досліджуваного періоду, а сині кольори – зменшення. Жовті зони залишилися без змін.

Шляхи зменшення світлового забруднення

Для мінімізації світлового забруднення рекомендується:

1. Використання екранованих світильників: світильники, що спрямовують світло вниз, зменшують розсіювання світла в атмосфері.

2. Встановлення датчиків руху та таймерів: це дозволяє освітлювати території лише тоді, коли це необхідно, зменшуючи тривалість роботи освітлювальних приладів.

3. Вибір відповідної інтенсивності та кольору світла: тепле світло менш шкідливе для навколишнього середовища та здоров'я людини.

Світлове забруднення – це багатогранна проблема, яка має широкий вплив на здоров'я людини, довкілля та наукові дослідження. Його вплив на здоров'я людини через порушення режиму сну та циркадних ритмів добре задокументовано. Зростаюча поширеність таких захворювань, як безсоння, депресія та ожиріння, пов'язана з впливом штучного освітлення вночі. Крім того, популяція диких тварин, особливо перелітних птахів і морських черепах, скорочується через дезорієнтацію та зміни в природній поведінці. Негативний вплив на ці види підкреслює нагальність вирішення проблеми світлового забруднення як екологічної проблеми.

З екологічної точки зору, світлове забруднення – це не просто неприємність, а значний фактор зміни екосистем. Міграційні моделі птахів і репродуктивні цикли морських черепах порушуються через надмірне штучне освітлення, що призводить до довгострокових наслідків для біорізноманіття. У той же час вплив світлового забруднення на астрономію є настільки ж глибоким. Здатності спостерігати за небесними тілами перешкоджає розсіювання штучного світла в атмосфері, яке можна пом'якшити, лише зменшивши непотрібні джерела світла.

Висновок. Світлове забруднення є серйозною проблемою для навколишнього середовища та здоров'я, яка потребує негайної уваги. Його негативний вплив на здоров'я людей, дику природу та наукові дослідження підкреслюють необхідність ефективних заходів щодо зменшення штучного освітлення та збереження природного нічного середовища. Такі стратегії, як використання енергоефективного освітлення, перенаправлення світла для уникнення непотрібного впливу та підвищення обізнаності громадськості, можуть допомогти пом'якшити наслідки світлового забруднення. Оскільки урбанізація триває, вкрай важливо збалансувати розвиток із стійкістю навколишнього середовища, щоб гарантувати, що як люди, так і дика природа можуть процвітати в більш здоровому та природному світі. Зменшення

світлового забруднення – це не лише відновлення нашого нічного неба, а й збереження благополуччя всіх живих істот на Землі.

Список використаної літератури

1. Світло. URL: <https://abcbirds.org/> (19.02.25)
2. DarkSky International. Artificial Light at Night: State of the Science 2024. DOI: 10.5281/zenodo.11431447.
3. Kyba, C.C.M., et al. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. Science Advances. 2017. № 3 (11). DOI: 10.1126/sciadv.1701528.
4. Вікіпедія – Світлове забруднення. URL: <https://5watt.ua/uk/blog/statti/fakti-pro-svitlove-zabrudnennya> (21.02.25)

Олександр САНДУЛЯК⁴⁶,
студент 1-го року навчання
освітнього ступеня магістр,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ТИВРІВСЬКОГО ЛІСНИЦТВА

***Анотація.** Дослідженнями встановлено, що нематеріальний складник природно-ресурсного потенціалу лісу включає комплекс потенційних можливостей щодо збереження природного балансу території (екологічний потенціал) і можливостей створювати сприятливі умови для життєдіяльності людини (соціальний потенціал).*

Тиврівське лісництво філії «Вінницьке лісове господарство» ДП Ліси України розташоване в межах Тиврівської селищної територіальної громади, площею 2044 га. Основна господарська діяльність Тиврівського лісництва полягає у лісозаготівельних послугах, послугах освітлення, розчистки, прохідних, вибіркових та санітарних рубок, трелювання, підвезення деревини, послуги, пов'язані з лісовими культурами. Оцінка екологічного стану лісових екосистем Тиврівського лісництва підтверджує той, факт, що лісові екосистеми щороку на різних площах попадають під пожежі, що є негативним фактором розвитку лісництва. Також на площі 35 га виявлено осередки розповсюдження шкідників та хвороб у залісненнях, що уражуються різного роду пестицидами, які є небажаними у застосуванні їх в лісівництві, будь яких площ.

За результатами проведених нами досліджень, видно, як порівнюючи зразки ґрунту для екотоксикологічної оцінки стану ґрунтів лісових екосистем у

⁴⁶Науковий керівник – Врадій О.І., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

1-му досліджуваному зразку концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була вища у порівнянні із 2-им досліджуваним зразком у 1,44, 3,41, 1,97 та 1,18 раз відповідно та в обох зразках межах норми ГДК. Для більш точної оцінки екологічного стану лісових екосистем нами також розраховано коефіцієнт небезпеки важких металів. Найвищим коефіцієнтом небезпеки у 1-му зразку був показник по Cd – 0,58. В порівнянні із Pb, Zn та Cu у 1,65, 1,65 та 1,52 раз відповідно. У 2-му зразку найвищим виявився показник коефіцієнта небезпеки по Cu – 0,32, він був вищим в порівнянні із Pb, Cd та Zn у 1,33, 1,88 та 1,88 раз відповідно.

Annotation. Research has established that the intangible component of the natural resource potential of the forest includes a complex of potential opportunities for preserving the natural balance of the territory (ecological potential) and opportunities to create favorable conditions for human life (social potential).

The Tyvriv Forestry of the Vinnytsia Forestry Branch of the State Enterprise Forests of Ukraine is located within the Tyvriv settlement territorial community, with an area of 2044 hectares. The main economic activity of the Tyvriv Forestry is logging services, lighting services, clearing, through, selective and sanitary felling, skidding, timber transportation, services related to forest crops. The assessment of the ecological state of forest ecosystems of the Tyvriv Forestry confirms the fact that forest ecosystems are affected by fires in various areas every year, which is a negative factor in the development of forestry. Also, on an area of 35 hectares, foci of pest and disease distribution were detected in afforestations affected by various types of pesticides, which are undesirable in their application in forestry, any areas.

According to the results of our research, it can be seen that when comparing soil samples for ecotoxicological assessment of the state of soil in forest ecosystems in the 1st studied sample, the concentration of Pb, Cd, Zn and Cu was higher in comparison with the 2nd studied sample by 1.44, 3.41, 1.97 and 1.18 times, respectively, and in both samples within the limits of the MPC norm. For a more accurate assessment of the ecological state of forest ecosystems, we also calculated the hazard coefficient of heavy metals. The highest hazard coefficient in the 1st sample was the indicator for Cd - 0.58. Compared with Pb, Zn and Cu by 1.65, 1.65 and 1.52 times, respectively. In the 2nd sample, the highest hazard coefficient indicator for Cu was 0.32, it was higher compared to Pb, Cd and Zn by 1.33, 1.88 and 1.88 times, respectively.

Вступ. Ліси посідають значне місце в Порядку денному до 2030 р. та є об'єктами сталого розвитку (15 ціль сталого розвитку). Значення лісових екосистем важко недооцінити: вони – джерело їжі, ліків, біопалива для понад 1 млрд населення, володіють захисними функціями, містять понад три чверті світового наземного біорозмаїття, протидіють сучасній зміні клімату, сприяють соціально-економічному розвитку територій, забезпечують робочими місцями, приносять прибуток для десятків мільйонів людей [1].

Достовірна інформація про стан лісових екосистем є надзвичайно важливою для моніторингу прогресу в досягненні Цілей сталого розвитку на національному рівні, а також визначення внеску країн у Паризьку угоду про

зміну клімату, Глобальні лісові цілі та 6 цілей стратегічного плану ООН для лісів на 2017–2030 рр. Загальна площа лісів у світі – 4,06 млрд га (еквівалентно 0,52 га на людину), що становить 31% площі землі, проте їх площі зменшуються (з 1990 р. втрати становили 178 млн га, що дорівнює території Лівії), як і загальний запас (з 560 млрд м³ у 1990 р. до 557 млрд м³ у 2020 р.). Лісові екосистеми піддані багатьом деградаційним процесам (пожежі, пошкодження шкідниками, хворобами та погодними явищами), що негативно впливають на них і призводять до нездатності повною мірою виконувати екосистемні функції [2-4].

Важливе місце в природному потенціалі України займає природноресурсний потенціал лісу. У наукових дослідженнях природноресурсний потенціал визначається як можливість лісу задовольнити потреби суспільства в предметах праці та сировині для суспільного виробництва і кількісно оцінюється за оптовими цінами 1 м³ деревини, перемноженими на її середньорічний приріст з урахуванням регіональних відмінностей якості [5].

Ліс створює як матеріальні, так і нематеріальні ресурси, які проявляються через загальноприродні і соціальні функції лісу. Все це мотивує до ґрунтовних наукових досліджень нематеріального складника природно-ресурсного потенціалу лісу, а саме екологічного та соціального [6].

Виклад основного матеріалу. Тиврівське лісництво, площею 2044 га, входить до складу філії «Вінницьке лісове господарство» ДП «Ліси України» і розташоване в південно-західній його частині на території Вінницького адміністративного району.

Лісовпорядкування проведено Вінницькою експедицією Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання Державного комітету лісового господарства України. Роботи виконувалися за I розрядом відповідно до вимог Лісового кодексу України, чинної лісовпорядної інструкції та рішень I лісовпорядної наради. Лісові масиви лісництва розташовані на території лісостепової області Подільського Побужжя.

Тривалість вегетаційного періоду 211 днів. Середньорічна температура повітря +7,8°C, мінімальна -30,1°C. Пізні весняні заморозки можливі до 28 травня, а ранні з 24 вересня. Середньорічна кількість опадів 554 мм. За час вегетаційного періоду випадає 49% опадів. Середня глибина промерзання ґрунту 24 см, максимальна 34 см. Постійний сніговий покрив встановлюється з 17 грудня. Сніг тане з 28 березня. Вітри переважають північно-західні і південно-східні. Переважаючі типи ґрунтів світло-сірі і темно-сірі лісові, а також зустрічаються дерново-глеєві.

Розподіл площі за породним складом:

Сосна звичайна – 25%;

Дуб звичайний – 26%;

Вільха чорна – 30%;

Інші породи – 19%.

Структура лісництва:

Лісничий – Густий Микола Васильович;

Помічник лісничого – Лановенко Вадим Сергійович.

Основна господарська діяльність Тиврівського лісництва полягає у лісозаготівельних послугах, послугах освітлення, розчистки, прохідних, вибіркових та санітарних рубок, трелювання, підвезення деревини, послуги, пов'язані з лісовими культурами.

Зокрема за минулий рік Тиврівське лісництво заготовило 1275 м³ лісоматеріалів, що становить 0,61 % від загальнообласного показника підприємств ДП «Ліси України». У тому числі обсяг заготівлі круглих лісоматеріалів склав 298 м³. Це складає 0,4 % від загальнообласного показника. Дров'яна деревина промислового використання становила 95 м³. У загальнообласному масштабі це склало 0,4 %, а дров'яна деревина непромислового використання за обсягом становила 878 м³, що складає 0,9 %. Обсяг заготовленого хмизу лісництвом склав 84 м³. У загальнообласному масштабі це становить 2,9 %.

Таким чином проведений аналіз показав, що Тиврівське лісництво не є потужним виробником лісової продукції у межах Вінницької області серед філій мережі ДП Ліси України. Підприємство переважно здійснює санітарну розчистку деревних ресурсів, про що вказує більший, порівняно із загальнообласним показником, обсяг заготівлі хмизу і дров'яної деревини непромислового використання. Обсяг реалізованих лісоматеріалів за звітний період Тиврівського лісництва становив 2451 м³. Це склало 1,4 % від загальнообласного показника. Зокрема було реалізовано 244 м³ дров'яної деревини промислового використання, що склало 0,7 % від загальнообласного показника, 1845 м³ дров'яної деревини непромислового використання, що становить 1,9 % у загальнообласному масштабі. Обсяг реалізації хмизу склав 85 м³. У структурі реалізації хмизу усіма філіями «Вінницького лісового господарства» ДП Ліси України, частка Гніванського лісництва становить 3,9 %.

Екологічна характеристика стану лісових екосистем Тиврівського лісництва включає в себе оцінку пошкодженості лісових екосистем, внаслідок лісових пожеж, внесення пестицидів, наявності осередків шкідників та хвороб (табл. 1.).

Таблиця 1. Наявність осередків шкідників та хвороб та площа лісових земель пройдена пожежами у лісах Тиврівського лісництва

Екологічна характеристика	Площа на початок року, га	Всього, га	Площа на кінець року, га
Наявність осередків шкідників та хвороб	17	35	35
Площа лісових земель пройдена пожежами	31	41	41

В теплу та сонячну погоду в лісництві збільшується кількість відпочиваючих. Однак, саме ця обставина спонукає працівників оперативно-рятувальної служби та лісівників бути вкрай пильними. Нерідко байдужість та безвідповідальність любителів відпочинку на природі призводить до лісових пожеж, які завдають значної шкоди лісу та довкіллю загалом. Подібні дії

призводять до забруднення навколишнього середовища, а вогонь може перекинутись на лісосмуги та присадибні території. За декілька годин неконтрольована пожежа може знищити цілі лісові масиви, які росли десятками років, а про збитки годі й говорити – лік може йти на мільйони. Величезної шкоди пожежі завдають фауні – гинуть птахи, звірі, знищуються їхні домівки.

Не зайвим буде нагадати, що відповідно до законодавства, Правила пожежної безпеки в лісах України є обов'язковими для виконання всіма громадянами, які з будь-яких причин перебувають у лісі. А порушення вимог пожежної небезпеки в лісах тягне за собою адміністративну або кримінальну відповідальність та відшкодування винуватцями завданих збитків.

З метою боротьби із лісовими пожежами Гніванське лісництво у 2023 р. доукомплектувало пункт зосередження протипожежного інвентаря ранцевими вогнегасниками (40 шт.), мотопомпами (12 шт.) та ранцевими бензоповітродувками (4 шт.).

Гніванське лісництво має в своєму розпорядженні велику кількість протипожежних спеціальних засобів, інвентарю для ліквідації лісових пожеж. Зокрема, лісові пожежні станції оснащені пожежними модулями, мотопомпами, протипожежними ранцями, бензопилами, вогнегасниками, інвентарем (сокири, лопати, граблі, сапки, віники), засобами захисту (каска, спеціальний одяг та взуття) та сучасні дихальні системи.

Щоб знизити ризик виникнення і поширення лісових пожеж, у лісництві створюють мінералізовані смуги. У 2023 році ДП «Ліси України» вже створило 5 кілометрів нових мінералізованих смуг. Окрім того, проведено догляд за мінералізованими смугами та протипожежними розривами протяжністю 100 кілометрів. Втім, це не остаточна статистика створення мінералізованих смуг у лісах філії ДП «Ліси України». За складної пожежонебезпечної обстановки та ближче до літа лісівники продовжують їх створювати позапланово.

Філія ДП «Ліси України» здійснює комплекс заходів, щоб попередити виникнення лісових пожеж, адже лісівники хочуть врятувати наше майбутнє – ліс. Про те, щоб запобігти виникнення лісової пожежі, достатньо щоб люди дотримувались правил поведінки в лісі та пожежної безпеки та не палили траву. В лісі живуть звірі – вони також хочуть жити.

– Тиврівське лісництво за 9 місяців поточного року використовувало пестициди у незначних кількостях, а саме:

- 0,1% розчин препарату Актара з густою сумішшю глини для замочування кореневої системи сіянців породи сосна звичайна;
- 0,5% розчин фунгіциду Медян Екстра для окроплення сіянців дуба звичайного в тепличному господарстві та в посівному відділенні розсадника;
- 1 % розчин гербіциду Раундап для окроплення доріжок та навколо тепличного господарства та посівних відділень розсадника.

Перед кожним застосуванням пестицидів було ретельно проаналізовано всі рекомендовані для використання в лісовому господарстві України препарати з найменшим рівнем небезпеки. Було обрано саме ті, які належать до категорії «обмежені» з переліку небезпечних пестицидів FSC (FSC-POL-30- 001a).

З метою запобігання порушення прав та інтересів населення на сайті громади розміщалося повідомлення про проведення окроплень. Для зберігання пестицидів у лісництві належним чином облаштоване приміщення. Проводиться моніторинг всієї діяльності, що пов'язана із застосуванням хімікатів. Фактів пошкодження цінностей довкілля чи будь-яких інших негативних впливів, пов'язаних з використанням пестицидів не виявлено.

Також для визначення екологічного стану лісових екосистем Тиврівського лісництва нами було проведено дослідження, що дозволило визначити вміст важких металів у ґрунтах на території Тиврівського лісництва, що входить до складу ДП «Вінницьке лісове господарство» (табл. 2.). Для порівняння зразки ґрунту відбирались у 2-х точках: при вході до лісу та в середині його. Перша точка відбору ґрунту мала відстань 1000 м від автошляхів, друга точка – відстань 2000 м від першої.

Таблиця 2. Вміст важких металів у ґрунтах лісових екосистем Тиврівського лісництва, мг/кг

Точки відбору	Факт. вміст Pb	ГДК	Факт. вміст Cd	ГДК	Факт. вміст Zn	ГДК	Факт. вміст Cu	ГДК
№1 (1000 м від автошляхів)	2,12	6,0	0,41	0,7	8,15	23,0	1,14	3,0
№2 (2000 м від першої)	1,47	6,0	0,12	0,7	4,13	23,0	0,96	3,0

Проведені нами дослідження демонструють, що всі зразки відібрані нами мали концентрацію у межах норми ГДК. Порівнюючи ці зразки відносно ГДК видно, що вміст Pb, Cd, Zn та Cu у 1-му досліджуваному зразку ґрунту був меншим від ГДК у 2,83, 1,7, 2,82 та 2,63 раз відповідно. Найвищою виявилась концентрація Zn у ґрунтах 1-го досліджуваного зразку. Зокрема вона була вищою порівняно із Pb, Cd та Cu у 3,84, 19,87 та 7,14 раз відповідно.

У 2-му досліджуваному зразку вже в межах самих лісових екосистем, показники вмісту важких металів мали в два рази нижчі значення, порівняно із першим зразком. Порівнюючи ці зразки відносно ГДК видно, що вміст Pb, Cd, Zn та Cu у досліджуваному зразку ґрунту був меншим від ГДК у 4,08 5,83, 5,56 та 3,12 раз відповідно. Найвищою виявилась концентрація Zn у ґрунтах. Зокрема вона була вищою порівняно із Pb, Cd та Cu у 2,8, 34,41 та 4,3 раз відповідно.

Порівнюючи зразки ґрунту на відібраних ділянках досліджено, що у 1-му досліджуваному зразку концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була вища у порівнянні із 2-им досліджуваним зразком у 1,44, 3,41, 1,97 та 1,18 раз відповідно.

Також нами був розрахований показник коефіцієнту небезпеки (рис. 3.), якщо даний показник сягає більше 1, це означає, що ґрунти даних ділянок є небезпечними для збору лісорослинної сировини та розведення на даних ділянках лісових порід.

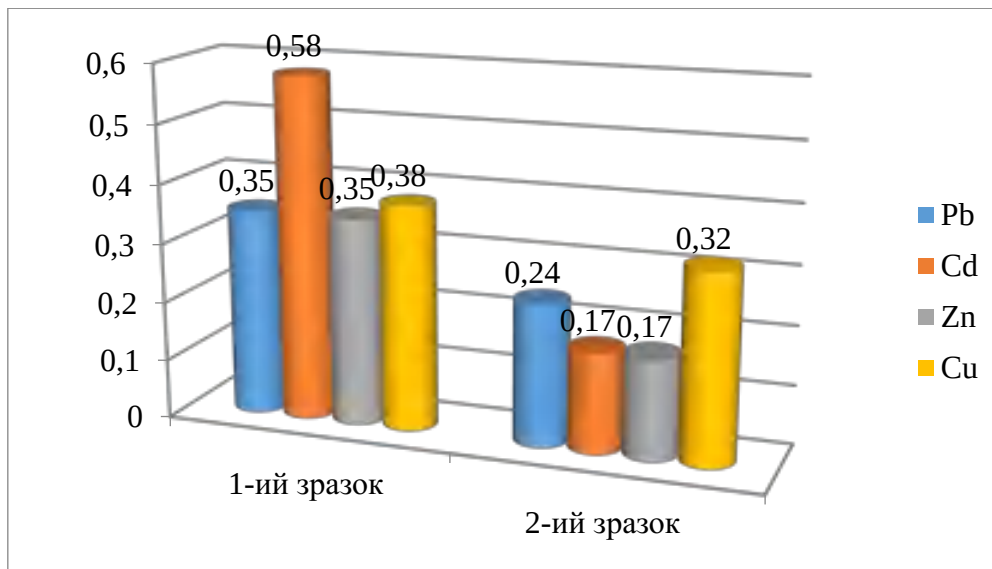


Рис.1. Коефіцієнт небезпеки важких металів досліджуваних ділянок лісових екосистем Тиврівського лісництва

З рис. 1. видно досліджувані показники коефіцієнта небезпеки не перевищують числове значення 1. Зокрема, найвищим коефіцієнтом небезпеки у 1-му зразку був показник по Cd – 0,58. В порівнянні із Pb, Zn та Cu у 1,65, 1,65 та 1,52 раз відповідно. У 2-му зразку найвищим виявився показник коефіцієнта небезпеки по Cu – 0,32, він був вищим в порівнянні із Pb, Cd та Zn у 1,33, 1,88 та 1,88 раз відповідно. Якщо порівнювати показники коефіцієнту небезпеки безпосередньо між досліджуваними ділянками, то показники коефіцієнта небезпеки по Pb, Cd, Zn та Cu були вищими у 1-му зразку із 2-им зразком у 1,45, 3,41, 2,05 та 1,18 раз відповідно.

Висновки. Для захисту лісів від пожеж, шкідників і хвороб треба збільшити кількість пожежно-хімічних станцій і повністю забезпечити їх засобами пожежогасіння в лісгоспах, радіотелефонним зв'язком усі лісгосподарські підприємства і лісопожежну службу. Для лісозахисту потрібні: використання більш досконалої апаратури, машин і механізмів для захисту лісів від шкідників і хвороб, дослідження біопрепаратів, безпечних для людини і фауни; розширення використання біологічних методів боротьби із шкідниками лісу.

Список використаної літератури

1. Букша І.Ф., Сторожук В.Ф., Пастернак В.П., Пивовар Т.С., Букша М.І., Яроцький В.Ю. Інструкція з проведення національної інвентаризації лісів України. Х.: Ірпінь, 2017. 77 с.
2. Коваль Я.В., Антоненко І.Я. Економічна (грошова) оцінка природних ресурсів лісового фонду України: теорія, методологія, методика. Київ: РВПС України НАН України, 2004. 163 с.
3. Суска А.А. Загальноприродний потенціал лісу як категорія економіки природних ресурсів. *Причорноморські економічні студії*. 2016. Вип. 12-2. С. 84–89.

4. Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Літвін А.В. Оцінка впливу на довкілля підприємств лісового господарства. *New factors for the development of natural sciences in Ukraine and EU countries: Scientific monograph*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. С. 72–92. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-288-3-4>.

5. Селінний М.М., Корма О.М., Лісове господарство України: сучасний стан та перспективи розвитку. *Modern Economics*. 2019. No 17. С. 211–217. [https://doi.org/10.31521/modecon.V17\(2019\)-34](https://doi.org/10.31521/modecon.V17(2019)-34).

6. Ahrends A., Burgess N.D., Milledge S.A.H., Bulling M.T., Fisher B., Smart J.C.R., Clarke G.P., Mhoro B.E., Lewis S.L. Predictable waves of sequential forest degradation and biodiversity loss spreading from an African city. *PNAS*. 2010. Vol. 107. No 33. P. 14556–14561. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.0914471107>.

Daria PLAKIDA⁴⁷,

3rd year student,

Faculty of Ecology, Forestry and Horticulture,

Research Institute of Agrotechnology and Environmental Management,

Vinnitsia National Agrarian University

Vinnitsia, Ukraine

ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF THE USE OF CHEMICAL WEAPONS

Annotation. *Chemical weapons remain one of the most dangerous types of weapons, capable of causing long-term environmental consequences. This article analyzes the impact of chemical weapons on the environment, including soil contamination, water resources, impact on biodiversity and global ecosystems. The paper considers examples of the historical use of chemical weapons, methods for eliminating their consequences, and international regulatory measures aimed at preventing environmental disasters. The results of the study emphasize the importance of banning chemical weapons and developing ecological restoration technologies.*

Introduction. Chemical weapons are a type of weapon of mass destruction, the action of which is based on the toxic properties of chemical substances. The defining components of chemical weapons are the so-called combat toxic substances, carriers of chemicals (most often - chemical shells), as well as appropriate devices and control devices used to deliver chemical weapons to the target [1].

A type of chemical munitions are binary devices, which are equipped with two non-toxic or low-toxic substances – intermediates for obtaining the target toxic substance. In a munition, these substances are separated from each other and mixed to obtain a toxic agent already during the delivery of the munition to the target. The increased interest in binary chemical weapons is explained by the need to ensure safety

⁴⁷ Науковий керівник – Вергеліс В.І., асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

in the production, transportation, storage and operation of chemical weapons [1].

Chemical weapons, as a special type of weapon, use toxic chemicals to destroy living organisms. The use of such substances has not only catastrophic consequences for people, but also a significant impact on the environment. From soil contamination to the destruction of entire ecosystems, chemical weapons leave a long-term trace that can manifest itself decades after hostilities [1,7].

The use of chemical weapons can lead to significant ecological and genetic consequences.

The ecological consequences are manifested in the fact that toxic substances that are part of chemical weapons harm flora and fauna, as well as pollute soil, water resources and the atmosphere. This poses a critical threat to the natural environment and causes a long-term deterioration of the ecological balance.

Genetic effects manifest themselves in the role of chemical agents that can affect human genetic material, causing mutations that may manifest in subsequent generations. This increases the risk of hereditary diseases and endangers the health of future generations [2].

The consequences of the use of chemical weapons are multidimensional, affecting both nature and human heredity, which requires increased efforts to prevent their use. Therefore, the purpose of the work is to study the impact of the use of chemical warfare agents on the ecological state of the environment and human health [6].

Presentation of the main material. The use of chemical weapons has a long history, dating back to the times of Ancient Greece. Despite numerous agreements and international treaties aimed at prohibiting the use of chemical agents, as well as

attempts to regulate their use during military conflicts, these measures have not always been effective. Chemical weapons continued to be used, leaving behind devastating consequences for humanity and the environment [5].

Humanity, not realizing all the consequences of the use of chemical weapons, continued to accumulate and use various toxic war materials aimed at inflicting maximum losses on the enemy. At the same time, the devastating consequences for the civilian population and nature, which is also vulnerable to the effects of such substances, were often ignored. Wars using chemical weapons caused harm not only to the military, but also to the environment, which plays a key role in maintaining life on Earth [5].

During the First World War, chemical weapons were used on the largest scale in history. Over four years, about 132,000 tons of toxic substances were produced, of which 113,000 tons were used on the battlefield. This caused more than a million injuries and disabilities, as well as about 89,000 deaths. The terrible consequences of the use of chemical weapons caused public outrage due to their inhumanity. As a result, discussions began between countries on the prohibition of weapons of mass destruction. In 1925, the Geneva Protocol was concluded, which prohibited the use of chemical and bacteriological weapons, although the production and storage of such substances remained outside the scope of this treaty [7].

At the global level, the control over compliance with the complete ban on the production and use of chemical weapons due to their harmfulness to the environment and

human health is regulated by the Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction, and also defines the obligations of the States Parties in this area [3].

Ukraine signed the Chemical Weapons Convention on January 13, 1993 in Paris. Control over compliance with the provisions of the Convention is carried out by the Organization for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW), which ensures verification of the implementation of obligations by the States Parties [3].

According to the provisions of the Chemical Weapons Convention (CWC), it is prohibited:

- development, production, acquisition, stockpiling or storage of chemical weapons.

- any direct or indirect transportation or transfer of chemical weapons.

- use of chemical weapons for military purposes.

- committing or facilitating activities that contradict the provisions of the Convention, as well as encouraging other states to participate in such activities.

- using chemical weapons to suppress insurrections or internal unrest [5].

This Convention is one of the key documents of international law aimed at the global prohibition of chemical weapons of mass destruction [3], which use toxic chemical compounds to affect people, animals and the environment. Since its action is based on the poisonous properties of chemicals that lead to serious physiological damage and can be fatal [4].

Chemical poisoning by combat agents is a consequence of the use of chemical weapons, which are one of the types of weapons of mass destruction. It is designed to inflict significant losses on the enemy, mainly among the personnel of the armed forces. The action of such weapons is based on the use of poisonous (toxic) chemical compounds that meet the established technical parameters, have a high level of toxicity and specific physicochemical properties. Their effectiveness is achieved due to the developed means of delivery and use [7].

Poisonous substances (CS) can be used in different states: drop-liquid, gaseous (vapor) or aerosol (fog, smoke). These forms allow for maximum damage to the target, depending on environmental conditions and delivery methods. Chemical weapons pose a serious threat to the life and health of not only the military, but also the civilian population and the ecosystem in particular [4].

Chemical substances that are part of chemical weapons can contaminate air, clothing, equipment, soil, buildings, water and food. They penetrate the human body in the following ways:

- respiratory tract: substances are inhaled together with contaminated air.

- through the skin and mucous membranes: toxins can be absorbed through the skin, open wounds or burns and then spread through the bloodstream.

- through the digestive system: when consuming contaminated food or water.

These substances selectively affect people and animals without damaging material objects. Eliminating the environmental and genetic consequences of their impact can take a long time [7].

To deliver chemical weapons to the target, shells, rockets, air bombs, grenades,

aerosol generators and other means are used (Fig. 1.1.). Such substances are stored in specially equipped storage facilities under strict control [4].

Means of delivery of toxic substances are key elements of chemical weapons, allowing the distribution of toxic substances to damage specific areas. Such means include artillery shells, mines, rockets, air bombs, grenades, smoke bombs and aerosol generators. They provide effective spraying of substances in the form of gas, aerosol or liquid through various delivery mechanisms. The use of these agents can create large-scale areas of damage and cause significant damage to both military facilities and the civilian population and the environment. Although their use is strictly prohibited by international treaties, historical examples indicate serious environmental and humanitarian consequences of their use [4].



Fig. 1.1. Means of delivery of toxic substances:

1 - artillery chemical shells; 2 - chemical landmines; 3 - hand chemical grenades; 4 - aircraft bombs; 5 - pouring aircraft device; 6 - missiles

There are a large number of chemical warfare agents (CWA) with different mechanisms of action and levels of damage. They can be in different states of aggregation, mainly liquid and gaseous. The action of CWA is divided into several main groups: nerve agents, asphyxiants, psychotomimetics, etc. Their effect on the body depends on a number of factors, including dose, air temperature, season, wind direction and humidity level [7].

Methods of delivery of chemical weapons vary from high-tech, such as cruise and ballistic missiles or aerial bombs, to modern unmanned aerial vehicles (UAVs). Such means provide high accuracy and scale of damage, which increases the threat of using such weapons in modern conflicts [2].

Chemical attacks cause significant damage to the environment, affecting all its components without exception.

The results of chemical attacks depend on several factors, such as the dosage of chemicals, their type and stability, as well as the features of the terrain of the area where the release occurred. In closed rooms, the effect of chemical weapons is enhanced, since the limited space contributes to an increase in the concentration of toxic substances.

In the event of a chemical attack or a leak of hazardous substances, the territory is divided into zones according to the level of danger in order to quickly localize the emergency area and minimize risks. This allows for rapid neutralization of the threat and

organize safe evacuation or elimination of consequences [5].

The speed of neutralization of the emergency zone directly affects the assessment of the chemical situation, which determines the consequences for the economy, the life of the population and the state of the environment [2].

Conclusions. Chemical weapons have a long-term and complex impact on the environment. Their use causes contamination of soil, water resources and the destruction of ecosystems. International cooperation and innovative methods of elimination of consequences are important steps to restore the ecological balance. The prohibition of chemical weapons remains a key task for preventing global environmental disasters.

List of sources used

1. Chemical weapons. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%B7%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%8F (дата звернення: 05.03.2025).
2. Dyadchenko V.V., Petrukhin S.Yu., Novikov O.I. Combat toxic chemicals: textbook. Kharkiv. University book. 2018. 532 p
3. Chemical Weapons Convention. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE_%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%83_%D0%B7%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%8E (дата звернення: 05.03.2025).
4. Poisoning by substances that are chemical weapons. Safety measures when providing first aid. URL: <https://uahistory.co/pidruchniki/gydima-national-defense-bases-medical-knowledge-11-class-2019/11.php> (дата звернення: 05.03.2025).
5. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW). «Chemical Weapons and International Security». URL: <https://www.opcw.org> (дата звернення: 05.03.2025).
6. National Center for Biotechnology Information (NCBI). «Environmental Impacts of Chemical Agents». URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (дата звернення: 05.03.2025).
7. UNEP. «Chemical Pollution and Environmental Health». URL: <https://www.unep.org> (дата звернення: 05.03.2025).

Аніта РУЖИЦЬКА⁴⁸,
студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та
садово-паркового господарства ННІАП
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЗДОРОВЕ ХАРЧУВАННЯ БЕЗ ШКОДИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

***Анотація.** Ця стаття глибоко досліджує тему правильного харчування, його значення для підтримки здоров'я та способи популяризації цієї важливої теми в сучасному суспільстві. Моя мета не лише розкриває суть збалансованого раціону, але й детально аналізує наслідки неправильного харчування, підкреслюючи їх вплив як на короткострокову, так і на довгострокову перспективу.*

Особливий акцент зроблено на проблемі поширення різноманітних дієт, багато з яких можуть завдати шкоди здоров'ю через обмеження у споживанні необхідних поживних речовин та сприяти розвитку психологічних розладів харчової поведінки, таких як булімія та анорексія. Я прагну застерігти від сліпого наслідування модним дієтам та наголошую на необхідності індивідуального підходу до формування раціону, враховуючи особливості організму, стан здоров'я та спосіб життя.

Стаття містить не лише критичний аналіз популярних дієт, але й конструктивні рекомендації щодо формування здорового раціону. Я пропонує 10 принципів правильного харчування, які є практичними та легко застосовними у повсякденному житті. Ці принципи охоплюють широкий спектр питань, від збалансованості прийомів їжі до вибору якісних продуктів та способу їх приготування.

Окрім цього, стаття підкреслює важливість популяризації теми правильного харчування в суспільстві. Я наполегливо пропоную шляхи поширення інформації про здорове харчування, зокрема через освітні програми, соціальні мережі та засоби масової інформації.

Annotation. This article deeply explores the topic of proper nutrition, its significance for maintaining health, and ways to popularize this important topic in modern society. My goal is not only to reveal the essence of a balanced diet but also to analyze in detail the consequences of improper nutrition, emphasizing their impact on both short-term and long-term perspectives.

Special emphasis is placed on the problem of the spread of various diets, many of which can harm health due to restrictions in the consumption of essential nutrients and contribute to the development of psychological eating disorders such as bulimia

⁴⁸ Науковий керівник – Гуцол Г.В., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

and anorexia. I strive to warn against blindly following fashionable diets and emphasize the need for an individual approach to diet formation, considering the characteristics of the body, health status, and lifestyle.

The article contains not only a critical analysis of popular diets but also constructive recommendations for forming a healthy diet. I propose 10 principles of proper nutrition that are practical and easily applicable in everyday life. These principles cover a wide range of issues, from the balance of meals to the choice of quality products and their preparation methods.

In addition, the article emphasizes the importance of popularizing the topic of proper nutrition in society. I strongly suggest ways to disseminate information about healthy eating, including through educational programs, social networks, and mass media.

Вступ. У сучасному світі, де харчова промисловість пропонує безліч спокус у вигляді швидкої та часто нездорової їжі, питання правильного харчування набуває критичного значення. Ми живемо в епоху, коли інформація про здоровий спосіб життя є доступною, але водночас споживання оброблених продуктів, багатих на цукор, сіль та трансжири, продовжує зростати. Це призводить до збільшення кількості людей, які страждають від ожиріння, серцево-судинних захворювань, діабету 2 типу та інших хронічних хвороб, пов'язаних з неправильним харчуванням.

Їжа – це не просто джерело калорій, це будівельний матеріал для нашого організму, запорука його правильного функціонування та енергії. Збалансований раціон, який включає достатню кількість білків, вуглеводів, жирів, вітамінів, мінералів та інших поживних речовин, є необхідною умовою для підтримки здоров'я, зміцнення імунітету та профілактики багатьох захворювань. Правильне харчування впливає не тільки на наше фізичне здоров'я, але й на психологічний стан, емоційну стійкість та когнітивні функції.

На жаль, багато людей недооцінюють значення збалансованого харчування, віддаючи перевагу швидким перекусам, напівфабрикатам та іншим продуктам, які не приносять користі організму, а навпаки, можуть завдати йому шкоди. Вони часто стають жертвами маркетингових стратегій, які пропагують шкідливу їжу, або ж потрапляють під вплив модних дієт, які обіцяють швидке схуднення, але насправді можуть призвести до дефіциту поживних речовин, порушення обміну речовин та інших проблем зі здоров'ям.

У цій статті ми детально розглянемо, що таке правильне харчування, чому воно є таким важливим для нашого здоров'я, які наслідки може мати неправильне харчування, а також обговоримо шляхи популяризації цієї теми в суспільстві. Особливу увагу буде приділено проблемі популярності різноманітних дієт, які часто можуть бути не тільки неефективними, але й шкідливими для здоров'я. Ми також надамо практичні рекомендації щодо формування здорового раціону та принципів правильного харчування, які допоможуть людям зробити свій вибір на користь здоров'я та довголіття.

Виклад основного матеріалу. Правильне харчування – це вживання продуктів, які дають усі поживні речовини, необхідні для підтримання здоров'я. Щодня організм людини потребує білків, вуглеводів, жирів, води, вітамінів і мінералів. Достатня кількість кожного з компонентів забезпечує належне функціонування всіх систем органів і підтримує високий рівень енергії.

При правильному харчуванні важливо зосередитися на загальному раціоні, а не на окремих продуктах. Жоден окремий поживний елемент не зробить людину здоровою, тому потрібно дотримуватися різноманітного та комплексного харчування. Не існує абсолютно корисного харчування для всіх, під час складання дієти необхідно враховувати наявність хронічних захворювань, вік, алергічні реакції на продукти. Для складання дієти правильного харчування можна проконсультуватися із сімейним лікарем або звернутися до дієтолога.

Дане поняття має набути більшого розголосу в суспільстві, так як в буденному житті люди не звертають уваги на те як та що вони споживають.

Неправильне харчування – це поживний режим, який не відповідає рекомендаціям здорового та збалансованого харчування. Це може включати різні практики, які призводять до нестачі або надлишку певних поживних речовин, переїдання, споживання незбалансованих і неякісних продуктів, а також небажані звички щодо їжі.

Причини неправильного харчування можуть бути різноманітними і залежать від індивідуальних особливостей, культурних, соціальних, економічних і психологічних чинників. Ось деякі з поширених причин, які можуть впливати на вибір і звички харчування:

- Сучасний спосіб життя. Швидкий темп сучасного життя може призвести до браку часу на приготування здорової їжі. Багато людей віддають перевагу зручним і готовим продуктам, які часто багаті цукром, сіллю і насиченими жирами, але низькі за поживною цінністю.

- Реклама і маркетинг. Агресивна реклама і маркетингові виверти компаній продуктів харчування можуть впливати на споживчі вподобання і стимулювати споживання некорисних продуктів.

- Доступність і вартість продуктів. У різних регіонах і країнах доступність і вартість харчових продуктів можуть сильно варіюватися. Деякі здорові продукти можуть бути дорогими або важкодоступними, що робить простіше вибрати менш здорові альтернативи.

- Культурні та соціальні чинники. Харчові звички можуть бути сильно залежні від культурних традицій і соціальних звичаїв. Смакові переваги і стандарти краси, пов'язані з тілом, можуть вплинути на вибір їжі.

- Емоційне харчування. Стрес, нудьга, смуток та інші емоції можуть стати причиною харчових звичок, у яких люди шукають розраду і задоволення через споживання певних продуктів, часто багатих на цукор і жири.

- Відсутність знань про правильне харчування. Деякі люди не володіють достатніми знаннями про здорове і збалансоване харчування і не усвідомлюють важливість правильного вибору продуктів.

- Звичка. Харчові звички, сформовані в дитинстві, можуть залишатися з людиною протягом усього життя, навіть якщо вони неправильні та незбалансовані.

- Брак часу та навичок. Деяким людям може бути складно приготувати збалансовані та здорові страви через відсутність навичок приготування або доступу до необхідних продуктів.

- Психологічні чинники. У деяких людей неправильне харчування може бути пов'язане з різними психологічними проблемами, такими як порушення харчової поведінки, депресія або тривожність.

Наслідками такої харчової поведінки можуть призвести до захворювань короткої та довгострокової перспективи, відштовхуючись від особливостей організму.

До короткострокової перспективи можна віднести легкі симптоми такі як: головна біль, часта втома, погіршення концентрації та пам'яті, зміни настрою та проблеми з травленням. Дані симптоми не є серйозними та глобальними їх легко можна позбутися, що не можна сказати про довгострокові.

Довгострокові перспективи за часту тяжко лікуються або взагалі являються смертельними. До них можна віднести такі відомі захворювання та хвороби як: ожиріння, серцево-судинні захворювання, цукровий діабет 2 типу, деякі види раку, остеопороз, погіршення стану шкіри, ламкість волосся та нігтів. На превеликій жаль через несвідоме споживання не корисної їжі та байдужого ставлення до власного організму можна дійти до незворотних наслідків.

Окрім неправильного харчування у світі часто популяризують різні дієти. Дієта – раціон, спеціально підібраний за кількістю, хімічним складом, енергетичною цінністю (калорійністю), за кулінарною обробкою, а також режим харчування.

Хоч насправді такий спосіб харчування є корисними для людей, але тільки для тих яким було прописано спеціально лікарем або дієтологом, до прикладу для людей з цукровий діабетом. Соціальні мережі рясніють різними дієтичними планами, які рекламують стрімке схуднення. Таке харчування не є корисним та часто призводить до психологічних проблем та розладів харчової поведінки.

Психологічні проблеми можуть викликати відчуття голоду, роздратування, тривожність та інші психологічні проблеми, а також можуть сприяти розвитку розладів харчової поведінки таких як булемія та анорексія.

Булімія, або нервова булімія – це порушення харчової поведінки, пов'язане з втратою контролю над споживанням їжі та бажанням схуднути.

Ця хвороба характеризується періодичним переїданням і подальшим очищенням організму. Очищення, зазвичай, включає блювоту, використання проносних засобів, надмірні фізичні навантаження або голодування.

Анорексія – це психічне захворювання, що характеризується порушенням сприйняття тілесного образу, відмовою від їжі і гострим зниженням ваги. Хворі обмежують порції їжі або намагаються повністю уникати їжі, виконують виснажливі фізичні вправи, приймають препарати для схуднення і здійснюють інші дії, спрямовані на схуднення.

У сучасному світі, де культ худорлявості та "ідеальних" пропорцій тіла набув масштабів епідемії, бажання схуднути стало для багатьох людей нав'язливою ідеєю. Проте, це прагнення часто є не тільки результатом особистих мотивів, але й наслідком впливу негативного соціального середовища.

Існує 10 принципів правильного харчування:

- Не пропускати основні прийоми їжі

Важливо рівномірно розподіляти кількість спожитого протягом дня та не заміняти сніданок, обід та вечерю невеликими перекусами. Ваша тарілка має мати достатньо білків, жирів, вуглеводів та клітковини у вигляді овочів та зелені і тоді ви відчуватимете довготривалу ситість. Тому якщо помічаєте за собою тягу до солодкого та частих перекусів серед дня, переконайтеся, що споживаєте достатньо їжі на основних прийомах. Якщо ви ведете активний спосіб життя і відчуваєте потребу в перекусах – вони можуть поповнювати запас енергії протягом дня, але не бути основним її джерелом.

- Щодня включати в меню велику кількість фруктів і овочів

Лікарі та нутриціологи радять вживати принаймні 5 видів фруктів та овочів на день. Вони багаті на вітаміни вітаміни А, С, Е, фолієву кислоту, залізо, магній, цинк та калій. Клітковина з цих продуктів стимулює моторику кишківника, виводить токсини та сприяє насиченню. Фрукти краще вживати в першій половині дня, а на вечерю варто обирати термічно оброблені овочі – варені, тушені або запечені.

- Вживати різноманітні джерела білків

Особливо важливо додавати в раціон не тільки білки тваринного походження (яйця, м'ясо, риба, молоко), а й рослинного. Вони містяться в бобових, сої, тофу, темпе, горіхах, насінні, кіноа, шпинаті, амаранті, гречці та інших продуктах. Наприклад, протеїнові батончики FIZI готуються з горіхів та ізоляту горохового протеїну, завдяки чому вони є чудовим джерелом додаткового білка.

- Надавати перевагу ненасиченим жирам

Не вся жирна їжа призводить до набору ваги та проблем з травленням. Справді, насичені жири, які містяться в деяких оліях, м'ясі та молочних продуктах, можуть спричиняти жирові відкладення в кровоносних судинах, тому повинні становити менше 6% вашого щоденного споживання калорій. Наш організм потребує саме ненасичені жири, адже вони знижують в'язкість крові та рівень холестерину в ній. Крім того, ненасичені жири можуть допомогти вам засвоїти деякі вітаміни, такі як А, D, Е і К. Які ж продукти багаті на ненасичені жири? Здебільшого це продукти рослинного походження: авокадо, горіхи, гарбузове, кунжутне та соняшникове насіння, оливкова олія і оливки. Також деякі види риби є якісним джерелом ненасичених жирів – наприклад, лосось, тунець і анчоуси.

- Намагатися уникати або звести до мінімуму вживання «пустих калорій»

Це солодощі, снеки, алкоголь, фастфуд, газовані напої і соуси. Такі продукти не приносять користі, але значно підвищують загальну калорійність

страв. «Порожні» калорії можуть забезпечити негайну енергію, але на цьому все – вони не допоможуть зміцнити м'язи, не забезпечать організм вітамінами чи мінералами, не залишать після себе відчуття ситості. Краще уникати таких продуктів і заміняти їх більш корисними, які окрім калорій та цукру містять і поживні речовини.

- Контролювати кількість вжитої солі – не більше 6 г на добу

Занадто багато солі в раціоні може призвести до набряків, здуття живота, набору ваги та навіть більш серйозних наслідків – інсульту, хвороб серця та високого кров'яного тиску. Набільше вміст солі приховано в готових приправах і соусах, рибних та м'ясних консервах, а також снеках: чіпсах, сухариках, крекерах, попкорні, локшині швидкого приготування. Як і з прихованим цукром, варто уникати таких продуктів і надавати перевагу їжі без попередньої обробки.

- Завчасно планувати прийоми їжі та список покупок

Ця корисна звичка не лише допоможе уникнути незапланованих витрат та економити час на покупки, а й збереже від потрапляння «випадкових» не дуже корисних продуктів в кошик. Попереднє планування раціону допоможе сформуванню більш збалансованого меню, в якому будуть всі необхідні нутрієнти. Плануючи покупки потрібно збалансовувати різноманітні джерела білка які використовуються у стравах, які гарніри та салати будемо готувати і виходячи з цього плануємо список покупок в супермаркеті або замовляємо доставку продуктів.

- Цікавитися складом страв, коли їсте поза домом

Якщо часто харчуватися в кафе чи ресторанах і при цьому дотримуватися принципів здорового харчування, обов'язково уважно читати меню та склад страв. Дуже часто соус значно підвищує калорійність страви, тому можна попросити замінити його або не додавати деякі компоненти, наприклад, цукор. Але не варто і боятися їжі в закладах, адже вона може слугувати натхненням для приготування страв вдома. Можна підглядіти цікаве поєднання інгредієнтів у страві, спробувати новий для себе продукт і відтворити рецепт на домашній кухні.

- Фокусуватися не на калорійності продуктів, а на їх поживній цінності

Калорія – це одиниця енергії, яку ваше тіло використовує для життєдіяльності. Організму насправді байдуже, звідки беруться ці калорії – воно використовує накопичену в них енергію, щоб продовжувати жити. Проте їжа чи напої з однаковою калорійністю можуть нести різний вплив на організм, одні насичують поживними речовинами, які підтримують імунну систему, збалансовують гормони та навіть довше залишають людей ситими, а інші – викликають різке підвищення рівню цукру в крові та дискомфорт травлення. Наприклад, якщо обирати між перекусом у вигляді смузі зі свіжих фруктів або тістечком – калорійність обох варіантів може бути приблизно рівна, але від порції фруктів буде більше користі, ніж від випічки.

- Насолоджуватися їжею!

Їжа – це не тільки «паливо» для нашого організму, а й джерело задоволення. Потрібно навчатися концентрувати на смаках та текстурах, і

насолоджуйтеся процесом. Повільне та ретельне переживання пришвидшує настання відчуття ситості і так не з'їдається лишнього. Потрібно підбирати посуд, який буде приносити задоволення, красиво оформляти їжу на тарілці, додавати до страв зелень, насіння, прянощі та спеції – проявляти творчість і тоді трапеза окрім поживних речовин для організму буде приносити позитивні емоції для душі.

Ці десять принципів здаються дуже легкими, та люба зміна режиму харчування – це завжди стрес для організму, і щоби його мінімізувати, необхідно переходити на здоровий раціон правильно, поступово замінюючи звичні шкідливі продукти корисними. Також рекомендується

- Усвідомити, що нездорова їжа справді шкодить організму і може призвести до багатьох негативних наслідків.
- Надавати перевагу свіжим овочам та м'ясу, а не готовим покупним продуктам. Адже останні містять більше солі та хімічних добавок.
- Запикати та варити продукти, а не смажити. Якщо все-таки вирішили посмажити їжу, використовуйте мінімальну кількість олії.
- Вживати більше овочів у будь-якому вигляді. Вони можуть бути не тільки доповненням до основної страви або салатом, а й гарніром.
- Замість червоного та жирного м'яса їсти більш прісні варіанти.
- Відмовитися від солодощів на користь горіхів, сухофруктів та фруктів або їсти смаколики тільки з натуральними підсолоджувачами, а не цукром.
- Завжди перевіряти склад продукту. Якщо він містить гідрогенізований жир чи цукор, не варто його купувати.

І головне – дотримуйтеся принципів правильного харчування завжди та всюди. Склавши смачне меню, не відчуватиметься жодного дискомфорту. Здорова їжа принесе лише задоволення.

Розробка правильного раціону не викликає жодних складнощів, оскільки набір дозволених продуктів дуже широкий. Кожен зможе підібрати ту їжу, яка йому найбільше до смаку.

Важливий момент – кількість прийомів їжі. Варто харчуватися меншими порціями, але частіше. Оптимальний варіант на правильному харчуванні – сніданок, обід, вечеря, а також 2-3 перекуси протягом дня приблизно в однаковий час. Однак не варто їсти частіше, ніж кожні 3 години. Цього часу достатньо, щоби їжа засвоїлася, але почуття голоду ще не наступило.

Можна коригувати його відповідно до свого робочого графіка, часу пробудження, активності протягом дня. Але потрібно пам'ятати, що останній прийом їжі повинен здійснюватися не пізніше ніж за 2 години до сну.

На правильному харчуванні сніданок має бути найситнішим, щоб отримати заряд енергії та бадьорості на весь день. Вечеря повинна бути легкою, щоб усі продукти засвоїлися до сну, адже під час сну всі процеси, що відбуваються в організмі, сповільнюються, їжа буде перетравлюватися довше, що сприяє набору зайвої ваги.

Висновок. Правильне харчування – це не просто модна тенденція, а необхідна умова для підтримки здоров'я, енергії та якості життя. В умовах

сучасного світу, де швидкий темп життя та доступність нездорової їжі створюють безліч спокус, важливо усвідомлювати значення збалансованого раціону та робити свідомий вибір на користь здорових продуктів.

Неправильне харчування, зумовлене різними факторами, такими як брак часу, вплив реклами, емоційне переїдання або недостатня обізнаність, може мати серйозні наслідки для здоров'я, від легких симптомів до хронічних захворювань.

Особливу увагу слід приділити проблемі популярності дієт, що поширюються в соціальних мережах. Багато з них обіцяють швидке схуднення, але можуть призвести до дефіциту поживних речовин, розладів харчової поведінки та психологічних проблем. Тому важливо консультуватися з лікарем або дієтологом перед початком будь-якої дієти.

У статті пропонується 10 принципів правильного харчування, які допоможуть збалансувати раціон та покращити якість життя. Важливо пам'ятати, що перехід на здорове харчування має бути поступовим та усвідомленим.

Дотримуючись цих принципів, можна не тільки покращити своє фізичне здоров'я, але й підвищити рівень енергії, покращити настрій та зміцнити імунітет. Правильне харчування – це інвестиція у майбутнє, яка принесе безліч переваг.

Список використаної літератури

1. On Clinic. Рецепти правильного харчування: з чого почати. URL: <https://onclinic.ua/blog/recepty-pravylnе-kharchuvannya-z-choho-pochaty>
2. Фармацевтична енциклопедія. Дієта. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2541/diyeta>
3. Українська правда. Життя. (2021, 25 вересня). Що таке булімія: які симптоми, профілактика та як лікувати. URL: <https://life.pravda.com.ua/health/2021/09/25/246005/>
4. FIZI. Принципи правильного харчування. URL: [\[https://fizi.ua/blogs/news/principles-of-nutrition?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAn9a9BhBtEiwAbKg6fm3SxxqKMNJY1RSzx_lZGgH_yecpWd0isXOD3sx3_gK0YHNA46sncxoCFxgQAvD_BwE\]](https://fizi.ua/blogs/news/principles-of-nutrition?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAn9a9BhBtEiwAbKg6fm3SxxqKMNJY1RSzx_lZGgH_yecpWd0isXOD3sx3_gK0YHNA46sncxoCFxgQAvD_BwE)
(https://fizi.ua/blogs/news/principles-of-nutrition?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAn9a9BhBtEiwAbKg6fm3SxxqKMNJY1RSzx_lZGgH_yecpWd0isXOD3sx3_gK0YHNA46sncxoCFxgQAvD_BwE)
5. Foodexhub. (б.д.). Вплив неправильного харчування на ваш організм. URL: <https://foodexhub.com.ua/blog/vpliv-nepravilnogo-harchuvannya-na-vash-organizm>
6. Impuls 24. (б.д.). Анорексія. URL: <https://impuls24.com.ua/uk/terapiya-uk/anoreksiya/>

Ірина СВЕРЛОВИЧ⁴⁹,
студентка 21-ЕО групи,
факультет, екології, лісівництва та
садово-паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧОК ГНИЛОП'ЯТА ТА ПОСТОЛОВА В МЕЖАХ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

***Анотація.** У статті проведено порівняльну оцінку екологічного стану річок Гнилоп'ята та Постолова у Вінницькій області на основі фізико-хімічних, гідробіологічних та антропогенних показників. Результати аналізу свідчать про значний вплив сільськогосподарської діяльності та комунально-побутових стоків на екосистему річки Гнилоп'ята, що призводить до підвищення концентрацій азотних і фосфорних сполук, зниження рівня розчиненого кисню та погіршення санітарно-гігієнічного стану води. Постолова має менше забруднень, але місцеві осередки забруднення пов'язані з несанкціонованими викидами та сезонними змінами гідрологічного режиму. Запропоновано заходи щодо покращення екологічного стану: створення буферних зон, регулювання сільгоспдіяльності, покращення очищення стічних вод та регулярний моніторинг якості води.*

***Annotation.** The article provides a comparative assessment of the ecological state of the Hnylopyatka and Postolova rivers in Vinnytsia Oblast based on physicochemical, hydrobiological and anthropogenic indicators. The results of the analysis show a significant impact of agricultural activities and municipal wastewater on the ecosystem of the Hnylopyatka River, which leads to an increase in the concentration of nitrogen and phosphorus compounds, a decrease in the level of dissolved oxygen and a deterioration in the sanitary and hygienic state of water. The Postolova has less pollution, but localized pockets of pollution are associated with unauthorized discharges and seasonal changes in the hydrological regime. Measures to improve the ecological situation are proposed: creation of buffer zones, regulation of agricultural activities, improvement of wastewater treatment and regular monitoring of water quality.*

Вступ. Річки Гнилоп'ята та Постолова є важливими водними артеріями Вінницької області, які відіграють значну роль у природному та соціально економічному середовищі регіону. Вони забезпечують водопостачання населених пунктів, є джерелом зрошення для сільськогосподарських угідь, а також виконують рекреаційну та екосистемну функції.

⁴⁹ Науковий керівник – Ткачук О.П, професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища

Річка Гнилоп'ята бере початок у Козятинському районі Вінницької області та є однією з приток Тетерева. Вона зазнає значного антропогенного навантаження через діяльність агропромислового сектору та скиди комунальних стічних вод.

Річка Постолова є меншою за розмірами, але також відіграє важливу роль у місцевій гідрологічній мережі. Вона протікає через кілька населених пунктів і використовується переважно для господарських потреб, рибальства та рекреації.

Дослідження екологічного стану цих річок є важливим для оцінки впливу господарської діяльності та розробки заходів щодо покращення якості водних ресурсів у регіоні.

Метою даної статті є надання порівняльної оцінки екологічного стану річок Гнилоп'ята та Постолова в межах Вінницької області.

Виклад основного матеріалу. Річки є важливими природними ресурсами, які відіграють значну роль у житті місцевих громад та економіці регіону. У Вінницькій області річки Гнилоп'ята та Постолова мають велике господарське значення, адже їхні води використовуються у різних сферах людської діяльності.

Річка Гнилоп'ята протікає територією Козятинського району та впадає в Тетерів. Її води традиційно використовуються для зрошення сільськогосподарських угідь, що є важливим для розвитку аграрного сектору регіону. Завдяки близькості до полів місцеві фермери застосовують воду річки для поливу, особливо в посушливі періоди. Проте інтенсивне використання води для іригації, а також потрапляння у водойму добрив та пестицидів, спричиняє її забруднення та зміну екологічного балансу.

Крім того, Гнилоп'ята відіграє роль у забезпеченні технічних потреб підприємств. У минулому вода річки використовувалася на млинах, а нині окремі підприємства можуть застосовувати її у виробничих процесах. Також її ресурси застосовують для забезпечення водопостачання невеликих населених пунктів. Однак значний рівень забруднення річки органічними речовинами та побутовими відходами ускладнює її безпечне використання [1].

Річка Постолова, хоч і менш масштабна за Гнилоп'яту, також має значення для місцевого господарства. Її води використовуються для рибальства, адже на деяких ділянках створено невеликі ставки та водойми для розведення риби. Річка забезпечує водою деякі локальні господарства та застосовується для зрошення прилеглих земель. Ще одним важливим аспектом використання цих річок є рекреація. Незважаючи на проблеми з якістю води, місцеві мешканці часто використовують їх для відпочинку, купання в літній період, а також для прогулянок уздовж берегів. Річки формують природний ландшафт і створюють умови для розвитку екологічного туризму. Однак господарське використання Гнилоп'яти та Постолової супроводжується значними екологічними викликами. Через скиди неочищених стічних вод, ерозію ґрунтів та неконтрольовану господарську діяльність спостерігається погіршення стану води, зменшення біорізноманіття та замулення русла. Для збереження цих річок необхідно впроваджувати заходи з покращення системи водоочищення, здійснювати регулярний моніторинг стану води та розвивати екологічно безпечні методи

господарювання. Річки Гнилоп'ята та Постолова є важливими для господарської діяльності Вінницької області, проте їх інтенсивне використання супроводжується екологічними ризиками. Рациональне управління водними ресурсами дозволить не лише зберегти природну цінність цих річок, а й забезпечити їх ефективне використання для потреб місцевого населення та економіки.

Річки Вінницької області відіграють важливу роль у природному балансі регіону, формуючи його ландшафт, впливаючи на кліматичні умови та забезпечуючи населення водними ресурсами. Серед численних малих річок особливе значення мають Гнилоп'ята та Постолова, які, хоч і не є великими водними артеріями, все ж виконують важливі екосистемні та господарські функції.

Річка Гнилоп'ята бере свій початок у Козятинському районі та належить до басейну Дніпра, будучи правою притокою Тетерева. Її довжина становить приблизно 96 км, а площа водозбірного басейну сягає понад 1500 км². Русло річки має помірно звивистий характер, проходячи через сільськогосподарські угіддя, лісові масиви та населені пункти. В межах Вінницької області Гнилоп'ята отримує живлення переважно за рахунок атмосферних опадів та підземних джерел, що забезпечує її водний режим протягом року.

Екологічний стан річки значною мірою залежить від антропогенного навантаження. Через інтенсивне сільськогосподарське використання прилеглих територій у воду потрапляють хімічні добрива та пестициди, що впливає на якість води та біорізноманіття. Крім того, в деяких населених пунктах спостерігається забруднення стічними водами, що призводить до зниження рівня кисню у воді та погіршення її екологічного стану [2].

Річка Постолова є меншою за розмірами, проте також виконує важливу роль у водній системі регіону. Вона має довжину близько 30 км та є однією з малих річок, що впадають у Південний Буг. На відміну від Гнилоп'яти, її русло менш порушене антропогенними факторами, а водозбірний басейн охоплює більше природних територій, зокрема лісових ділянок та луків. Це сприяє підтриманню кращої якості води порівняно з більш інтенсивно використовуваними річками регіону. Проте навіть Постолова не є повністю захищеною від забруднення. Подекуди спостерігаються локальні проблеми, пов'язані з несанкціонованими викидами відходів та сезонними змінами рівня води, що впливає на гідробіологічні процеси. Незважаючи на це, річка залишається важливим джерелом води для місцевих мешканців, використовується для сільського господарства, а також є місцем відпочинку та рибальства.

Оцінюючи загальний стан обох річок, можна зробити висновок, що вони мають спільні екологічні виклики, пов'язані з антропогенним впливом, але також є важливими елементами природного середовища. Збереження цих водних об'єктів потребує комплексного підходу, який включатиме рациональне використання водних ресурсів, запровадження заходів із запобігання забрудненню та збереження природних екосистем, що оточують річки.

Таким чином, Гнилоп'ята та Постолова є типовими представниками малих річок Вінницької області, кожна з яких має свої особливості та значення. Їхній екологічний стан є важливим показником загальної якості довкілля в регіоні, тому охорона цих водних ресурсів має стати одним із пріоритетів для місцевих громад та природоохоронних організацій [3].

Річка Гнилоп'ята є правою притокою Тетерева, що належить до басейну Дніпра. На своєму шляху Гнилоп'ята проходить через низку населених пунктів, серед яких Козятин, Кордишівка, Самгородок та інші. В межах Вінницької області її русло має рівнинний характер із помірними звивами, а береги річки формують луки, лісові масиви та орні землі (рис. 1).

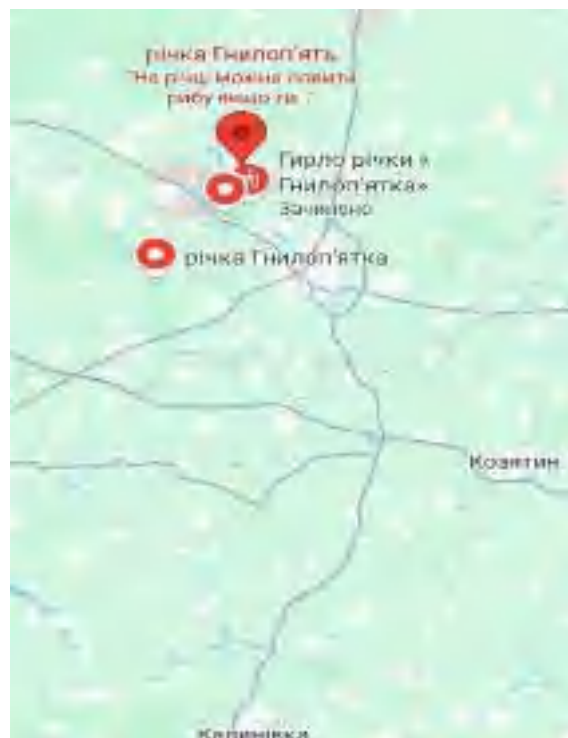


Рис.1. Річка Гнилоп'ята на карті [7]

Річка Постолова, на відміну від Гнилоп'яти, має значно меншу довжину й належить до басейну Південного Бугу. Вона бере свій початок поблизу села Постолівка та протікає через південні райони Вінницької області. Її русло перетинає кілька малих населених пунктів, а в деяких місцях річка утворює невеликі ставки та водосховища. Завдяки меншій антропогенній зміні навколишнього середовища Постолова зберігає відносно природний вигляд, хоча в деяких районах зазнає впливу господарської діяльності (рис. 2).

Обидві річки відіграють значну роль у регіональній гідрологічній мережі, забезпечуючи водопостачання, іригацію та рекреаційні можливості для місцевого населення. Однак їхнє розташування в межах територій з активною сільськогосподарською діяльністю робить їх чутливими до змін, спричинених людською діяльністю, зокрема до забруднення та зміни природного русла.

Екологічний стан річок Гнилоп'ята та Постолова в межах Вінницької області є важливим питанням для охорони навколишнього середовища та

забезпечення водних ресурсів для населення та сільського господарства. Обидві річки мають стратегічне значення для водопостачання та є частинами водозбірних басейнів, що впливають на екосистему регіону [4].

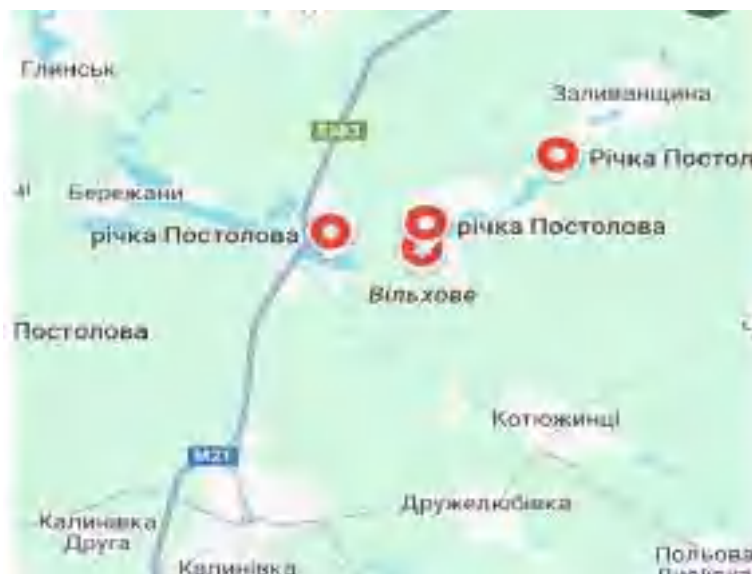


Рис.2. Річка Постолова [5]

Гнилоп'ята, яка бере свій початок неподалік Вінниці, є відносно невеликою річкою, але її екологічний стан є предметом занепокоєння. Однією з основних проблем річки є забруднення води. Водні ресурси зазнають впливу різноманітних забруднювачів, серед яких промислові відходи, стоки від сільськогосподарських угідь та забруднення, пов'язане з побутовими відходами. Важливою проблемою також є зниження рівня води, спричинене діяльністю людини, зокрема будівництвом водосховищ та зрошувальних систем. Це призводить до погіршення водного балансу річки та порушення природних екосистем.

Постолова річка, хоча й менш відома, також зазнає впливу антропогенної діяльності. Вода в річці часто забруднюється через зливові стоки, що містять хімічні та біологічні забруднювачі. Протягом свого шляху вона проходить через сільськогосподарські угіддя, де використовуються пестициди та добрива, що потрапляють у воду і погіршують її якість. Крім того, зниження рівня води та зміни природного ландшафту, зокрема через урбанізацію та використання земель для аграрних потреб, також сприяють негативним змінам в екосистемах річки.

Стан водних екосистем обох річок серйозно впливає на біорізноманіття. Вони є середовищем існування для різних видів риб, амфібій та водоплавних птахів, але антропогенні чинники, зокрема забруднення та зміни природного середовища, можуть призвести до зниження популяцій цих видів. Водночас, зниження якості води надає менше можливостей для розвитку місцевих екосистем та потребує вжиття заходів для відновлення природної рівноваги.

Одним із важливих аспектів покращення екологічного стану річок є належне управління водними ресурсами та контроль за діяльністю, що негативно впливає на водні артерії. Впровадження ефективних технологій очищення води, зменшення забруднення від сільського господарства, а також посилення

контролю за скидами стоків можуть допомогти значно покращити ситуацію. Окрім того, важливим є залучення місцевих громад до процесу збереження водних ресурсів через екологічну освіту та активну участь у заходах із збереження природи.

Природоохоронні заходи на річках Гнилоп'ята та Постолова в межах Вінницької області є важливими для збереження екосистем водних ресурсів та підтримки біорізноманіття регіону. Забруднення вод, ерозія ґрунтів, зменшення рівня води та інші антропогенні фактори погіршують стан цих річок, тому комплексний підхід до їх охорони є необхідним для забезпечення сталого розвитку і збереження природних ресурсів [6].

Одним із першочергових заходів, які можуть бути застосовані на річках Гнилоп'ята та Постолова, є впровадження системи очищення води від забруднювачів. Забруднення цих річок часто відбувається через скидання стоків від промислових підприємств, сільськогосподарських угідь та побутових відходів. Для зменшення цього негативного впливу необхідно модернізувати існуючі очисні споруди, а також створювати нові, більш ефективні системи очищення, що дозволяють зменшити кількість хімічних та біологічних забруднювачів у воді. Ці заходи допоможуть покращити якість води і зберегти водні екосистеми.

Окрім очищення води, важливим кроком є збереження природного ландшафту річок та берегових зон. Для цього необхідно проводити роботи з відновлення рослинного покриву на берегах річок, що допомагає зменшити ерозію ґрунтів і запобігти забрудненню води з поверхневих стоків. Важливо також здійснювати боротьбу з нелегальними забудовами та іншими змінами ландшафту, які можуть спричиняти погіршення стану річок. Відповідно це в свою чергу може включати встановлення охоронних зон навколо річок, а також обмеження забудови та інших видів діяльності, які зі своєї сторони можуть шкодити екологічному стану водних ресурсів.

Важливим аспектом природоохоронних заходів є моніторинг якості води та екологічного стану річок. Слід врахувати те, що регулярні дослідження води на наявність забруднювачів дозволяють своєчасно виявляти проблеми і вживати необхідних заходів. Система моніторингу також повинна включати спостереження за популяціями водних організмів, що допоможе оцінити вплив забруднення на біорізноманіття. Використання сучасних методів аналізу дозволить більш ефективно виявляти шкідливі впливи на річки та оперативно реагувати на них.

Варто зазначити той чинник, що ще одним вкрай важливим напрямком природоохоронної діяльності є впровадження агроекологічних практик на сільськогосподарських землях, розташованих у басейнах річок Гнилоп'ята та Постолова. Як відомо, сільське господарство є однією з основних причин забруднення вод, тому необхідно сприяти використанню безпечних для водних ресурсів технологій, зменшення застосування пестицидів і хімічних добрив, а також впроваджувати методи точного землеробства, які дозволяють оптимізувати використання ресурсів і знижувати навантаження на екосистеми [7].

Залучення місцевих громад до процесів збереження річок є також важливим елементом природоохоронної діяльності. Освітні програми, екологічні акції та заходи щодо підвищення свідомості серед населення можуть сприяти зменшенню забруднення води побутовими відходами, запобіганню браконьєрству та незаконному використанню водних ресурсів. Люди повинні розуміти важливість чистоти води для здоров'я їхніх сімей та екосистем, а також мати можливість долучатися до проєктів, спрямованих на відновлення водних ресурсів.

Загалом, природоохоронні заходи на річках Гнилоп'ята та Постолова повинні бути комплексними та багатоаспектними. Вони повинні включати очищення води, відновлення природних екосистем, моніторинг якості води, захист берегових зон і впровадження сталих аграрних практик. Крім того, важливе значення має активна участь місцевих громад у цих процесах. Лише за умови спільних зусиль влади, підприємств і громад можна досягти покращення екологічного стану річок і забезпечити їхнє сталий розвиток для майбутніх поколінь.

Висновок. Порівняльна оцінка екологічного стану річок Гнилоп'ята та Постолова у Вінницькій області показала, що Гнилоп'ята, як одна з найбільших водних систем, зазнає серйозного забруднення через промислові, сільськогосподарські та побутові стоки, що призводить до погіршення якості води та зменшення біорізноманіття. Постолова, менша за розмірами, має нижчий рівень антропогенного навантаження, але також страждає від сільськогосподарських і побутових забруднень. Обидві річки потребують комплексних заходів: Гнилоп'ята – термінових дій для зменшення забруднення, Постолова – профілактичних заходів щодо збереження природних ландшафтів та контролю за стоками. Упровадження ефективних рішень дозволить відновити та зберегти екологічний баланс цих водних об'єктів.

Список використаної літератури

1. Петров І.В., Іванов О.В. Аналіз екологічного стану водних ресурсів Вінницької області та шляхи його покращення. *Вісник Вінницького національного технічного університету*. 2022. № 4. С. 25–30.

2. Ковальчук В.І., Ковальчук О.В., Ковальчук В.В. Аналіз показників екологічного стану басейну річки Південний Буг у межах Вінницької області. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2023. № 1. С. 45–52.

3. Ковальчук О.В., Ковальчук В.В. Екологічний стан водного середовища Вінниччини. *Екологія та природні ресурси*. 2021. № 3. С. 12–18.

4. Інтерактивна карта «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України». *Державне агентство водних ресурсів України*. 2020. URL: <https://deplv.gov.ua/2020/06/26/interaktyvna-karta-monitoryng-ta-ekologichna-ocinka-vodnyh-resursiv-ukrayiny/>

5. Малі річки Вінниччини. URL: <https://kalynivka.city/articles/134705/sim-malih-richok-nashogo-krayu-pro-yaki-kalinivchani-mogli-ne-chuti>

6. Іванов О.В., Петров І.В. Оцінка впливу малих гідроелектростанцій на стан річок Вінницької області. *Екологічна безпека та природокористування*. 2021. № 2. С. 34–40.

7. Річка

Гнилоп'ять.

URL:

<https://vue.gov.ua/%D0%93%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%BF%27%D1%8F%D1%82%D1%8C>

Юлія КРИВА⁵⁰,
студентка 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ НАПРЯМОК МІНІМІЗАЦІЇ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

***Анотація** У статті розглядаються основні екологічні проблеми, пов'язані з сучасним виробництвом, а також пропонуються шляхи їх оптимізації. Особливу увагу приділено впливу промислових процесів на навколишнє середовище та можливостям їхнього екологічного вдосконалення.*

Розглянуто концепцію «зеленої економіки», циркулярного виробництва та використання альтернативних джерел енергії. Запропоновано рекомендації щодо зменшення негативного впливу виробничої діяльності на довкілля.

Annotation. *The article examines the main environmental issues related to modern production and proposes ways to optimize them. Special attention is given to the impact of industrial processes on the environment and the possibilities for their ecological improvement. The concept of the "green economy," circular production, and the use of alternative energy sources are considered. Recommendations are proposed to reduce the negative impact of industrial activities on the environment.*

Вступ. Розвиток промислового виробництва спричиняє значний вплив на екологічний стан планети. Викиди парникових газів, утворення промислових відходів, забруднення водних ресурсів та виснаження природних ресурсів є

лише частиною проблем, що виникають унаслідок діяльності виробничих підприємств. Саме тому розробка та впровадження екологічно безпечних технологій є актуальним завданням сучасної науки та промисловості. Воєнний стан в Україні, у зв'язку із вторгненням росії на територію, створює додаткові виклики для екологічної безпеки. Збройні конфлікти призводять до руйнування

⁵⁰ Науковий керівник – Ковка Н.С., асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

промислових об'єктів, викиду небезпечних речовин, забруднення водних ресурсів та ґрунтів. У таких умовах екологізація виробництва набуває стратегічного значення не лише для відновлення економіки, але й для зменшення негативного впливу на довкілля.

Результати досліджень. Виробництво, особливо промислове, є одним із головних чинників забруднення біосфери та екологічних проблем сучасності. Його сутність полягає у вилученні з довкілля одних речовин і створенні інших, що майже завжди супроводжується появою побічних продуктів – відходів, сміття, шуму, випромінювання тощо. Такі процеси змінюють структуру екосистем, впливають на їхній розвиток і еволюцію, а також привносять у довкілля фактори, до яких людина не мала змоги біологічно пристосуватися. Компенсація цих негативних наслідків можлива лише через соціальні та культурні механізми регулювання взаємодії з природним середовищем.

Сьогодні дедалі більше утверджується думка про екологізацію виробництва як єдиний можливий шлях подальшого розвитку цивілізації, оскільки альтернативи цьому немає. Водночас існують й інші можливі моделі взаємодії людини з довкіллям, серед яких можна виокремити три основні (рис.1).

Перший підхід передбачає «заморожування» рівня розвитку виробничих сил на досягнутому рівні. Прихильники цієї моделі вважають, що подальше зростання промисловості неминуче призведе до екологічної катастрофи та колапсу людської цивілізації. Така концепція набула популярності після оприлюднення доповідей Римського клубу, зокрема «Межі зростання» (1972) Д. Медоуза та ін., «Людство біля зворотного кола» (1974) М. Месаровича й Е. Пестеля, а також «Катастрофа чи нове суспільство» (1976) А. О. Еррери та ін. Вони спиралися на моделювання глобальних процесів, розроблене Дж. Форрестером [2,4].

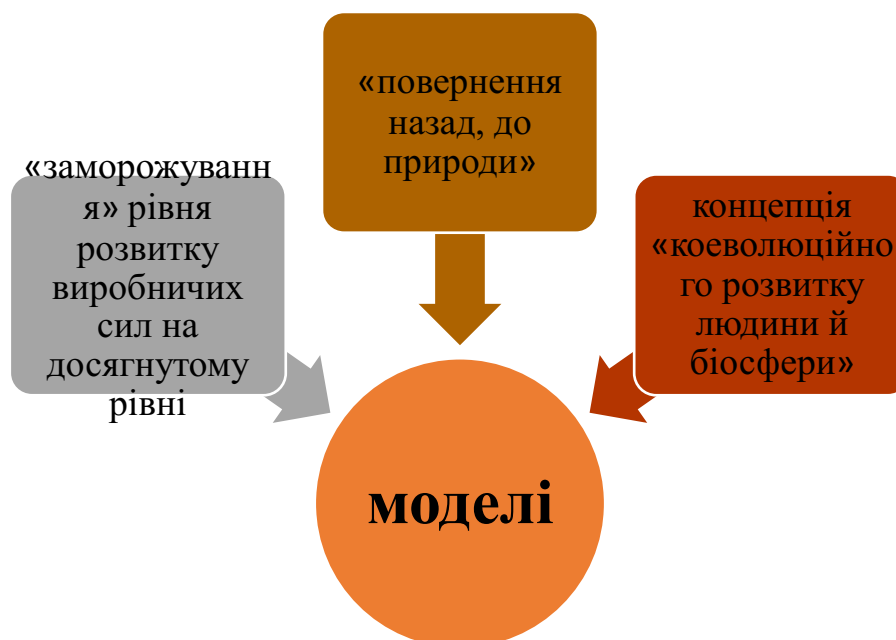


Рис.1. Моделі розвитку стосунків людини з довкіллям

Основою цього підходу став об'єктивний аналіз стану довкілля, який

свідчив, що подальше нарощування виробничих потужностей може спричинити незворотні екологічні зміни. Проте історія показала, що людство не збиралося відмовлятися від індустріального розвитку. До того ж, з'явилися нові технологічні досягнення, покращені методи енергоспоживання та нові матеріали, які дали підстави для більш оптимістичного погляду на взаємодію цивілізації з природою.

Другий підхід базується на ідеї повернення до природи, що нагадує руссоїстське гасло «назад, до природи». Він ґрунтується як на традиційних екологічних проблемах, спричинених промисловістю, так і на моральному та психологічному занепаді суспільства через розвиток (а, радше, регрес) цивілізації. Ця концепція має глибокі історичні корені, зокрема в уявленнях про «золоту добу» людства, коли панували гармонія, мир та достаток.

Однак подібні ідеї є утопічними. Досвід традиційного природокористування свідчить, що «дика природа» здатна підтримувати існування лише 10–12 мільйонів осіб. У сучасному світі, де населення перевищує 8 мільярдів, повернення до первісного стану призвело б до катастрофічного виснаження ресурсів та самознищення людства [1,5].

Третя модель орієнтована на коеволюційний розвиток людини та біосфери. Оскільки зупинити розвиток цивілізації неможливо й недоцільно, необхідно шукати шляхи гармонійної взаємодії з довкіллям. Йдеться не просто про збереження окремих природних об'єктів, а про забезпечення стратегії розвитку, яка дозволяє біосфері зберігати свою цілісність і різноманіття.

Ключовим моментом у цій моделі є зміна рушійних сил еволюції біосфери. До появи людини екосистема розвивалася завдяки внутрішнім природним закономірностям, але з початком антропогенної доби людина стала основним чинником її змін. Вона виступає не лише найпотужнішою геологічною силою, а й свідомим організатором біосферних процесів, на якого покладено відповідальність за коеволюційну стратегію майбутнього розвитку [2].

Екологізація виробництва передбачає поступове впровадження технологічних, управлінських та інших рішень, що сприяють раціональному використанню природних ресурсів та збереженню довкілля. Вона охоплює біологічні та технологічні аспекти, що визначають шляхи мінімізації впливу промисловості на навколишнє середовище.

Ключові аспекти екологічного забруднення, їх вплив на довкілля, роль промисловості у виникненні забруднення, а також пропозиції щодо покращення виробництва і мінімізації екологічного тиску представлені у табл.1.

Біотехнології відіграють ключову роль у створенні екологічно чистих процесів. Використання мікроорганізмів для синтезу білкових речовин, біопалива та очищення стічних вод дозволяє знизити рівень забруднення [6,7]. Наприклад, метанове бродіння відходів забезпечує виробництво біогазу, що є альтернативним джерелом енергії з низьким рівнем шкідливих викидів.

Технологічні аспекти екологізації виробництва [5]

1. Зниження матеріалоємності та енергоємності – розробка ефективних технологій дозволяє скоротити використання ресурсів.

2. Підвищення продуктивності обладнання – модернізація техніки сприяє зменшенню кількості необхідних виробничих потужностей.

3. Розвиток екологічно чистих технологій – впровадження безвідходного виробництва та використання вторинних ресурсів.

4. Оптимізація процесів енергоспоживання – застосування відновлюваних джерел енергії та зменшення втрат тепла.

Найпоширенішим є підхід до екологізації як до об'єктивного процесу цивілізаційного розвитку. В його основі – поступальний перехід суспільства від традиційного та мануфактурного виробництва до індустріального, потім – до постіндустріального й, зрештою, до інформаційного суспільства.

Ключовими ознаками цього процесу є впровадження безвідходних технологій і замкнених виробничих циклів, використання екологічно чистих джерел енергії, а також розширення підходу до природи не лише як до ресурсу, а й як до цінності, що визначає сам сенс існування людства [3].

Сучасний етап екологізації виробництва передбачає активне залучення природних процесів до промислового циклу, розвиток технологій, що базуються на енергії самої природи, а також виробництво не тільки приладів і механізмів, а й органічних матеріалів, продуктів харчування та інших видів необхідної сировини індустріальними методами.

Проблема екологізації виробництва є однією з найважливіших для сучасної цивілізації, оскільки вона визначає рівень екологічної культури суспільства. Це складне питання як у теоретичному, так і в практичному аспектах, оскільки вимагає врахування численних взаємозалежних факторів.

Таблиця 1. Ключові аспекти екологічного забруднення та стратегії мінімізації виробничого тиску на довкілля

Аспект екологічного забруднення	Вплив на довкілля	Роль промисловості	Пропозиції щодо покращення виробництва та мінімізації тиску
Викиди забруднюючих речовин (газів, хімічних сполук)	Погіршення якості повітря, глобальне потепління, кислотні дощі	Промислові підприємства є основними джерелами викидів в атмосферу	Впровадження технологій очищення повітря, зниження викидів, перехід до безвуглецевих джерел енергії
Вода і водні ресурси (забруднення води)	Порушення екосистем водних об'єктів, загроза водопостачанню	Забруднення води відходами з виробництва, хімічними речовинами	Вдосконалення систем очищення води, використання замкнутих циклів водообігу на підприємствах
Відходи виробництва	Накопичення відходів, забруднення ґрунтів, шкода для фауни	Невідповідне утилізування відходів, вивільнення токсичних речовин	Рециклінг, використання вторинних матеріалів, зменшення обсягів відходів шляхом оптимізації виробничих процесів

Шумове та теплове забруднення	Шумове забруднення може впливати на здоров'я людей та тварин, зміна клімату через теплові викиди	Інтенсивне використання машин, обладнання та енергоспоживання	Впровадження тихих та енергоефективних технологій, регулювання температурних випромінювань на підприємствах

Основним викликом є суперечливість цього процесу. З одного боку, антропогенний вплив на біосферу є неминучим і, ймовірно, продовжуватиме зростати. З іншого – біосфера має обмежені ресурсні та відновлювальні можливості, перевищення яких може призвести до її деградації та створення умов, непридатних для існування людини.

У цьому контексті неминучими та життєво необхідними є такі кроки, як оптимізація та інтенсифікація виробничих процесів, раціональне й комплексне використання природних ресурсів, замкнені виробничі цикли, перехід на екологічно чисті й відновлювані джерела енергії. Екологізація виробництва перестає бути лише технологічним завданням – вона стає визначальним напрямом стратегії сталого розвитку людства.

Висновок. З огляду на військовий стан в Україні, питання екологічної безпеки стає ще більш актуальним. Військові дії спричиняють значні екологічні ризики, що вимагає комплексного підходу до відновлення природного середовища та впровадження екологічно безпечних технологій у промисловості. Екологізація виробництва є необхідною умовою для збереження довкілля та забезпечення сталого розвитку. Впровадження сучасних природоохоронних технологій дозволяє значно зменшити негативний вплив промислових підприємств. Однак розв'язання проблеми забруднення потребує комплексного підходу, що включає нормативне регулювання, економічні стимули та інноваційні технології.

Екологізація виробництва є необхідною умовою для збереження довкілля та забезпечення сталого розвитку. Впровадження сучасних природоохоронних технологій дозволяє значно зменшити негативний вплив промислових підприємств. Однак розв'язання проблеми забруднення потребує комплексного підходу, що включає нормативне регулювання, економічні стимули та інноваційні технології.

Список використаної літератури

1. Амонс С.Е., Красняк О.П.. Екологізація аграрного виробництва як основа формування системи продовольчої безпеки України. *Економіка та суспільство*. 2023. № 47. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-41>
2. Багорка М.О., Сергієнко А.А. Екологізація виробництва аграрних підприємств як інноваційна складова їх розвитку. *Економічні студії*. 2021. № 3(33). С. 10–16.
3. Дубчак І. О., Цимбалюк С.Я. Екологізація виробництва як напрям збалансованого еколого-економічного розвитку України. Матеріали VI

Всеукраїнської науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку» Секція III. Інноваційний розвиток України в умовах євроінтеграції: промисловість, якість, безпека. С. 165-166. URL: <https://api-ir.dpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/dbe8a55a-f8ee-4da5-8da8-7291bfb2d685/content>

4. Екологізація економіки та екологічність виробництва в Україні. Центр екологічного моніторингу. URL: <http://surl.li/ncqaz>

5. Роль екологізації виробництва у забезпеченні сталого розвитку. А. Єфремов, Ві. Оліфіренко. Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.).

6. Razanov S.F., Razanova A.M., Àmons S.E., Gutsol G.V. Yield, chemical composition and the level of accumulation of heavy metals in the vegetative mass and seeds of milk thistle (*Silybum marianum* L.) in different types of organic fertilizer. *Ecology, environment and conservation*. 2021. Vol. 27 (4). P. 1609–1617.

7. Razanov S., Ovcharuk V., Krasnyak O., Bakhmat M., Bakhmat O. Agroecological assessment of green manures grown from winter grain harvest lost in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2021. Vol. 11 (4). P. 895–902.

Олексій ТИМОЩУК⁵¹,

студент 3-го року навчання,

факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,

ННІ Агротехнологій та природокористування

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ БІОТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Анотація. Стаття присвячена визначенню біотичного різноманіття у межах Вінницької області. Подано короткий опис і характеристику флори і фауни досліджуваного регіону. Використовуючи методи екологічного моніторингу здійснено аналіз сучасного екологічного стану біорізноманіття. На основі ознайомлення з підходами, принципами і методами охорони, відтворення, відновлення і раціонального використання тваринного і рослинного світу, а також місць їх оселищ, визначено оптимальні шляхи збереження біорізноманіття у межах Вінницької області у контексті сталого розвитку регіону.

⁵¹ Науковий керівник – Мудрак Г.В., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

Annotation. *The article is devoted to the definition of biotic diversity within the Vinnytsia region. A brief description and characteristics of the flora and fauna of the studied region are given. Using ecological monitoring methods, an analysis of the current ecological state of biodiversity was carried out. Based on familiarization with the approaches, principles and methods of protection, reproduction, restoration and rational use of the animal and plant world, as well as their habitats, optimal ways of preserving biodiversity within the Vinnytsia region in the context of sustainable development of the region are determined.*

Вступ. Біорізноманіття – це сукупність усіх видів живих організмів включаючи тварин, рослин, водних жителів, птахів, водоростей, грибів, які взаємодіють між собою та утворюють екосистеми [1].

Збереження біорізноманіття вкрай важливе для нормального функціонування екосистем – лісів, водойм, лук, боліт, степів. Подальше скорочення біорізноманіття може призвести до дестабілізації біоти, втрати цілісності біосфери та її здатності підтримувати найважливіші характеристики середовища [5].

Катастрофічні темпи втрати видів флори і фауни та середовищ їхнього існування стали однією з проблем, що стоїть на світовому порядку денному поряд з питаннями глобальних кліматичних змін, воєн чи бідності. Будучи наріжним каменем збереження стійкості екосистем, а згодом – їхньої здатності забезпечувати важливі екосистемні послуги для потреб самої ж людини, біотичне різноманіття стає важливим гравцем не лише у питаннях охорони природи, але й реалізації економічних і політичних інтересів суспільства. Збереження повноти видового складу екосистем, генетичної унікальності популяцій та цілісності природних угруповань є одним з аспектів досягнення низки цілей сталого розвитку [2, 6].

Внаслідок незворотних змін біосфера може стати непридатною для життя людини. Тому, знання шляхів і методів збереження біорізноманіття потребує уваги.

Водночас, реалізація суспільством підходів до охорони біотичного різноманіття є його важливою цивілізаційною характеристикою і маркером зрілості. Урядами багатьох країн світу розробляються програми сповільнення або й зупинки деградації природних угруповань, втрат видів чи популяцій з їхніми унікальними генетичними особливостями – від перегляду національних природоохоронних законодавств до участі в міждержавних угодах та виділення фінансування з метою захисту біологічного різноманіття на всій планеті. Звичайно, такі зусилля насамперед зорієнтовані на охорону і збереження раритетних видів і їхніх оселищ як найвразливіших компонентів екосистем. Серед найефективніших способів охорони біотичного різноманіття є повне чи часткове виведення із господарського обігу територій існування рідкісних видів і популяцій та/або оселищ і надання таким об'єктам, важливим для існування цінних компонентів біоти, природоохоронного статусу [1, 9].

Збереження біорізноманіття є одним із ключових завдань, яке постає перед світовим співтовариством у контексті досягнення сталого розвитку. Воно

впливає на всі сфери людської діяльності – економічну, соціальну та екологічну, формуючи культуру, духовні цінності та менталітет суспільства. Сучасний рівень активності людства досяг меж витривалості природних екосистем [1].

Людство, як біологічний вид, повинно усвідомити, що його існування тісно пов'язане з виживанням інших видів рослин і тварин, а також із збереженням повноти генофонду в екосистемах.

Рішення проблеми збереження біорізноманіття на глобальному рівні починається з розбудови локальних і регіональних природно-заповідних територій, які виступають своєрідним «каркасом» для підтримання екологічної стабільності природних систем. Біорізноманіття, яке склалося внаслідок тривалої еволюції, є одним із найцінніших природних ресурсів, що забезпечує близько 35% усіх людських потреб. Його повноцінне збереження можливе лише через створення заповідних територій, які відображають багатство флори і фауни конкретного регіону [5, 9].

Більшість країн Європейського Союзу вже перейшли до стратегії збереження біотичного різноманіття шляхом створення природоохоронних територій і формування (реалізації) національних (регіональних) екомереж [1, 4]. В Україні цей процес лише набирає обертів.

Ситуація збереження, охорони, відтворення і раціонального використання біотичного різноманіття в Україні та в окремих її регіонах наразі вже є критичною. Стан біорізноманіття дедалі погіршується, зменшення пришвидшується, кліматичні зміни та надмірна господарська діяльність людини лише поглиблюють ситуацію. Особливо ускладнюють проблему збереження біорізноманіття України військова агресія росії. Тому технологія захисту біотичного різноманіття в контексті стратегії сталого розвитку суспільства є важливою й актуальною.

Метою дослідження є проведення аналізу екологічного стану біотичного різноманіття у межах Вінницької області.

Об'єктом дослідження є біотичне різноманіття Вінницької області.

Предметом дослідження є причини втрати та визначення оптимальних шляхів збереження біорізноманіття досліджуваної території.

Під час проведення досліджень використовувалися *методи* опису, аналізу, екологічного моніторингу за сучасним станом біорізноманіття й узагальнення для визначення причин втрати біорізноманіття Вінницької області. Проведено аналіз сучасних методів збереження біорізноманіття для визначення оптимальних шляхів збереження біотичного різноманіття Вінницької області

Виклад основного матеріалу. Біорізноманіття є національним багатством України, збереження та невиснажливе використання якого визнано одним з пріоритетів державної політики в сфері природокористування, екологічної безпеки та охорони довкілля, невід'ємною умовою поліпшення його стану та екологічно збалансованого соціально-економічного розвитку [8].

Біорізноманіття має велику екологічну, генетичну, соціальну, наукову, культурну, рекреаційну і естетичну цінність; воно необхідне для еволюції і

збереження екосистем і біосфери в цілому. Важливе завдання сьогодення – його збереження [2, 3].

Біорізноманіття Вінницької області як і загалом України, швидко скорочується у зв'язку з такими чинниками як: зміни у землекористуванні, зміни клімату, інвазивні види, надмірна експлуатація та забруднення довкілля. Такі природні, або частіше викликані людиною чинники, що називаються каталізаторами, здебільшого, взаємодіють і підсилюють один одного [2, 7].

Здебільшого, основними чинниками, що безпосередньо ведуть до втрати біорізноманіття є: зміни середовища існування, такі як фрагментація лісів; вторгнення інвазивних видів, які вкорінюються і поширюються за межами свого нормального ареалу існування; надмірна експлуатація природних ресурсів; забруднення, зокрема, надмірне використання хімічних добрив, що призводить до понаднормової кількості токсичних продуктів їх розкладу у ґрунті та воді. 16 Недавні зміни клімату вже мали значний вплив на біорізноманіття та екосистеми в деяких регіонах. Оскільки зміни клімату стануть серйознішими, очікується, що шкідливий вплив на стабільність екосистем переважить економічний зиск, зокрема від збільшення вегетаційного періоду, у більшості регіонів світу. Зміни клімату, згідно з очікуваннями, посилять ризик вимирання видів, повеней, посух, і спалахів хвороб. Багато негативних чинників, впливають на біорізноманіття наразі сильніше, ніж у минулому, особливо взявши до уваги їх сукупну дію. Через вразливість до одної загрози, види часто стають сприйнятливими до інших; численні загрози можуть мати несподівано драматичні наслідки для біорізноманіття. Каталізatori вимирання різняться залежно від локальних до глобальних масштабів, а також від миттєвих до довгострокових наслідків. Наприклад, вимирання видів через втрату середовища існування може бути швидким для деяких видів, але тривати сотні років для інших.

Формування всеєвропейської екомережі – якісно новий етап розвитку природоохоронної діяльності. В межах її кожна країна з метою збереження біотичного і ландшафтного різноманіття формує власну національну екомережу. Схема такої мережі розроблена також в Україні і затверджена відповідним законом.

Сучасна рослинність досліджуваного регіону в основному сформувалася після льодовикового періоду, за останні 10-12 тисяч років. Її різноманіття пояснюється тим, що на цю територію в різні епохи проникали представники бореальної (тайгової), неморальної (широколистяні ліси), понтичної (степової) та середземноморської флори, що призвело до виникнення ендемічних і реліктових видів. Деякі релікти збереглися ще з до- та льодовикових часів. Флора і рослинність Вінницької області мають значну біогеоценотичну цінність, оскільки вони є «резервуаром» унікального флористичного фітогенетичного фонду Південно-Подільського типу. Тут зустрічаються популяції багатьох ендемічних, субендемічних, реліктових та рідкісних видів, загальна кількість яких становить близько 100 [2, 5, 7, 9].

Основу сучасної флори регіону складають лісові рослини (узлісні, бореальні, неморальні та лісо-болотні екологічні групи) – приблизно 30%. Лучна

рослинність становить 14%, лучно-степова – 16%, лучно-болотна – 10%, болотна – 3,5%, прибережно-водна – 2,5%, водна – 1,5%. Рудеральна та сегетальна рослинність охоплює близько 11%, петрофільно-вапнякова – 3,5%, культурна – 1,5%, інші види – 6,5%. Проте, більша частина природної рослинності втрачена, адже 75,2% території займають орні землі. Із залишкової природної та напівприродної рослинності переважають ліси, які покривають 14,3% території. Луки та степові ділянки займають приблизно 10%, а болота – 1,1% (табл. 1) [5, 7, 9].

Таблиця 1. – Видове різноманіття флори і фауни Вінницької області

Таксономічна категорія	Кількість видів флори України	Кількість видів флори регіону	Частка видів флори регіону від загальної кількості видів флори України, %
<i>Видове різноманіття флори</i>			
Судинні рослини	5310	1210	22,79
Мохоподібні	763	160	20,9
Водорості	4908	248	5,1
Ліхенозовані гриби	1322	188	14,2
Гриби	5227	269	5,1
Загалом флора	17530	2075	11,83
<i>Видове різноманіття фауни</i>			
<i>Загалом всі безхребетні</i>	33606	15000	46,1
Круглороті	2	1	50
Променепері риби	176	30	17
Хвостаті амфібії	6	1	16,6
Безхвостаті амфібії	13	9	69,2
Черепахи	1	1	100
Лускаті плазуни	20	6	30
Птахи	422	194	45,9
Ссавці	132	70	53
Загалом всі хребетні	772	312	40,4
Загалом фауна	34378	15312	44,5
<i>Загалом біорізноманіття</i>	51908	17387	33,4

Сучасний стан рослинності Вінницької області відзначається значним впливом антропогенних чинників. Процес синантропізації спричинив два паралельні явища: з одного боку, відбувається вимирання і пригнічення природних видів флори, а з іншого – збільшується присутність адвентивних (вторглих) видів, які утворюють нові рослинні угруповання. З кожним роком кількість адвентивних рослин у регіоні зростає, що змінює його біологічне різноманіття [7, 9].

На території регіону представлена різноманітна рослинність, яка включає такі основні типи: 1) лісовий; 2) лучний; 3) степовий; 4) наскельно-степовий; 5) водно-болотний. Крім того, у цьому регіоні зустрічаються рідкісні угруповання, які занесені до Зеленої книги України (ЗКУ, 2009) (табл. 2).

Таблиця 2. – Види флори, що охороняються на території Вінницької області

Загальна кількість видів флори на території Вінницької області	1210
% від загальної чисельності видів України	22,79
У т.ч. охороняються, що внесені до:	222
ЧС МСОП (2018)	4
ЄЧС (1991)	5
види флори, занесені до додатку I Конвенції про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі	14
види флори, занесені до додатків Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (CITES, 1973)	27
ЧКУ (2009)	98
Рослинні угруповання, занесені до ЗКУ (2009)	17
<i>трав'яні і чагарникові степові угруповання</i>	5
<i>лісові угруповання</i>	5
<i>водні угруповання</i>	7
переліку регіонально рідкісних видів	123

Своєрідність рельєфу, помірно теплий клімат, наявність численних водойм та багатство флористичного різноманіття створюють сприятливі умови для збереження багатьох фауністичних комплексів, які відрізняються своїм видовим складом. Якісні та кількісні характеристики фауни тісно пов'язані з флористичним складом біоценозів, що відображає різноманітність природних комплексів, таких як лісові, степові, лучні, водно-болотні угруповання, а також агро- й урбоєкосистеми. Фауна регіону відрізняється своєю строкатістю, де спостерігається взаємопроникнення видів, характерних як для лісів, так і для степів [2-3].

Згідно з зоогеографічним районуванням України (2008), Вінницької області належить до Дністровсько-Дніпровської підділянки, яка входить до складу Східноєвропейського листяного лісу і лісостепу Палеоарктичної області. За останнє століття через антропогенне навантаження, пов'язане з людською діяльністю, чисельність тварин у регіоні знизилася, а фауна збідніла на 32 види [9].

За еколого-типологічною класифікацією, на території Вінницької області виділяють кілька типів фауни: 1) лісових екосистем; 2) агроєкосистем (оброблюваних угідь, суходільних лук і пасовищ); 3) водно-болотних екосистем; 4) синантропну фауну. Незважаючи на те, що природні біотопи збережені не повсюдно і мають фрагментарний характер, фауністичний склад залишається досить різноманітним. Найвищу соціологічну оцінку зоорізноманіття Вінницької області представляють раритетні види тварин (табл. 3) [7, 9].

Сучасний стан біотичного різноманіття Вінницької області потребує охорони та збереження через значний антропогенний вплив на природні екосистеми. Найбільш незмінені ділянки збереглися в лісових (355,1 тис. га, 13,36% площі), чагарникових (12,4 тис. га, 0,46%), водно-болотних (29,7 тис. га, 1,1%) екосистемах, а також частково на пасовищах (187,7 тис. га, 7,08%),

сіножатах (50,2 тис. га, 1,89%), перелогах (0,93 тис. га, 0,04%), відкритих землях без або з незначним рослинним покривом (25,9 тис. га, 1,11%) і полезахисних лісосмугах (17,5 тис. га, 0,66%). Загалом ці екосистеми охоплюють 25,7% території регіону, тоді як 78% площі зайняті агроландшафтами з сезонною рослинністю. Із 1210 видів судинних рослин регіону (22,79% видів України) 80 підлягають охороні. З 15312 видів тварин (44,5% фауни України) охорони потребують 121 вид [6, 9].

Таблиця 3. – Види фауни, що охороняються на території Вінницької області

Загальна чисельність видів фауни , що охороняються на території регіону	15312
% від загальної чисельності видів України	44,5
у т.ч. охороняються, що внесені до:	340
ЧС МСОП (2018)	30
ЄЧС (1991)	35
Види фауни, занесені до Червоної книги України	99
Види фауни, занесені до додатків Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (CITES, 1973)	36
Види фауни, занесені до додатків Конвенції про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі (Бернської конвенції, 1979), включаючи Смарагдову мережу	183
Види фауни, занесені до додатків Конвенції про збереження мігруючих видів диких тварин (Боннської конвенції, (CMS)	74
Види фауни, що охороняються відповідно до Угоди про збереження афро-євразійських мігруючих водно-болотних птахів (AEWA, 1995)	31
Види фауни, що охороняються відповідно до Угоди про збереження про кажанів в Європі (EUROBATS, 1979)	10
переліку регіонально рідкісних видів	59

Стан збереження рідкісних видів рослин і тварин у межах Вінницької області оцінено за трьома рівнями захищеності:

1. Достатньо забезпечені охороною: рослини – 81 вид (лісові – 23, лучно-степові – 51, водно-болотні – 7); тварини – 72 види (лісові – 31, лучно-степові – 24, водно-болотні – 17).

2. Недостатньо забезпечені охороною: рослини – 48 видів (лісові – 13, лучно-степові – 23, водно-болотні – 12); тварини – 54 види (лісові – 15, лучно-степові – 21, водно-болотні – 18).

3. Не забезпечені охороною: рослини – 32 види (лісові – 6, лучно-степові – 19, водно-болотні – 7); тварини – 31 вид (лісові – 7, лучно-степові – 17, водно-болотні – 7) [6, 9].

Небезпечні чинники, які призводять до втрати біотичного різноманіття поділяють на: екологічні (зникнення біологічних видів та ізольованих популяцій; втрата унікальних флоро-фауністичних комплексів, ценозів і екосистем; знищення репрезентативного, рідкісного та унікального біорізноманіття; скорочення чисельності видів до критично низького рівня; введення чужорідних видів, які витісняють місцеві, руйнують їхні природні місця існування), соціально-економічні (відсутність ефективної національної програми та слабка координація між відомствами щодо охорони біотичного різноманіття,

збалансованого використання земель, боротьби з опустелюванням і деградацією; низька зацікавленість у збереженні біорізноманіття як з боку державних установ, так і бізнесу та місцевих громад; недостатність економічних і фінансових механізмів (обмежене фінансування) для стимулювання захисту біорізноманіття; низький рівень екологічної освіти та культури) й антропогенні (недосконалість системи управління у сфері охорони та раціонального використання біорізноманіття; низький рівень фінансування для охорони природи та збалансованого природокористування; слабка правова відповідальність; російська збройна агресія на території України спричинила серйозні екологічні наслідки, включно із забрудненням поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, руйнуванням лісових і степових екосистем, пошкодженням об'єктів природно-заповідного фонду, а також виникненням лісових пожеж) [5, 9].

Наразі виникає загроза, що біотичне різноманіття при подальшій деградації не виконуватиме для людини основні функції – екологічну, генетичну, еволюційну, економічну, ресурсну, наукову, освітню, виховну, естетичну, оздоровчу. Існуючі стратегії охорони живої природи не забезпечують збереження і відтворення біорізноманіття. Ці функції може виконати екологічна мережа, яка призупинить деградацію екосистем, відтворить природний каркас території шляхом зменшення різних загроз біотичного різноманіття.

Формування екологічної мережі Вінницької області базується на національній концепції створення екомережі, де ключова роль у виділенні природних ядер належить існуючим та запланованим заповідним об'єктам і територіям. У європейських концепціях заповідні зони є допоміжними елементами при визначенні місць розташування елементів екологічної мережі. Водночас, важливу роль у плануванні просторової структури відіграють дані про наявність природних екосистем, рідкісних біотопів, ареалів рідкісних видів рослин і тварин, а також міграційних шляхів тварин, що не зазнали впливу господарської діяльності [3, 5, 7].

Одним із ключових напрямів екологічно безпечного і сталого розвитку територіальних громад та регіонів, зокрема Вінницької області, є створення регіональних та локальних екологічних мереж. Відповідно до Закону України «Про екологічну мережу» (2004), екомережа визначається як єдина територіальна система, яка створюється з метою покращення умов для відновлення та збереження довкілля, підвищення природно-ресурсного потенціалу України, охорони ландшафтного та біотичного різноманіття. Вона також сприяє збереженню місць існування рідкісних видів флори та фауни, генетичних ресурсів, а також міграційних шляхів тварин шляхом об'єднання природно-заповідних територій та інших екологічно важливих об'єктів, що мають особливе значення для охорони природи і підлягають спеціальному захисту згідно з національними законами та міжнародними зобов'язаннями України [5, 8].

Висновок. у статті проведено аналіз сучасного екологічного стану біотичного різноманіття Вінницької області. На території досліджуваного регіону представлена різноманітна рослинність, яка включає основні типи такі

як: лісовий, лучний, степовий, наскельно-степовий, водно-болотний. Крім того зустрічаються рідкісні угруповання, які занесені до Зеленої книги України. Фауна регіону відрізняється своєю строкатістю, де спостерігається взаємопроникнення видів, характерних як для лісів, так і для степів. За еколого-типологічною класифікацією, у межах Вінницької області виділяють кілька типів фауни: лісових екосистем, агроекосистем (оброблюваних угідь, суходільних лук і пасовищ), водно-болотних екосистем, синантропну фауну. Незважаючи на те, що природні біотопи збережені не повсюдно і мають фрагментарний характер, фауністичний склад залишається досить різноманітним. Найвищу соціологічну оцінку зоорізноманіття Вінницької області представляють раритетні види тварин. Існуючі концепції охорони живої природи не забезпечують збереження і відтворення біотичного різноманіття. Ці функції може виконувати екологічна мережа, за допомогою якої можна призупинити деградацію екосистем, відтворити природний каркас території шляхом зменшення різних загроз біотичного різноманіття

Список використаної літератури

1. Збереження біорізноманіття. <https://ukrayinska.libretexts.org> (Дата звернення: 12.02.2025 р.)
2. Мудрак Г.В., Мудрак О.В. Науково-практичні аспекти раціонального використання агроландшафтів Середнього Придністер'я в контексті стратегії сталого розвитку регіону. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця. 2020. № 19 С. 159–176. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-4-14
3. Мудрак О.В., Мудрак Г.В. Екологічний моніторинг агроландшафтів України, як основа їх оптимізації та ефективного використання *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця. 2019. №14. С. 231–244.
4. Мудрак О.В., Березовська Р.Л., Мудрак Г.В. Урочище «Княгиня» як осередок збереження фіторізноманіття Східного Поділля. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. Вип. 40. С. 85–93.
5. Мудрак О.В., Мудрак Г.В. Заповідна справа : навчальний посібник для студентів галузі знань 10 «Природничі науки». Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2020. 640 с.
6. Мудрак О.В., Мудрак Г.В., Поліщук В.М. та ін. Еталони природи Вінниччини [монографія]. Вінниця: ТОВ «Консоль», 2015. 540 с.
7. Нейко І.С., Мудрак Г.В., Нейко О.В., Дідур І.М., Матусяк М.В., Козак Ю.В. Лісові генетичні ресурси у контексті збереження біорізноманіття Вінниччини. Монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2022. 500 с.
8. Про екологічну мережу України : Закон України. Відомості Верховної Ради України. 2004. № 45. С. 502. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15> (Дата звернення: 12.02.2025 р.)
9. Mudrak O.V., Ovchynnykova Yu.Yu., Mudrak G.V., Nagornyuk O.M. Eastern Podilia as a Structural Unit of a Pan-European Environmental Network. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2018. Vol. 74. No. 3. P. 55–63.

Богдан ПОБЕРЕЖНИЙ⁵²,
здобувача 1-го року навчання освітнього ступеня магістр,
факультету екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОЦІНКА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

***Анотація.** Природні ресурси є надзвичайно важливим чинником для економічного та промислового майбутнього України. Великі родовища корисних копалин та енергетичних ресурсів, позиціонують Україну як ключового експортера даної сировини. Дослідження ресурсного потенціалу Вінницької області має на меті не тільки проаналізувати теперішній стан природних ресурсів. Також це допоможе виявити нові можливості ефективного розвитку центральних регіонів держави, в галузях сільського господарства, екотуризму та промисловості, що базується на викопній сировині. Це також дасть змогу оцінити кількісні та якісні методи підходу дослідження, їхню пластичність та пристосування до різноманітних викликів як самого регіону так і світових. Підкреслить важливість впровадження методів раціонального природокористування, та посилення програм ресурсозбереження не тільки на промисловому рівні, а також і на культурному.*

***Annotation.** Natural resources are an extremely important factor for the economic and industrial future of Ukraine. Large deposits of minerals and energy resources position Ukraine as a key exporter of these raw materials. The study of the resource potential of the Vinnytsia region aims not only to analyze the current state of natural resources. It will also help to identify new opportunities for effective development of the central regions of the state, in the fields of agriculture, ecotourism and industry based on fossil raw materials. It will also make it possible to evaluate the quantitative and qualitative methods of the research approach, their plasticity and adaptation to various challenges of both the region and the world. Emphasizes the importance of implementing methods of rational nature management and strengthening resource conservation programs not only at the industrial level, but also at the cultural level.*

Вступ. Природні ресурси завжди мали вкрай важливе значення для розвитку людського суспільства. За них велися війни та утворювалися союзи.

Для багатьох першостворених країн природні ресурси виступали вагомим поштовхом розвитку та гарантом процвітаючого майбутнього, а для деяких країн навпаки згубним кінцем. Нерідко виявлення в межах території якоїсь країни, тих

⁵² Науковий керівник – Вергеліс В.І., асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

чи інших економічно та промислово вигідних ресурсів, значно збільшує можливості тієї держави на світовій арені [4].

Україна володіє багатими природними ресурсами, що робить її важливим учасником світової економіки, коли геополітичні зміни та екологічні фактори роблять оцінку її ресурсного потенціалу актуальною та надзвичайно важливою. Природні ресурси в Україні відіграють ключову роль у формуванні економіки країни та розвитку регіонів зокрема. Країна є багатою, великими родовищами корисних копалин і великими енергетичними ресурсами, включаючи вугілля, природний газ і уран, які не тільки підтримують вітчизняну промисловість, але й позиціонують Україну як ключового експортера на світовому ринку. Варто також не забувати про родючі сільськогосподарські угіддя, що зосереджені на території держави. Адже найбільшою справжньою коштовністю України завжди були та будуть її родючі чорноземи. Однак систематичне дослідження та оцінка природних ресурсів дедалі частіше стикається із труднощами та залишається складною. Якісні дослідження вимагають надійної системи, яка включає геологічні дослідження, економічну підтримку та життєздатність, а також оцінку впливу на навколишнє середовище [6].

Дослідження спрямовані на виявлення та поширення основних природних ресурсів в регіонах країни, зокрема у Вінницькій області, як провідного регіону центральної частини України. Це дасть змогу оцінити їх поточний стан та методології, що застосовуються для оцінки природних ресурсів, включаючи як кількісні, так і якісні підходи, а також їх ефективність у пристосуванні до конкретних характеристик і викликів регіону. Так як ефективне управління та правильне застосування природних ресурсів, зумовить значний поштовх в економічний та промисловий потенціал України. А це відкриє нові можливості та напрямки, які призведуть до розвитку країни, що збільшить конкурентоспроможність, забезпечить енергетичну безпеку, а також посприє в зміцненні стратегічному геополітичному положенню України [5].

Виклад основного матеріалу. Вінницька область, розташована в центральній частині України, площею 26513 км². Територія багата різноманітними природними ресурсами, які відіграють вирішальну роль у її економічному розвитку та екологічній стійкості. Насамперед серед цих ресурсів варто виділити – родючі сільськогосподарські угіддя, як стійку основу розвитку регіону та країни в цілому. Майже 70% території Вінницької області знаходиться під орними площами. Здебільшого ґрунти області опідзолені, майже 65%. На територіях північного сходу переважають чорноземи, в центральних регіонах області зосереджені здебільшого сірі, темно – сірі та світло – сірі ґрунти. А в широтах південного заходу та Придністров'я зосередились глибокі чорноземи та опідзолені ґрунти. У зв'язку із військовими діями 2022 – 2025 років близько 30% території держави залишається тимчасово не контрольованою. Активні бойові дії на окупованих територіях, забруднені суміжні регіони, створили ситуацію, де основне сільськогосподарське навантаження держави припало на територію центральних, північних, південних та західних регіонів. Збільшена інтенсивність сільського господарства несе за собою загрозу серйозних порушень природного

стану ґрунту, одним із яких є деградація. Велика кількість орних площ України вже стикається із проблемами деградації та потребує ретельного вивчення та покращення [5].

Значним у природно-ресурсному потенціалі регіону є лісовий потенціал Вінницької області, яка розташована в центральній частині України і має великі лісові масиви. Державне агентство лісових ресурсів України зазначає, що лісистість області становить приблизно 20,6% від загальної площі (близько 458,3 тис. га лісу). Це загальне представлення центральних регіонів країни, але воно потребує покращення, щоб забезпечити екологічну стійкість та економічне зростання. Ліси Вінниччини мають різноманітний породний склад, який складається переважно з дуба (близько 40%), сосни (близько 30%) та ясена (близько 10%). Також в районі поширені інші породи, такі як, береза, вільха та осика. Такий різноманітний склад сприяє розвитку як лісової промисловості, так і збереженню біорізноманіття. Так, на території області розташовані численні природоохоронні зони, це насамперед заказники, в яких зустрічаються рідкісні в регіоні види. Значну роль у водопостачанні регіону відіграють ліси, які сприяють підтримці водного балансу та покращенню якості води. Вони також захищають від деградації ґрунтів, це має велике значення для аграрної Вінниччини. Згідно з науковими дослідженнями, ліси області щорічно поглинають близько 500 тис. тонн вуглецю, що сприяє зниженню концентрації парникових газів в атмосфері. З точки зору лісового господарства, заготівля деревини має важливе значення для економіки Вінницької області. За останні роки загальний обсяг заготівлі деревини в області склав близько 700 тис. тонн. Але, згідно зі стратегічними планами, область займається сталим розвитком лісового господарства, зокрема впровадженням технологій, які мінімізують негативний вплив лісового господарства на довкілля, зокрема шляхом лісовідновлення та систематичних рубок [3].

Вінницька область має значні можливості для розвитку біоенергетики через велику кількість лісових відходів, які можна використовувати для виробництва біопалива. Очікується, що біоенергетика регіону зросте на 15-20% протягом наступних кількох років, що позитивно вплине на енергетичну незалежність та зменшить залежність регіону від традиційних видів палива [4].

Для успішного зростання лісів важливо враховувати кліматичні зміни, оскільки вони можуть впливати на склад і стан лісових екосистем. У зв'язку з цим вкрай важливо застосовувати інноваційні підходи до управління лісами та використовувати сучасні технології для прогнозування та запобігання лісовим пожежам, боротьби зі шкідниками та хворобами лісів. Ліси Вінниччини сприяють екологічній рівновазі та пропонують можливості для екотуризму, сприяючи як збереженню, так і економічним перевагам [1]. Важливо підтримувати пропорційне співвідношення між економічними та екологічними вимогами, це забезпечить довгострокову життєздатність лісового господарства та збереження біорізноманіття.

Одним із найважливіших обов'язків є створення екологічно чистих лісів для розвитку екотуризму. Вінницька область має значний потенціал для розвитку

зеленої інфраструктури, що привабить туристів та створить нові робочі місця. Враховуючи ці фактори, подальший розвиток лісового потенціалу області вимагатиме комплексного підходу до збереження лісів, їх раціонального використання та інтеграції з іншими природними ресурсами регіону [6].

Не варто забувати й про водні ресурси області, які відіграють важливу роль. Обсяг потенційних водних ресурсів – це загальна кількість поверхневих і підземних водних джерел. Поверхневі води області переважно складаються з річок, озер і водосховищ. Водні ресурси області спрямовані на промислове та комунальне водопостачання, питну воду, транспортування води, рекреацію, землю, сільське господарство та виробництво гідроелектроенергії. Майже всі річки Вінницької області є частиною систем водозабору найбільш великих річок України, зокрема Південний Буг та Дністер, а також Дніпро. Водні ресурси Вінницької області поділяють на такі категорії: Великих річок – 2 (Південний Буг та Дністер); середні ріки: 4 (Соб, Гірський Тікич, Мурафа, Рось); малі річки (до 10 кілометрів) – 226; а також чимала кількість струмків та потоків (довжиною менше 10 кілометрів) – 3594. Крім того, в області є велика кількість озер і водосховищ, які відіграють важливу роль у водно-ресурсному потенціалі області. Більшою мірою водосховища області розташовані переважно в адміністративних районах і басейнах річок. Якщо розглядати річки області, то видно, що значну частину регулювання здійснюють озера та штучні водосховища, що суттєво впливає на їхні властивості. На території Вінниччини найбільша кількість озер в Україні, озера цієї області також мають найбільшу кількість води на душу населення. Живлення річок відбувається переважно за рахунок їхніх приток, дощового (снігового) наповнення, а також за рахунок підземних вод. Ресурси підземних вод – це сукупність усіх джерел підземних вод, як прісних, так і мінеральних. Мінеральні води регіону славляться своїми цілющими властивостями. Життя і зростання людства неможливе без використання водних ресурсів. Водні ресурси впливають на ступінь розвитку засобів життєзабезпечення: це стосується промисловості, сільського господарства та населення. Управління та використання водних ресурсів на території Вінниччини є однією із значущих водних проблем області. Виявлення першочергових причин антропогенного впливу на водойми Вінницької області допоможе зрозуміти сучасний стан якості води та безліч інших проблем [2].

Вінницька область входить до числа тих регіонів України, які мають значну схильність до розробки та використання корисних копалин. За геологічним складом територія є частиною Східноєвропейської платформи, що зумовлює велику різноманітність корисних копалин. За даними Української геологічної служби, на території Вінницької області виявлено близько 60 різноманітних корисних копалин, серед яких вугілля, нафта і газ, а також численні запаси будівельних матеріалів, таких як пісок, глина, вапняк, гіпс, торф. Одним із найбільш значущих для економіки області є видобуток вапняку. За оцінками, на Вінниччину припадає приблизно 6,5% загальних запасів вапняку України, що становить близько 500 млн. тонн. Вапняки використовуються в будівельній промисловості для виробництва цементу, а також в хімічній і

металургійній промисловості. Потенціал області щодо отримання піску досить вагомий, його використовують у виробництві скляних виробів та будівництві. Статистика свідчить, що на Вінниччину припадає до 10% від загальної кількості будівельного піску в Україні, а це понад 250 млн. тонн. Іншим важливим ресурсом є торф, який використовується в енергетиці та сільському господарстві. Запаси торфу в регіоні оцінюються в понад 100 мільйонів тонн, і його видобуток активно розвивається для задоволення місцевих енергетичних потреб. Також у Вінницькій області є поклади гіпсу, який використовується для виготовлення гіпсокартонних листів і як сировина для виробництва добрив. Запаси гіпсу в області оцінюються в понад 50 млн. тонн, що робить її провідним постачальником гіпсової продукції в Україні. Іншим важливим ресурсом є нафтогазоносна сировина, хоча видобуток нафти і газу у Вінницькій області не такий потужний, як в інших регіонах. Однак наявність нафтових родовищ дозволяє задовольнити значну частину потреб місцевої економіки в нафті. Очікується, що з освоєнням нових технологій і методів геологорозвідки Вінницька область стане провідним центром видобутку корисних копалин в Україні, зокрема щодо розвитку місцевих компаній у сферах будівництва та енергетики [5].

Важливо визнати, що поряд із багатими запасами корисних копалин регіону, регіон має підтримувати стійкий підхід до використання цих ресурсів для підтримки екологічної рівноваги. Тому для ефективного та безпечного використання природних ресурсів надзвичайно важливо використовувати найновіші наукові відкриття.

Висновок. Вінницька область знаходиться в центральних регіонах України, та має значний ресурсний потенціал, що може збагатити державу як економічно так і духовно. Ми маємо хороші сільськогосподарські ґрунти, що дозволяють нам вести активну сільськогосподарську діяльність, та бути світовими експортерами продукції.

Багаті лісові масиви сприяють не лише розвитку лісозаготівельної сировини, що у свою чергу дає не лише деревину якості сировини. Аналізи показують не аби яку важливість лісу для того ж самого сільського господарства, водозабезпечення території, рекреаційний потенціал в якості екотуризму.

Водозабезпечення області теж знаходиться на достатньому рівні. Хоч ми і стикаємося із проблемами забруднення природних вод, їхнього зменшення, зникнення, переміщення в глибші горизонти порід, що ускладнює процеси копання криниць та скважин. Попри це водні ресурси дозволяють нам вести рибні господарства, промислові, повноцінне водозабезпечення як для побутових потреб так і для промисловості.

Широким є потенціал області стосовно корисних копалин. Вапняк та пісок є важливим компонентом для будівничої промисловості, скляної. Запаси торфу газу та вугілля є важливими для енергетичного забезпечення держави. Поклади нафти дозволять забезпечувати необхідні державні потреби.

Проаналізовані дані природно-ресурсного потенціалу Вінницької області, створюють перспективне майбутнє для України в розвитку сільського

господарства та промисловому потенціалу регіону. Стикаючись із сучасними економічними та природними викликами, світовий наголос на сталому управлінні природними ресурсами щодень посилюється. Тому розуміння потенціалу природних ресурсів Вінницької області на даний момент стає вкрай необхідним для сприяння відповідним стратегіям розвитку. Які у свою чергу мають на меті збалансування економічного зростання та збереження навколишнього середовища. Тож весь час потребують все новіших та ефективніших методів та способів виявлення, використання, управління, фінансування, захист. Захист та раціональне використання не тільки самої сировини, а всього середовища загалом. Варто пам'ятати ту істину, що будь який вплив на один із компонентів системи природного середовища, невід'ємно змінює її первинний склад.

Список використаної літератури

1. Врадій О.І., Алексєєв О.О Еколого – економічна оцінка стану лісових екосистем в умовах воєнного стану. *Аграрні інновації*. 2024. № 27 С. 29 – 36.
2. Побережний Б.С. Гідроекологічна оцінка ставу Ташлик в межах с. Вербка Тульчинського району. Дипломна робота. ВНАУ. Вінниця. 2024 34 с.
3. Врадій О. І., Вергеліс В. І. Моніторинг забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Лісостепу Правобережного України. *І Міжнар. наук.-практ. конф. «VinSmartEco»*. 2019. 4 с.
4. Нейко І.С. Оцінка стану лісових екосистем у контексті збалансованого лісокористування та забезпечення екологічної стабільності ландшафтів України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18 (10). С. 16-27.
5. Ткачук О.П., Костенюк О.В. Аналіз екологічного стану лісів Вінницької області. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. № 2 (36). С. 24 – 26.
6. Нейко І.С., Марценюк О.П. Оцінка стану лісових екосистем у контексті збалансованого лісокористування та забезпечення екологічної стабільності ландшафтів України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18.10. 65-68 с.

Мар'ян КЛИМЮК⁵³,
студент 2 курсу,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ПРИЧИНИ ВСИХАННЯ ГРАБА ЗВИЧАЙНОГО ТА МЕТОДИ БОРОТЬБИ З НИМИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Анотація. Граб звичайний (*Carpinusbetulus*) є важливим компонентом лісових екосистем, особливо в Європі та Україні, де він формує густі насадження, що стабілізують ґрунти, покращують водний баланс та підтримують біорізноманіття. Це дерево володіє цінною деревиною, яка широко використовується у деревообробній та меблевій промисловості. Однак, з огляду на сучасні екологічні виклики, стан насаджень граба знаходиться під загрозою, що вимагає звернення уваги на можливі шляхи вирішення проблеми. Основні загрози для грабових насаджень виникають через зміни клімату, зокрема підвищення температури та зміни режиму опадів. Ці зміни негативно впливають на розвиток молодих дерев, зменшуючи їхню стійкість до посух та знижуючи рівень вологості ґрунтів. Збільшення температури також сприяє розвитку нових шкідників і хвороб, що можуть завдати значної шкоди насадженням граба. Одним із таких шкідників є коренева гниль, яка широко поширена серед грабових лісів, що веде до ослаблення дерев і зниження їх продуктивності. Антропогенний вплив, включаючи вирубку лісів, зміни в аграрній діяльності та забруднення навколишнього середовища, також має негативний вплив на стан грабових насаджень. Вирубка лісів для розширення сільськогосподарських угідь та забудови зменшує площі природних насаджень і створює додаткові труднощі для відновлення лісових екосистем. Загалом, покращення стану насаджень граба звичайного є важливим завданням для збереження екологічної рівноваги та забезпечення сталого розвитку лісового господарства. Успішна реалізація запропонованих заходів допоможе не лише зберегти цей вид, а й підтримати здоров'я всього лісового комплексу, що є критично важливим для екосистеми в цілому.

Ключові слова: граб звичайний; стан насаджень; захворювання; шкідники; зміна клімату; антропогенний вплив; біорізноманіття; екосистема; лісове господарство; відновлення.

Annotation. Hornbeam (*Carpinusbetulus*) is an important component of forest ecosystems, especially in Europe and Ukraine, where it forms dense stands that stabilize soils, improve water balance and support biodiversity. This tree has valuable wood, which is widely used in the woodworking and furniture industries. However, given modern environmental challenges, the state of hornbeam stands is under threat,

Науковий керівник – Матусяк М.В., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства ВНАУ

which requires attention to possible ways to solve the problem. The main threats to hornbeam stands arise from climate change, in particular, increasing temperatures and changing precipitation patterns. These changes negatively affect the development of young trees, reducing their resistance to drought and reducing the level of soil moisture. An increase in temperature also contributes to the development of new pests and diseases that can cause significant damage to hornbeam stands. One such pest is root rot, which is widespread among hornbeam forests, leading to weakening of trees and a decrease in their productivity. Anthropogenic impacts, including deforestation, changes in agricultural activities and environmental pollution, also have a negative impact on the condition of hornbeam stands. Deforestation for the expansion of agricultural land and development reduces the area of natural stands and creates additional difficulties for the restoration of forest ecosystems. In general, improving the condition of hornbeam stands is an important task for maintaining ecological balance and ensuring sustainable development of forestry. Successful implementation of the proposed measures will help not only to preserve this species, but also to maintain the health of the entire forest complex, which is critically important for the ecosystem as a whole.

Keywords: *common hornbeam; state of plantations; diseases; pests; climate change; anthropogenic impact; biodiversity; ecosystem; forestry; restoration.*

Вступ. Граб звичайний є одним із важливих видів листяних дерев, що широко поширений у лісах Європи, зокрема в Україні. Цей вид займає важливу роль у формуванні стабільних лісових екосистем, покращує структуру ґрунтів, забезпечує умови для існування багатьох видів флори та фауни і має значну економічну цінність завдяки деревині, яка використовується у деревообробній промисловості. Насадження граба займають важливе місце в екологічному балансі, однак вони стикаються з численними проблемами, які зумовлені різними чинниками. Зміна клімату, шкідники та захворювання, а також антропогенний вплив, зокрема вирубка лісів і забруднення навколишнього середовища, мають руйнівний вплив на стан грабових насаджень. У результаті ці проблеми можуть призвести до втрати біорізноманіття, погіршення якості лісових екосистем та значних економічних збитків. Оскільки грабові насадження є важливими не лише для екосистеми, але й для економіки, важливо розробити ефективні стратегії для збереження та відновлення цих лісів. Це вимагає комплексного підходу, що включає боротьбу зі шкідниками, адаптацію до змін клімату, вдосконалення лісівничих практик і поліпшення стану навколишнього середовища. Розуміння поточного стану насаджень граба звичайного і шляхів подолання проблем є важливим кроком до забезпечення стійкості лісових екосистем і їх ефективного використання в майбутньому.

Мета статті полягає в аналізі сучасного стану насаджень граба звичайного в Україні та інших країнах Європи, виявленні основних проблем, що впливають на їх збереження та розвиток, а також у визначенні ефективних шляхів подолання цих проблем.

Виклад основного матеріалу. Граб звичайний – це дерево середнього розміру, яке може досягати висоти до 25-30 метрів. Має густу крону з яйцевидними або овальними листками, які восени набувають яскравого жовтого або червоного забарвлення. Кора дерева сірого або сірого з коричневим відтінком, часто покрита тріщинами. Граб звичайний має характерні особливості росту, такі як повільний початковий розвиток, проте здатний до швидкого зростання в умовах оптимального живлення та вологості.

Насадження граба звичайного стикаються з численними проблемами, які значно впливають на їх розвиток та довговічність. Ці проблеми виникають внаслідок змін у природних умовах, захворювань, шкідників, а також через антропогенний вплив. Зміна клімату є одним із головних факторів, що викликає серйозні проблеми для грабових насаджень. Підвищення температури та зміни режиму опадів у поєднанні з посухами можуть спричинити різкі зміни в умовах, в яких росте граб звичайний. Підвищення середньорічної температури на тлі глобального потепління веде до порушення природного балансу для багатьох видів рослин, у тому числі для граба. Цей вид дерева потребує помірного клімату з достатнім рівнем опадів. Збільшення температури та нерегулярність опадів можуть зменшити його ріст і продуктивність, сприяючи зменшенню щільності насаджень. Окрім того, зміни в температурі можуть також змінити склади ґрунтових мікроорганізмів, що може позначитися на здоров'ї дерева [2].

Посухи є однією з найбільших загроз для грабових лісів. Граб, хоча й досить стійкий до короточасних посух, не витримує довготривалих періодів без достатньої кількості вологи. Недостатня волога може призвести до ослаблення дерев, зменшення їхнього росту, а також послаблення їх стійкості до захворювань і шкідників. У результаті цього спостерігається зменшення кількості молодих дерев, а дорослі дерева стають вразливими до різних негативних факторів. Одним із найбільш серйозних захворювань, яке поширюється серед грабових насаджень, є коренева гниль. Це захворювання, яке спричиняється різними видами грибків, веде до пошкодження кореневої системи дерева, що ускладнює його живлення та водозабезпечення. Коренева гниль зазвичай викликає поступове всихання дерева, погіршує його стійкість до вітрів і змін погодних умов, і може призвести до загибелі окремих дерев або цілих ділянок насаджень.

Промислове забруднення, включаючи викиди вуглекислого газу, важких металів, а також хімічних речовин, також має негативний вплив на стан грабових насаджень. Забруднення ґрунтів та атмосферне забруднення призводять до зниження якості ґрунтів, порушення процесів фотосинтезу в рослинах, зменшення стійкості дерев до стресових факторів та хвороб. Водночас забруднення водних ресурсів може мати додаткові негативні наслідки для екосистеми. Втрата таких екосистем значно зменшує біорізноманіття, порушує функцію лісів як природних фільтрів для води та зменшує доступ до деревини, що використовується в промисловості [3].



Рис. 1. Основні види захворювань та стовбурових шкідників граба звичайного

Стан насаджень граба звичайного потребує комплексного підходу до збереження та відновлення. Важливо враховувати вплив зміни клімату, боротьбу з хворобами та шкідниками, а також антропогенний вплив. Для збереження здорових лісових екосистем необхідно здійснювати ефективне управління лісами, підтримувати стійкі практики лісівництва, впроваджувати заходи щодо зменшення забруднення та використовувати наукові дослідження для розробки нових методів боротьби з хворобами та шкідниками. Насадження граба звичайного мають важливе значення як для екосистем, так і для економіки. Однак, через різноманітні проблеми, що виникають у результаті зміни клімату, захворювань, шкідників та антропогенного впливу, існують серйозні загрози, які можуть суттєво вплинути на стан цих лісів.

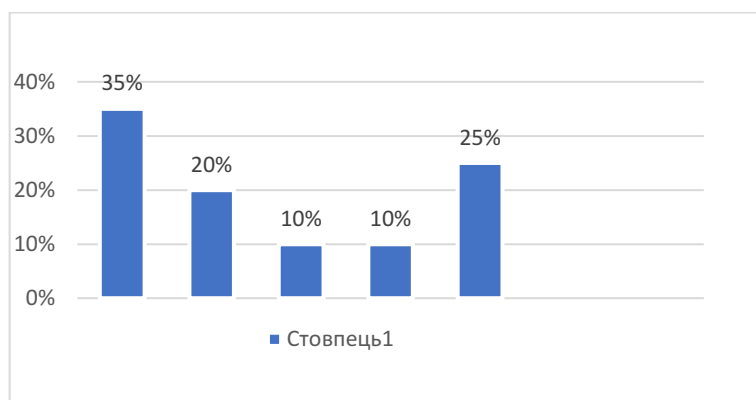


Рис. 2. Основні види хвороб граба звичайного

Згідно даних отриманих на рис. 2. найчастіше у насадженнях граба звичайного трапляється коренева гниль (35%), найменше поширена борошниста роса (10%), також досить поширеним є фомоз та поперечний рак стовбура.

Зменшення чисельності здорових дерев через хвороби та шкідників веде до зниження загальної продуктивності лісів. Деревина граба є однією з найбільш цінних на ринку, тому її втрата або зменшення якості може негативно позначитися на економічних показниках лісового господарства. Якщо грабові насадження не відновлюються або деградують, лісове господарство втратить важливий ресурс для місцевих економік, що залежить від вирубки лісів.

Збільшення витрат на боротьбу з лісовими шкідниками та захворюваннями є ще одним економічним наслідком. Для забезпечення здоров'я лісів можуть бути необхідні додаткові інвестиції в застосування пестицидів, моніторинг стану лісів та боротьбу з шкідниками. Це не тільки вимагає значних фінансових ресурсів, але й може знизити економічну ефективність лісового господарства в цілому [5].

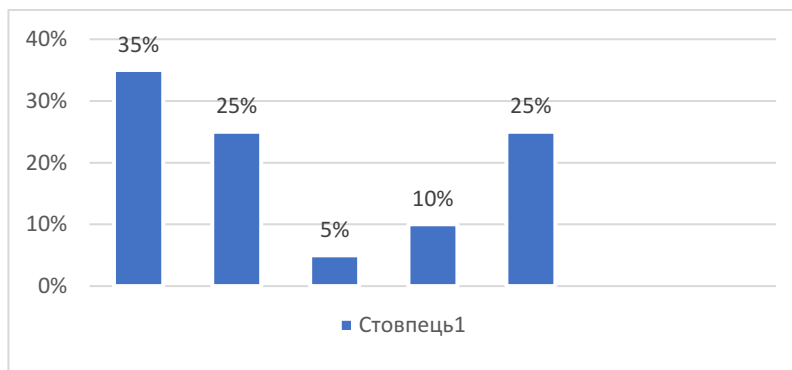


Рис. 3. Основні види шкідників граба звичайного

Згідно даних, отриманих на рис. 3, ми встановили, що найбільш поширеним шкідником являється гравовий заболонник (35%), а найменше – зелена листовійка (5%).

Проблеми, пов'язані з гравовими насадженнями, мають серйозні наслідки як для екосистем, так і для економіки. Зниження біорізноманіття, економічні втрати через зменшення виробництва деревини та втрата екологічних функцій лісів створюють реальні загрози для сталого розвитку лісового господарства. Відновлення і збереження здорових лісових екосистем, включаючи насадження граба, є важливим кроком до збереження екологічної рівноваги та економічної стабільності в регіонах, де ці ліси є значущими для економіки та навколишнього середовища. Насадження граба звичайного стикаються з численними проблемами, що виникають через зміну клімату, хвороби, шкідників та антропогенний вплив. Усе це спричиняє загрозу для біорізноманіття, економіки та екологічної стабільності. Враховуючи важливість цього виду дерев для лісових екосистем, існує кілька стратегій і підходів, які можуть допомогти в подоланні цих проблем і сприяти збереженню здорових гравових лісів. Одним із важливих заходів для збереження гравових насаджень є створення природоохоронних зон та лісових резерватів.

Використання хімічних пестицидів для боротьби з шкідниками і хворобами може мати негативні наслідки для екосистеми в цілому, тому важливо впроваджувати екологічно безпечні методи захисту лісів. Це може включати біологічний контроль шкідників за допомогою природних ворогів (наприклад, використання паразитичних ос чи птахів), застосування природних пестицидів на основі рослинних екстрактів або інших органічних методів, що не завдають шкоди навколишньому середовищу. Своєчасне виявлення захворювань та шкідників дозволяє швидко реагувати на загрози для лісів. Для цього можна впровадити системи моніторингу, що включають регулярні перевірки стану

лісів, а також використання технологій дистанційного зондування для виявлення змін у стані насаджень.

Таблиця 1. Стан насаджень граба звичайного та шляхи подолання проблеми [6].

Аспект	Стан насаджень	Шляхи подолання проблем
Екологічний стан	Вразливість до змін клімату, посухи	Створення змішаних лісонасаджень, зрошення
Хвороби та шкідники	Ураження грибковими захворюваннями, комахами-шкідниками	Біологічний та хімічний захист, санітарні рубки
Господарське використання	Надмірна вирубка, низька природна регенерація	Контроль вирубки, збереження молодих дерев
Відновлення	Сповільнене природне поновлення	Штучне відновлення, висадка саджанців
Забруднення довкілля	Негативний вплив викидів та кислотних дощів	Контроль забруднення, екологічні програми

Висновки. Збереження насаджень граба звичайного є важливою частиною забезпечення екологічної стабільності та сталого розвитку лісових екосистем. Реалізація заходів щодо відновлення та збереження цих лісів сприятиме збереженню біорізноманіття, покращенню здоров'я екосистем і забезпеченню сталого використання лісових ресурсів. Наукові дослідження є незамінним інструментом у подоланні проблем, оскільки вони надають необхідні дані для розробки ефективних стратегій лісівництва, боротьби зі шкідниками та адаптації до змін клімату. Важливість цього напрямку неможливо переоцінити, оскільки він безпосередньо пов'язаний з підтримкою глобальної екологічної рівноваги та сталим розвитком.

Список використаної літератури

1. Блистів В. І., Юрків З. М., Нейко І. С., Матусяк М. В. Сучасний стан та ефективність використання постійної лісонасінневої бази Вінниччини. *Лісове та садово-паркове господарство*. 2022. № 27. С. 183-199
2. Генік Я.В., Дудин Р.Б., Дида А.П., Марутяк С.Б. Трансформаційні процеси в лісопаркових і паркових насадженнях урбанізованих екосистем Заходу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2017. Вип. 27 (10). С. 9-15
3. Голяка М. А., Білоус А. М., Голяка Д. М. Деревний детрит лісів Українського Полісся: монографія. К.: НУБіП України, 2017. 214 с.
4. Гончаренко Л.О. Вплив кліматичних змін на розвиток дерев у міських умовах. *Кліматологія та екологія*. 2020. Вип. 5(3). С. 54-62
5. Екологія лісів : навч. посібник. Умань: ВВЦ «Візаві», 2019. С. 50-52. URL: <https://forestry.udau.edu.ua/assets/files/metodichki/posibnik-pdf.pdf> (дата звернення: 12.03.2025).
6. Зібцева О. В. Динаміка площ зелених насаджень у населених пунктах України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 4(68). С. 143-149
7. Сидоренко К.П. Оцінка екологічної ефективності міських деревних насаджень. *Екологія міста та зелена архітектура*. 2020. Вип. 10(3). С. 143-151

Анастасія ЛУЦЕНКО⁵⁴,
студентка 3-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ПРОБЛЕМИ СТОВБУРОВИХ ШКІДНИКІВ В УКРАЇНІ

Анотація. У даній статті висвітлені найбільш поширені шкідники, які пошкоджують стовбури, луб та кору дерев. Вони спроможні заселяти та завдавати значних пошкоджень майже здоровим або тимчасово ослабленим деревам, що безпосередньо за сприятливих умов їх розвитку погіршують нормальний ріст та розвиток лісових насаджень. Личинки прогризають ходи під корою та в деревині, внаслідок цього порушується надходження води та поживних речовин від коренів у крону й дерево гине. Їхня шкідливість збільшується за рахунок того, що вони заподіюють додаткову шкоду дереву під час так званого додаткового живлення, яке необхідно жукам, щоб вони могли спаруватися та відкласти яйця. Стовбурові шкідники заселяють переважно дерева, які ослаблені різними чинниками – пожежею, вітром, унаслідок коливання рівня ґрунтових вод, механічних пошкоджень, непридатних для дерева ґрунтових умов. Також, ці комахи заселяють зрубані дерева та їхні частини з достатньо свіжим лубом.

Ключові слова: стовбурові шкідники, короїд-типограф, личинки, пошкодження, насадження дерев.

Annotation. his article highlights the most common pests that damage tree trunks, sapwood, and bark. They are capable of colonizing and causing significant damage to almost healthy or temporarily weakened trees, which directly impairs the normal growth and development of forest stands under favorable conditions for their development. The larvae gnaw through passages under the bark and in the wood, as a result of which the flow of water and nutrients from the roots to the crown is disrupted and the tree dies. Their harmfulness increases due to the fact that they cause additional damage to the tree during the so-called additional feeding, which is necessary for the beetles to mate and lay eggs. Trunk pests colonize mainly trees that are weakened by various factors - fire, wind, due to fluctuations in the groundwater level, mechanical damage, soil conditions unsuitable for the tree. Also, these insects colonize felled trees and their parts with sufficiently fresh sapwood.

Keywords: stempests, barkbeetle, larvae, damage, treeplanting.

Вступ. На стовбурі або безпосередньо всередині деревних рослин живляться різноманітні види шкідливих комах, але найбільш шкодочинними є представники родини Короїди (Ipidae Latreille 1804). Імаго цих шкідників

⁵⁴Науковий керівник – Рудська Н.О., доцент, кандидат с.-г. наук кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

прогризають кірку живих, ослаблених або недавно загиблих дерев і здійснюють відкладання яєць у спеціальних камерах, розташованих поряд із ходами, проточеними в камбіальній зоні. Дорослі особини, нападаючи на деревні рослини, виділяють спеціальні феромони, які спільно із живицею, що при цьому виділяється з самого дерев, приваблюють дорослих особин того ж виду, через це такий масовий вплив на рослину популяції представників родини Короїди викликає всихання, а також часткову або повну загибель пошкоджених дерев. Феромони, на певну ділянку насадження, приваблюють численні популяції імаго шкідників, тому усохлі дерева дуже часто утворюють осередки всихання.

Виклад основного матеріалу. Стовбурові шкідники заселяють дерева першими, відкладаючи яйця під кору дерева, з яєць відроджуються личинки, які прогризають довгі звивисті ходи. В кінці ходів личинки заляльковуються, а через певний час із лялечок виходять жуки нового покоління. Якщо ослаблених дерев багато, виникає так званий осередок масового розмноження стовбурових шкідників. Їхня чисельність багаторазово збільшується, й вони починають заселятися не тільки на ослаблені дерева, але й на сусідні здорові. Спочатку дерево заливає жуків живицею, а потім захист слабшає, й напади шкідників мають успіх. Ослаблені дерева заселяють менш агресивні шкідники, які прискорюють їхню загибель. Види, які заселяють сухостійні дерева (не плутати з вітровальними чи свіжозрубаними), не є небезпечними для живих дерев [1].

Найбільш небезпечним стовбуровим шкідником ялини є короїд-типограф (*Ipstypographus*) Coleoptera: Scolytidae, що поширений у лісах континентальної Європи з переважанням ялини та має вирішальний регуляційний вплив на приріст і життєздатність ялинових деревостанів. В Азії відомий один підвид *I. typographusjaponicus*, виявлений у Китаї та Японії. Вид відсутній на інших континентах, але помічений у портах США. Короїд-типограф окрім ялини також здатен заселяти інші хвойні породи, такі як *Abiesspp.*, *Larixspp.*, *Pinusspp.* та *Pseudotsugamenziesii*[5, 7].

В Україні короїда-типографа виявлено в межах ареалу основної кормової породи – ялини європейської *Piceaabies*. Дослідниками встановлено, що типограф може заселяти 18 видів хвойних дерев. У природних насадженнях короїд-типограф заселяє хворі та ослаблені дерева, а також ділянки свіжого бурелому, вітровалу, свіжі колоди на складах лісоматеріалів, лісосічні залишки на лісосіках тощо.

Родина Короїди (Scolytidae) дрібні жуки з циліндричним тілом, максимальна довжина тіла 9 мм. Забарвлення від буро-коричневого до чорного, відтінок матовий, або блискучий. Личинки білі, вигнуті, безногі. Лялечки відкриті, білі. Небезпечні шкідники дерев, часто призводять їх до загибелі.



Рис.1. Імаго короїда-типографа

Життєдіяльність короїдів тісно пов'язана з деревом. Вони чітко спеціалізуються по кормовим породам, а в межах дерева займають певну частину: верхню, середню або нижню. У більшості випадків короїди живуть під корою, прокладаючи ходи, що зачіпають луб і заболонь. Деякі види прокладають свої ходи в деревині. Літ жуків у різних видів відбувається з квітня до червня. Більшість з них мають однорічну генерацію, але великий ялиновий і великий ясеневий лубоїд розвиваються два роки. У той же час типограф може давати в одне літо ще й так зване «сестринське покоління», яке дозволяє різко збільшувати чисельність [2].

Короїди зимують у лісовій підстилці або під корою й вилітає у другій половині квітня, приблизно під час розпускання бруньок. Жуки прогризають під корою шлюбну камеру, де спарюються. Потім кожна самиця (а їх може бути 1–3) прогризає поздовжній маточний хід і відкладає по його ходу яйця. З яєць відроджується личинки та живляться прогризаючи ходи, перпендикулярно маточному. За високої щільності поселення короїда вся поверхня між корою та деревиною пронизана ходами практично на всій висоті стовбура. Небезпека збільшується, оскільки типограф розвивається у двох, а іноді трьох поколіннях на рік, а також має сестринські покоління (коли самиця відкладає яйця в декілька прийомів із певним інтервалом) [1].

За низької чисельності популяції жуки переважно заселяють ослаблені дерева. Якщо чисельність різко збільшується, наприклад, після бурелому, коли збільшується об'єм доступного кормового субстрату, жуки починають заселяти здорові дерева. Короїди можуть бути переносниками патогенних офіостомових грибів та інокулювати дерева, які заселяють, що прискорює загибель дерев. Атаковані короїдами дерева також приваблюють комах-конкурентів та ентомофагів. Основними факторами сприяння виникненню спалахів масового розмноження короїда-типографа є різке збільшення кормової бази (деревини після вітровалів, буреломів тощо), дефіцит літніх опадів та високі температури. Багато вчених прогнозують, що зміни клімату можуть змінити вольтинізм жуків (збільшити кількість поколінь) та уразливість дерев, що призведе до значного збільшення збитків у недалекому майбутньому рис. 2.



Рис.2. Пошкодження короїдом-типографом

Заселене короїдами дерево важко розпізнати за зовнішнім виглядом. На стовбурах проявляється живиця, яка може бути не наслідком заселення дерева короїдами, а залишками реакції на старі механічні пошкодження. На підстилці чи кореневих лапах дерева, яке заселили короїди, можна побачити дрібне бурове борошно. Але після дощу його слідів не залишається. Вхідні отвори на корі мало помітні, а коли є льотні отвори, то дереву вже нічим не допоможеш. Крона заселених ялин ще певний час залишається зеленою, хоча дерево вже приречене. Заселені дерева рятувати вже пізно [5, 6].

Крім короїда-типографа, на ялину нападають короїд-двійник, гравер, пухнастий поліграф та багато інших короїдів, а також вусачі, довгоносики-смолюхи, златки й рогахвости, але ці види заселяють вже практично незворотно ослаблені дерева.

Чисельність короїдів можна обмежити застосуванням інсектицидів упродовж дуже стислого проміжку часу. Наступне покоління короїдів продовжує свою життєдіяльність під корою. Якщо обробити інсектицидами стовбур до його заселення жуками, вони заселять гілки, які неможливо ретельно обприскати. Обприскування стовбура після заселення в надії вбити жуків нового покоління також не є ефективним, оскільки жуки не живляться корою (хоча звуться короїдами) й після вильоту відразу летять до наступного дерева, які мають намір заселити. Таким чином, захист дерев ялини від короїда-типографа шляхом обприскування поверхні стовбура є дорогим і мало ефективним [3].

Застосування феромонних пасток може мати незаплановані наслідки. Жуки будуть летіти на запах феромона та накопичуватися на ділянці. При цьому, якщо поряд ростуть ялини, то жуки будуть не потрапляти в пастки, а заселяти доступні дерева.

До основних методів контролю та заходів запобігання поширенню осередків масового розмноження короїда-типографа рекомендовані вибірккові або суцільні санітарні рубки. Масове використання феромонних пасток нині вважають ненадійним методом через значну потенційну здатність короїда-типографа до поширення, тому рекомендовано їх використовувати лише для моніторингу (таб 1).

Таблиця 1. Популяційні показники короїда-типографа, що відповідають різним фазам розвитку осередків масового розмноження [6, 7].

Показник	Значення популяційних показників за фазами розвитку осередків		
	I – початкова (концентрації)	II – власне спалах	III – криза (розсіювання)
Щільність поселення, поселень / дм ²	менша за середню для виду	вища за середню або максимальна середня – максимальна	Середня – максимальна
Довжина маточних ходів, см	максимальна	максимальна	максимальна мінімальна – середня
Енергія розмноження, разів	3-5 і більша	1,5-3,0	менша за 1,0
Продукція	максимальна	близька до середньої	мінімальна – середня

Рекомендації :

Поки короїди не заселили дерево, доцільно профілактично • здійснити ін'єкцію інсектициду у стовбур за спеціальною технологією.

Обробити завчасно всі стволи та крону дерева ялинок • спеціальними інсектицидами з вираженою репелентною дією для знищення феромону самиць під час льотного періоду, пролити під корінь протруювачами з 3-х компонентними діючими речовинами для максимального поглинання робочої рідини кореневою системою щоб препарат діяв по всіх кроні дерева за рахунок сокоруху, це допоможе знищити велику кількість короїда під час його інтенсивного живлення.

деревам ялини треба створити найбільш комфортні • ґрунтові умови. Не садити її на піску, не допускати перегріву поверхні ґрунту, здійснити діагностику щодо наявності хвороб, за необхідності обтрисити уражену хвою, відрізати пошкоджені гілки, обробити рани, застосувати фунгіцид. Ввести під корені стимулятор коренеутворення, тричі з інтервалом 2-3 тижні обробити препаратами, які підвищують стійкість.

Боротьба зводиться до обробок в період льоту інсектицидами Твікс, Блокбастер, Вермітек для запобігання заселенню шкідником нових дерев [2, 4].

Висновки. Найбільш швидко збільшується чисельність і розповсюдження шкідливих комах в лісах, де безперервно йдуть лісозаготівельні операції, які здійснюються без дотримання санітарних вимог. При залишенні на літній період у лісі заготівельних лісоматеріалів та порубкових решток, різко зростає поселення шкідливих видів. В таких умовах багато видів короїдів та вусачів, що зазвичай поселяються на зрубаному лісі, переходять на ростучі дерева.

Варто пам'ятати, що в лісах змішаного складу масове розповсюдження шкідників відбувається рідше, а стійкість таких складних деревостанів, що постраждали від пошкоджень комахами, набагато більша. Тому штучні чисті насадження (особливо монокультури хвойних порід) періодично страждають від розмноження шкідливих комах. Враховуючи вищенаведене, лісопатологічна ситуація в хвойних лісах України на залишається складною, а площа осередків

лісів, що уражені стовбуровими шкідниками і, відповідно, площа суцільних санітарних рубок істотно і швидко збільшується.

Список використаної літератури

1. Рудська Н.О., Пінчук Н.В., Ватаманюк О.В. Лісова ентомологія. Навчальний посібник. ВНАУ. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 289 с.
2. Мешкова В. Вплив лісогосподарської діяльності на поширення осередків стовбурових шкідників. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. Львів, 2006. Вип. 31. С.228-238.
3. Мешкова В.Л. Заселеність стовбуровими комахами соснових насаджень, ослаблених різними чинниками. Серія «Фітопатологія та ентомологія». 2013. С 126-131.
4. Davydenko, K., Vasaitis, R., Elfstrand, M., Baturkin, D., Meshkova, V. Menkis, A. Fungal Communities Vected by Ips sexdentatus in Declining Pinus sylvestris in Ukraine: Focus on Occurrence and Pathogenicity of Ophiostomatoid Species. Insects 2021, 12, 1119.
5. Мешкова В. Лихо короїдове. Проблеми майбутнього здоров'я лісів Центральної Європи. Лісовий і мисливський журнал. 2022. №6. С.16-18.
6. Батуркін Д.О., Воробей А.Д., Воробей Є.В., Давиденко К.В., Мешкова В.Л. Динаміка осередків короїдів у насадженнях північного сходу України. Українська ентомофауністика. 2023. Т.14. №2. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Х з'їзд Українського ентомологічного товариства» 2-6 жовтня 2023 р. Київ С. 21–22
7. Кукіна О. М., Зінченко О. В. Стан осередків масового розмноження короїда *Ips typographus* (L.) у різних регіонах України. Лісівництво і агролісомеліорація. 2020. Вип. 137. 2020. С. 120-126.

Вікторія МЕЛЬНИК⁵⁵,

студентка 3-го курсу,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВИНИ

Анотація. У статті висвітлено сучасні інноваційні підходи до заготівлі деревини, що дозволяють підвищити продуктивність галузі та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Проведено аналіз актуального

⁵⁵Науковий керівник – Разанова А.М., доктор філософії з екології, старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства

стану технологій лісозаготівлі та їхнього впливу на екологічну стійкість лісових екосистем.

Досліджено традиційні методи заготівлі. Зокрема, проаналізовано використання сучасної техніки, цифрових технологій (геоінформаційні системи, дрони), а також інших інноваційних методів, що дозволяють автоматизувати процеси рубки, транспортування та обліку деревини. Окрема увага приділена екологічним аспектам та економічним вигодам від впровадження цих технологій, а також боротьбі з незаконною вирубкою лісів.

Ключові слова: лісозаготівля, інноваційні технології, харвестери, форвардери, геоінформаційні системи, дрони, автоматизація, цифрові технології.

Annotation. The article considers innovative technologies for timber harvesting that contribute to increasing efficiency and reducing negative environmental impact. The current state of timber harvesting technologies is analyzed. Traditional harvesting methods are studied. In particular, the use of modern equipment, digital technologies (geoinformation systems, drones), as well as other innovative methods that allow automating the processes of felling, transportation and accounting of timber is analyzed. Particular attention is paid to the environmental aspects and economic benefits of implementing these technologies, as well as measures to combat illegal logging.

Keywords: logging, innovative technologies, harvesters, forwarders, geoinformation systems, drones, automation, digital technologies.

Вступ. Лісозаготівельна галузь відіграє ключову роль у світовій економіці, забезпечуючи деревиною будівельну, паперову, меблеву та інші промисловості. Проте традиційні методи заготівлі нерідко спричиняють виснаження лісових ресурсів, погіршення екологічного балансу та деградацію ґрунтового покриву.

Зростаючий попит на деревину вимагає впровадження сучасних, високоефективних та екологічно безпечних технологій заготівлі, які мінімізують негативний вплив на довкілля, підвищують продуктивність праці та сприяють раціональному використанню лісових ресурсів.

Інноваційні підходи, зокрема, автоматизовані системи, дрони, GPS-навігація та сучасні лісозаготівельні машини здатні суттєво підвищити ефективність процесу заготівлі деревини, забезпечуючи більш точний контроль за ресурсами та оптимізацію виробничих процесів.

Метою цієї статті є дослідження та оцінка сучасних інноваційних технологій, що застосовуються у сфері лісозаготівлі.

Виклад основного матеріалу. Лісова промисловість займає важливе місце в структурі первинного сектору економіки України. За даними державного лісового кадастру, станом на початок 2024 року загальна площа лісових угідь країни складала приблизно 10,4 млн гектарів, з яких 9,6 млн гектарів були вкриті лісовою рослинністю. Лісистість України становить 15,9% від загальної

території, що є порівняно низьким показником у порівнянні з більшістю європейських країн.

За площею лісів Україна посідає 9-те місце в Європі, а за запасами деревини – 7-ме. Водночас, зростаючий попит на деревину та інтенсивний антропогенний вплив створюють додаткові ризики для стабільності лісових екосистем, спричиняючи виснаження ресурсів і порушення екологічного балансу. Українські ліси налічують понад 30 видів дерев, серед яких найбільш поширеними є бук, дуб, береза, ялина, сосна, ялиця, вільха, граб та ясен. Хвойні породи займають 43 % від загальної площі, при цьому на сосну припадає 35 %. Твердолисті породи лісів займають 43 %, зокрема, 37 % складають бук та дуб. Оскільки природні умови ведення лісового господарства в країні значно відрізняються залежно від регіону, ліси розподілені нерівномірно [2].

Лісозаготівля – це процес заготівлі деревини для забезпечення потреб лісопереробної промисловості та побутових споживачів. Раціональне управління лісовими ресурсами передбачає комплекс заходів, спрямованих на ефективне використання деревини, збереження екологічного балансу та підтримання стійкості лісових екосистем. Водночас інтенсивна неконтрольована лісозаготівля може бути причиною негативної дії на довкілля, що призводитиме до виснаження лісових масивів, зниження біорізноманіття, деградації ґрунтів і порушення водного режиму. Тому важливим є впровадження сталих методів ведення лісового господарства, які поєднують економічну ефективність із природоохоронними заходами [7].

Заготівлю деревини доцільніше проводити у період з листопада до березня, коли сокорух припиняється або значно уповільнюється. Колоди, заготовлені в зимовий період, містять меншу кількість вологи та поживних речовин, що зменшує ризик їх пошкодження деревоточцями. Основним завданням під час зберігання є запобігання жолобленню, розтріскуванню, а також ураженню грибковими інфекціями та комахами [3].

Традиційно, щоб провести заготівлю деревини, необхідно здійснити рубки, головним чином у лісах головного користування, що є основним джерелом лісових ресурсів. Крім того, проводяться заходи з догляду та оздоровлення лісу, спрямовані на збереження та відновлення лісових екосистем. Рубки повинні здійснюватися відповідно до принципів безперервного та невиснажливого використання лісових ресурсів, що забезпечує екологічно збалансоване лісове господарство та сприяє збереженню продуктивності лісових екосистем у довгостроковій перспективі [5].

Заготівля деревини є динамічною сферою лісової промисловості, розвиток якої відбувається завдяки впровадженню інноваційних технологій. Традиційні методи лісозаготівлі мають обмежений потенціал у підвищенні ефективності виробництва. Впровадження автоматизації та цифровізації у лісозаготівельні процеси сприяє підвищенню безпеки, продуктивності та екологічної відповідальності галузі [8]. Одним із ключових досягнень у цій сфері є використання сучасної лісозаготівельної техніки, зокрема харвестерів та форвардерів. Так, харвестери оснащені комп'ютеризованими системами, які

дозволяють точно визначати діаметр і довжину стовбурів, оптимізуючи процес заготівлі, а форвардери забезпечують оперативне транспортування деревини до місць обробки, мінімізуючи механічний вплив на лісову підстилку та ґрунтовий покрив. Використання такої техніки сприятиме скороченню виробничих витрат, допоможе у зменшенні антропогенного навантаження та підвищить ефективність управління лісовими ресурсами.

Ще одним важливим напрямком розвитку лісозаготівельної галузі є впровадження цифрових технологій, зокрема, геоінформаційних систем (ГІС) та дронів. ГІС дозволяють моніторити стан лісових масивів, аналізувати динаміку змін, контролювати процеси заготівлі деревини, а також ефективно планувати майбутні лісонасадження. Дрони використовуються для аерофотозйомки, що дає змогу оцінювати якість лісових ресурсів, виявляти осередки захворювань та пошкоджень, а також фіксувати нелегальну вирубку в реальному часі. Застосування цих технологій сприяє підвищенню точності обліку лісових ресурсів, оптимізації управління лісовими господарствами та мінімізації екологічних ризиків.

Рубка лісу є процесом, що повинен здійснюватися з урахуванням екологічних, економічних та природоохоронних аспектів. Вибір методу заготівлі деревини залежить від цілої низки факторів, серед яких порода дерев, вік насаджень, умови лісовідновлення та особливості рельєфу місцевості. Додатково важливими є схил ділянки, ризик повеней, ерозія ґрунту та екологічна стійкість території. Залежно від цих умов, під час рубок загального користування застосовують такі основні способи заготівлі деревини: суцільна рубка, поступова рубка, рубка із залишенням насінневих дерев, групова рубка, рубка поодиноких дерев [7].

Суцільна рубка є найпоширенішим методом заготівлі деревини та передбачає повне вирубування всіх дерев на певній території. Такий метод ефективний для відновлення світлолюбних порід дерев, зокрема клена, кедрової сосни, евкаліпта та берези. Проте важливо враховувати, що суцільна вирубка може негативно впливати на біорізноманіття, спричиняти ерозію ґрунтів та зміни мікроклімату, тому її доцільність визначається залежно від конкретних природних умов і лісівничих цілей. При застосуванні поступової рубки вирубування дерев здійснюється поетапно протягом 10-15 років. Материнський деревостан виконує захисну функцію для молодих дерев тіньовитривалих порід, створюючи сприятливі умови для їхнього розвитку, а також слугує джерелом їжі для диких тварин. Цей метод є оптимальним для лісів зі значною часткою зрілих дерев, оскільки забезпечує плавний перехід до нового покоління деревостанів, зменшуючи негативний вплив на екосистему. Під час заготівлі деревини методом рубки із залишенням насінневих дерев на вирубаній ділянці зберігається декілька насінневих дерев, які рівномірно розташовуються на певній відстані одне від одного. Це сприяє природному поновленню лісу та створює середовище існування для деяких видів птахів, зокрема дятлів. Крім того, цей метод є ефективним для швидкорослих і вітростійких порід, а також для дерев, що мають високу насіннєву продуктивність. Групова рубка

передбачає вибіркове вирубування дерев невеликими групами. Унаслідок цього ліс поступово оновлюється протягом 40-50 років, а площа вирубки залежить від породи дерев. Оскільки цей метод дозволяє отримувати високоякісну деревину, він є одним із найдорожчих способів лісозаготівлі через потребу в детальному плануванні та технічному забезпеченні процесу. Рубка поодиноких дерев передбачає вибіркове видалення окремих старих, ослаблених або неконкурентоспроможних дерев. Основною перевагою цього методу є можливість безперервного отримання деревини при збереженні екологічної рівноваги лісу. Такий підхід дозволяє підтримувати здоровий стан лісових насаджень і є характерним для лісів із тіньовитривалими породами (наприклад, ялиці, граба, бука) [7].

Основною метою лісогосподарської діяльності є раціональне та економічно обґрунтоване використання лісових ресурсів, їх відновлення, отримання прибутку від господарської діяльності, а також запобігання надмірному виснаженню лісів. Однією з найважливіших проблем у сфері лісового господарства залишаються незаконні рубки, які завдають подвійної шкоди – спричиняють втрату цінних лісових масивів та завдають значних економічних збитків, а саме: знищують цінний лісовий ресурс, час відновлення якого є значним, а також спричиняють суттєві економічні збитки як для лісових господарств, так і для економіки регіону. Основними причинами незаконної вирубки лісів є функціонування тіньового ринку заготівлі деревини, що залишається джерелом нелегальних прибутків, а також низький рівень соціально-економічного розвитку регіонів, через що місцеве населення не завжди має фінансову можливість офіційно придбати дрова для опалення чи деревину для будівництва. Внаслідок цього люди змушені самотійно, порушуючи закон, здійснювати заготівлю деревини [5].

В умовах глобалізації та активного розвитку технологій значну роль у заготівлі деревини відіграють інноваційні методи, зокрема автоматизовані системи управління. Використання сучасних комп'ютеризованих технологій для планування, моніторингу, контролю та управління процесами вирубки, транспортування та обліку деревини сприяє оптимізації виробничих процесів та підвищенню ефективності лісозаготівлі; зменшенню впливу людського фактору, що підвищує прозорість діяльності лісового господарства; запобіганню незаконним вирубкам через цифровий контроль за лісовими ресурсами. Таким чином, впровадження інноваційних технологій у лісозаготівлю є необхідним кроком для забезпечення сталого розвитку галузі, підвищення її ефективності та екологічної відповідальності.

Наприклад, DeerpGreenUkraine – це інноваційна система супутникового моніторингу лісів України, яка дає змогу аналізувати відкриті дані державних установ (лісорубні квитки, лісові карти, земельний кадастр та ін.) у поєднанні з супутниковими знімками. Це дозволяє виявляти незаконні вирубки та здійснювати ефективний контроль за плановими лісозаготівельними роботами [1].

Перед початком лісозаготівлі доцільно створити цифрову модель лісового масиву на основі даних, отриманих із супутників, дронів та наземного

сканування. Це дозволяє оцінити стан лісових ресурсів, розрахувати оптимальні маршрути для техніки та визначити обсяг доступної для заготівлі деревини.

Крім того, сучасні лісозаготівельні машини доцільно оснащувати датчиками, що дозволяють у реальному часі вимірювати вологість деревини, її діаметр, довжину та інші параметри. Це дозволяє визначати якість сировини та оптимізувати її подальше використання, що значно підвищує ефективність лісозаготівлі. Застосування сучасного програмного забезпечення сприяє ефективній координації транспорту, оптимізації маршрутів вивезення деревини та зменшенню витрат на паливо, що, у свою чергу, знижує негативний вплив на екосистему.

Суттєве значення в сучасних лісозаготівельних процесах має застосування дронів та GPS-навігації, які стали незамінними інструментами для моніторингу лісових масивів і контролю заготівлі деревини. Завдяки аерофотозйомці та 3D-картографії дрони, оснащені високоточними камерами та LiDAR-сканерами, створюють тривимірні моделі лісу, що дозволяє: оцінювати стан дерев, щільність насаджень і прогнозувати майбутні рубки; виявляти хворі, пошкоджені або сухостійні дерева, запобігаючи вирубці здорових насаджень та сприяючи раціональному лісокористуванню. GPS-навігація забезпечує точне визначення меж ділянок вирубки; оптимізацію маршрутів руху техніки; відстеження пересування лісозаготівельної техніки в реальному часі, що дозволяє зменшити витрати на паливо, скоротити робочий час і мінімізувати екологічний вплив. Дрони також використовуються для патрулювання лісових масивів та виявлення нелегальних рубок, забезпечуючи швидке реагування на порушення.

Ефективне управління лісовими ресурсами потребує також впровадження електронного обліку деревини, що являє собою систему автоматизованого контролю за її рухом на всіх етапах лісозаготівельного процесу. Одним із ключових кроків у цьому напрямку стало створення державного інтернет-магазину «ДроваЄ», яке ініціювало Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України для реалізації паливної деревини населенню. У рамках електронного обліку вся деревина, заготовлена під час лісозаготівлі, підлягає маркуванню спеціальними бірками зі штрих-кодами. Внесення інформації з бірки до портативних комп'ютерних комплексів (КПК) дозволяє фіксувати: об'єм та характеристики деревини; місце заготівлі та його точну прив'язку до лісового кадастру. Запровадження цієї системи сприяє мінімізації ризиків незаконних вирубок, підвищенню прозорості лісозаготівельної діяльності та забезпеченню ефективного контролю за використанням лісових ресурсів [4].

Впровадження ГІС-технологій в управлінні лісовими ресурсами, зокрема мобільних картографічних додатків та систем збору лісівничої інформації, значно розширює можливості оцінки стану лісового фонду. Особливу практичну цінність мають тематичні інтерактивні мапи, які дозволяють отримувати детальну інформацію про ділянки лісів. Це, своєю чергою, є основою для розроблення прогнозів змін лісового фонду за різних сценаріїв лісогосподарського виробництва [6].

Крім того, сучасні технології ефективно використовуються у системах захисту лісів, зокрема, супутниковий моніторинг для виявлення осередків займання та контролю за поширенням лісових пожеж; лісопатологічний моніторинг на основі онлайн-камер із LIDAR-датчиками, що дозволяє здійснювати автоматизований збір, аналіз та обробку даних про стан лісових екосистем та виявляти осередки шкідливих організмів, включно з карантинними видами, що становлять загрозу для лісових насаджень [8, с. 52]. Впровадження цифрових технологій та автоматизованих систем у лісове господарство сприятиме підвищенню ефективності управління лісовими ресурсами, запобігати екологічним загрозам та сприяти раціональному використанню лісів.

Екологічні аспекти заготівлі деревини відіграють ключову роль у зменшенні негативного впливу на довкілля та збереженні лісових ресурсів. Застосування сучасних технологій дозволяє оптимізувати лісозаготівельні процеси, мінімізуючи шкоду для природи та сприяючи сталому розвитку галузі. Одним із пріоритетних напрямків екологічних інновацій у заготівлі деревини є безвідхідна переробка, що передбачає максимальне використання всіх частин дерева, включаючи кору, тирсу та дрібні залишки. Важливим аспектом є вибіркова рубка, яка сприяє збереженню природного балансу лісових екосистем. Оскільки лісовідновлення є невід'ємним етапом після заготівлі деревини, важливо своєчасно висаджувати нові дерева на місці вирубаних насаджень.

Крім того, для зниження викидів вуглекислого газу у лісозаготівельній галузі активно впроваджуються: електромашини та техніка з низьким рівнем шкідливих викидів; оптимізація маршрутів транспортування деревини, що дозволяє зменшити витрати пального та мінімізувати негативний вплив на атмосферу. Застосування цих підходів сприяє екологічно відповідальному веденню лісового господарства, збереженню біорізноманіття та зменшенню антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Збереження та відновлення лісових екосистем є ключовим аспектом сталого лісокористування. Оскільки заготівля деревини неминуче впливає на природні ландшафти, важливо не лише оптимізувати процеси лісозаготівлі, а й забезпечити ефективне відновлення лісів після вирубки. Це дозволяє підтримувати екологічний баланс, зберігати біорізноманіття та забезпечувати довготривалу продуктивність лісових масивів.

Окрім ефективної заготівлі деревини, важливим завданням сучасного лісового господарства є забезпечення відновлення лісів та збереження екологічної рівноваги. Інноваційні підходи до лісозаготівлі спрямовуються не лише на підвищення продуктивності, а й на мінімізацію впливу на довкілля. Однак для забезпечення стійкості лісових екосистем необхідно застосовувати комплексні підходи до їх відновлення.

Висновки. Сучасні тенденції у лісозаготівельній галузі спрямовані на оптимізацію процесів заготівлі деревини, зменшення негативного впливу на довкілля та гарантування раціонального та довготривалого використання лісових ресурсів. Інтеграція інноваційних технологій, зокрема, автоматизації, цифрового моніторингу та екологічно безпечної техніки, дозволяє значно

підвищити ефективність лісозаготівлі та сприяти раціональному управлінню лісами. Ключовими напрямками розвитку галузі є:

- подальша цифровізація лісового господарства через використання ГІС-технологій, дронів, супутникового моніторингу та штучного інтелекту для контролю за станом лісових масивів та виявлення незаконних рубок;

- впровадження екологічно чистих технологій, зокрема електрифікованої лісозаготівельної техніки та безвідходної переробки деревини, що сприятиме зниженню рівня забруднення довкілля;

- перехід до вибіркового методу вирубки, що забезпечує збереження біорізноманіття та природного відновлення лісів.

- розробка біотехнологічних підходів до прискореного лісовідновлення, які дозволять ефективніше відновлювати лісові масиви після вирубки.

Застосування цих технологій та методів сприятиме збалансованому поєднанню економічної вигоди, екологічної відповідальності та ефективного лісокористування, що є важливою передумовою сталого розвитку лісового господарства.

Список використаної літератури

1. DeepGreenUkraine. URL: <https://forestcom.org.ua/project/deepgreenukraine> (дата звернення: 09.03.2025).
2. Богомаз М.В., Лобченко Г.О. Регулювання ринку деревини (ланцюга постачання) та система його моніторингу в Україні, 2024. 45 с.
3. Деревинознавство з основами лісового товарознавства і стандартизації лісової продукції: навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 205 «Лісове господарство» / Уклад. В.М. Хрик, С.М. Левандовська, І.В. Кімейчук. Біла Церква, 2023. 234 с.
4. Державне підприємство «Лісогосподарський інноваційно-аналітичний центр». URL: <https://www.forestinnovationhubs.rosewood-network.eu/uk/content/electronic-timber-tracking> (дата звернення: 09.03.2025).
5. Добровольська Е.В., Покотильська Н.В. Стан та тенденції розвитку лісокористування. *Причорноморські економічні студії*. 2021. № 63. С. 79-83.
6. Козак А.С. Сучасні технології й підходи до збереження та відновлення лісових ресурсів України : кваліфікаційна робота / наук. керівник к.е.н. Л. О. Бицюра. Тернопіль : ЗУНУ, 2024. 53 с.
7. Лісозаготівля: методи, етапи та реалізація процесу. URL: <https://eos.com/uk/blog/lisozahotivlia/> (дата звернення: 09.03.2025).
8. Мендела Є. Інноваційний розвиток лісової галузі України. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2022. № 6. Том 1. С. 50-60.

Андрій МОНАСТИРСЬКИЙ⁵⁶,
студент 1-го курсу,
факультет екології, лісівництва
та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ РОСЛИН У РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Анотація. Фотосинтетична активність рослин є критично важливим процесом для життєдіяльності організмів, що залежить від екологічних умов середовища. Основні фактори, котрі впливають на ефективність фотосинтезу, включають інтенсивність світла, температуру, вологість, вміст вуглекислого газу та мінеральні речовини в ґрунті. У різних екологічних умовах фотосинтетична активність може змінюватися, в залежності від того, чи є умови оптимальними або стресовими для рослин. В умовах підвищеної температури та посухи, наприклад, рослини можуть адаптувати свої фізіологічні процеси для збереження води, що в свою чергу впливає на інтенсивність фотосинтезу. Зміни клімату також можуть призвести до зміни балансу між фотосинтетичною активністю та здатністю рослин до адаптації до нових умов.

Ключові слова: фотосинтез, екологічні умови, світло, температура, вологість, вуглекислий газ, мінерали, адаптація, клімат, рослини.

Annotation. Photosynthetic activity in plants is a critically important process for the life of organisms, which depends on environmental conditions. The main factors that affect the efficiency of photosynthesis include light intensity, temperature, humidity, carbon dioxide content and minerals in the soil. Under different environmental conditions, photosynthetic activity can vary, depending on whether the conditions are optimal or stressful for plants. Under conditions of increased temperature and drought, for example, plants can adapt their physiological processes to conserve water, which in turn affects the intensity of photosynthesis. Climate change can also lead to a change in the balance between photosynthetic activity and the ability of plants to adapt to new conditions.

Keywords: photosynthesis, environmental conditions, light, temperature, humidity, carbon dioxide, minerals, adaptation, climate, plants.

Вступ. Фотосинтетична активність рослин є одним із основних процесів, що визначають їх здатність до росту, розвитку та виживання. Вона залежить від багатьох екологічних факторів, які можуть значною мірою варіюватися в залежності від місця та умов існування рослин.

⁵⁶Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

Основним елементом, що забезпечує цей процес, є світло, однак його ефективність може значно змінюватися в залежності від температури, вологості, вмісту вуглекислого газу в атмосфері та складу ґрунту.

У різних екосистемах ці фактори можуть мати різну ступінь впливу на рослинні організми. У середовищах з оптимальними умовами фотосинтетична активність рослин зазвичай досягає максимальних значень, однак у стресових ситуаціях, таких як посуха або екстремальні температури, процес фотосинтезу може значно сповільнюватися. Адаптація рослин до таких умов є важливою для підтримки їх життєдіяльності в умовах змінного клімату та антропогенних навантажень. Таким чином, розуміння взаємодії між фотосинтетичною активністю та екологічними умовами є ключовим для досліджень в агрономії, екології та біології рослин.

Метою цієї статті є дослідження впливу різних екологічних умов на фотосинтетичну активність рослин.

Виклад основного матеріалу. Фотосинтетична активність рослин є результатом складної взаємодії різноманітних екологічних факторів, кожен з яких має важливе значення для ефективності цього процесу. Світло, температура, вологість, вміст вуглекислого газу та мінеральний склад ґрунту – всі ці чинники мають визначальний вплив на здатність рослин здійснювати фотосинтез. Детальніше розглянемо, як кожен з них впливає на цей життєвий процес.

Світло є одним з найважливіших факторів, що забезпечують фотосинтез. Інтенсивність світла визначає, скільки енергії рослина може використовувати для синтезу органічних речовин. Оптимальна інтенсивність світла необхідна для ефективного перетворення енергії сонця на хімічну енергію. Недостатнє освітлення обмежує швидкість фотосинтезу, тоді як надмірне освітлення може призвести до фотодеструкції, коли енергія, яку рослина не може використати, пошкоджує її клітини. Тривалість освітлення також має велике значення. Більшість рослин має оптимальну кількість годин денного світла для активного фотосинтезу. У регіонах з коротким світловим днем рослини адаптуються до меншої кількості світла, але це обмежує їх загальну продуктивність [1].

Температура є важливим чинником, що безпосередньо впливає на швидкість хімічних реакцій у клітинах рослини. Кожен вид рослини має свій температурний оптимум для фотосинтезу. Зазвичай цей оптимум знаходиться в межах 20–30°C. При цих температурах ферменти, які відповідають за процес фотосинтезу, працюють найбільш ефективно. Однак температури, що виходять за межі оптимуму, можуть призвести до зниження інтенсивності фотосинтезу. Надмірне тепло (вище 35°C) може пошкодити фотосинтетичні структури клітин, зменшуючи їх здатність до поглинання CO₂ та знижуючи ефективність процесу. Низькі температури (менше 10°C) також можуть уповільнити активність ферментів і призвести до загальмованої роботи фотосинтетичних систем.

Вода є необхідною для фотосинтетичних реакцій, зокрема для процесу розкладу молекул води в хлоропластах, що є важливою частиною фотолізу. Недостатня кількість води в ґрунті обмежує можливості рослин для здійснення

фотосинтезу, оскільки закриваються продихи, щоб зберегти вологу, що, у свою чергу, обмежує приплив CO₂ до клітин.

Нижче представлена табл. 1, яка ілюструє вплив різних екологічних умов на фотосинтетичну активність рослин.

Таблиця 1. Вплив різних екологічних умов на фотосинтетичну активність рослин [2]

Екологічний фактор	Умови	Фотосинтетична активність
Освітленість	Висока (повне сонячне світло)	Максимальна інтенсивність фотосинтезу
	Низька (затінення)	Знижена інтенсивність фотосинтезу
Температура	Оптимальна (20–25°C)	Оптимальна активність фотосинтезу
	Низька (<10°C) або висока (>35°C)	Знижена активність фотосинтезу
Вологість ґрунту	Достатня вологість	Підтримка високої фотосинтетичної активності
	Дефіцит води (посуха)	Зниження фотосинтезу через закриття продихів
Поживні речовини	Достатнє забезпечення (азот, фосфор, калій)	Підвищена фотосинтетична активність
	Недостатнє забезпечення	Знижена фотосинтетична активність

Зокрема, дефіцит вологи призводить до закриття продихів, що обмежує надходження CO₂, необхідного для фотосинтезу, і, як наслідок, знижує синтез органічних речовин рослиною. Крім того, оптимальна площа листової поверхні посіву є важливим фактором для ефективного фотосинтезу; загущені посіви можуть сприяти збільшенню вегетативної маси, але надмірне затінення листків може негативно вплинути на процес фотосинтезу. Для забезпечення високої фотосинтетичної активності та продуктивності рослин необхідно оптимізувати екологічні умови, враховуючи специфічні потреби кожної культури.

Надмірна вологість також може бути проблемою для фотосинтезу, оскільки це створює умови для розвитку хвороб та затоплення кореневої системи, що призводить до порушення постачання води і мінералів. Зазначене є характерним для екосистем із високою вологістю або надмірними опадами, таких як тропічні ліси.

CO₂ є критичним компонентом для фотосинтезу, оскільки він використовується рослинами для синтезу органічних сполук. Зростання рівня CO₂ в атмосфері, зокрема внаслідок антропогенних викидів, може покращити фотосинтетичну активність рослин, збільшуючи швидкість цього процесу в умовах достатнього освітлення і температури. Однак ефект від підвищеного рівня CO₂ не є безмежним і залежить від інших факторів, таких як доступність води та мінералів.

Мінерали, особливо азот, фосфор і калій, є важливими для нормального функціонування фотосинтетичних процесів. Азот необхідний для синтезу білків, що є частинами фотосинтетичних ферментів. Калій допомагає регулювати закриття і відкриття продихів, що впливає на потік CO₂. Фосфор, в свою чергу, є

складовою частиною молекул, які переносить енергію, таких як АТФ, що необхідний для енергетичних процесів у клітинах [3].

Неадекватний вміст мінералів у ґрунті може значно знизити ефективність фотосинтезу. Рослини, які ростуть в умовах дефіциту цих елементів, не можуть повною мірою реалізувати свої фотосинтетичні можливості, що призводить до уповільнення росту та розвитку.

Фотосинтетична активність рослин безпосередньо залежить від комбінації різних екологічних факторів, таких як світло, температура, вологість, вміст CO_2 та мінеральний склад ґрунту. Кожен з цих факторів може як позитивно, так і негативно впливати на процес фотосинтезу. Для підтримки здоров'я рослин та забезпечення їх оптимального росту важливо враховувати всі ці умови та створювати відповідні умови для їх розвитку.

Фотосинтез є вкрай важливим процесом для рослин, оскільки саме через нього вони отримують енергію, необхідну для росту і розвитку. Однак в умовах екстремальних екологічних факторів, таких як посуха, надмірна вологість, екстремальні температури та забруднення атмосфери, фотосинтетична активність рослин може значно знижуватися. Кожен з цих чинників має власний механізм впливу, а також спричиняє у рослин певні адаптаційні реакції, які сприяють виживанню та збереженню їх фотосинтетичної активності.

Посуха є одним з найбільш серйозних екологічних стресів для рослин. Вона може призвести до значного зменшення доступності води, що має прямий вплив на процеси фотосинтезу. В умовах водного дефіциту рослини часто закривають свої продихи, щоб мінімізувати втрату води через транспірацію. Це обмежує надходження вуглекислого газу (CO_2) до клітин, що необхідний для фотосинтезу. Рослини мають різні адаптації до посухи. Одні з них здатні зберігати вологу завдяки розвитку глибоких кореневих систем, які дозволяють їм отримувати воду з глибших шарів ґрунту. Інші рослини розвивають спеціальні механізми для мінімізації втрат води, наприклад, покриття листя восковим шаром або адаптації до низької вологості шляхом уповільнення метаболічних процесів [4].

Надмірна вологість і затоплення можуть мати не менш руйнівний вплив на фотосинтез, ніж посуха. В умовах надмірної вологості ґрунту коренева система рослин може бути позбавлена доступу до кисню, що необхідний для нормального функціонування клітин. Затоплені рослини часто страждають від гіпоксії – недостатньої кількості кисню в ґрунті, що порушує процеси дихання та фотосинтезу. Надмірна волога може сприяти розвитку різноманітних грибкових і бактеріальних інфекцій, які можуть вражати рослини і перешкоджати нормальному функціонуванню їх клітин. Рослини, що ростуть в таких умовах, змушені адаптуватися, розвиваючи спеціальні структури, які дозволяють їм витримувати періоди затоплення. Однією з таких адаптацій є розвиток аеренхіми – пористої тканини, яка дозволяє транспортувати кисень до кореневої системи.

Екстремальні температури – як високі, так і низькі – є ще одним значним стресовим фактором для рослин. Високі температури можуть викликати перегрів клітин, що призводить до пошкодження фотосинтетичних структур, таких як

хлоропласти. При температурах вище 35°C фотосинтетична активність рослин починає знижуватися через денатурацію ферментів, що відповідають за фотосинтез. Низькі температури також негативно впливають на рослини. Заморожування клітин призводить до порушення їх структури та функції, що значно знижує ефективність фотосинтезу. У холодних умовах ферменти, що каталізують фотосинтетичні реакції, стають менш активними, а швидкість обміну газів через продихи зменшується. У результаті рослини можуть переживати зимовий період з суттєвим уповільненням або навіть припиненням фотосинтетичних процесів.

Забруднення атмосфери, зокрема збільшення концентрації вуглекислого газу (CO₂) та інших шкідливих речовин, таких як оксиди азоту та сірки, має подвійний вплив на фотосинтетичну активність рослин. Підвищення рівня CO₂ в атмосфері може, в теорії, покращити фотосинтетичну активність, оскільки це дозволяє рослинам збільшити темп фотосинтезу за рахунок більшої доступності цього газу. Однак збільшення концентрації CO₂ також супроводжується іншими факторами, такими як зміни температури, забруднення та зміна режиму опадів, які можуть мати негативний ефект.

Також важливим є вплив кислотних дощів, що виникають внаслідок забруднення атмосфери сірчистими та азотними оксидами. Кислотність дощів може пошкоджувати листя рослин, знижуючи їх здатність до фотосинтезу. Крім того, зміни клімату, які призводять до збільшення частоти екстремальних погодних явищ, таких як засухи, повені та температурні коливання, створюють додаткові стресові умови для рослин, що ускладнює їх адаптацію до нових умов.

Екстремальні екологічні умови, такі як посуха, надмірна вологість, екстремальні температури та забруднення атмосфери, мають значний вплив на фотосинтетичну активність рослин. Рослини здатні адаптуватися до цих стресових умов, розвиваючи різноманітні фізіологічні та морфологічні механізми, але в умовах змінного клімату та посилення антропогенних навантажень ці адаптації стають дедалі складнішими. Важливо продовжувати дослідження впливу екстремальних умов на рослинний фотосинтез для розробки стратегій збереження екосистем та забезпечення продовольчої безпеки в умовах змін клімату [5].

Зміна клімату та екологічні стреси, такі як посуха, екстремальні температури та забруднення навколишнього середовища, спричиняють серйозні виклики для рослин. Однак рослини мають низку механізмів адаптації до цих умов, які дозволяють їм виживати та підтримувати фотосинтетичну активність навіть в екстремальних ситуаціях. Крім того, сучасні технології зрошення та генетична модифікація рослин відкривають нові можливості для покращення їх адаптаційних можливостей. Одним з найбільших стресових факторів для рослин є дефіцит води, який призводить до водного стресу. У відповідь на посуху рослини виявляють цілий ряд адаптаційних механізмів, що допомагають їм зберігати воду та підтримувати життєдіяльність.

По-перше, рослини можуть адаптуватися до дефіциту води через зміни в своїй морфології. Наприклад, багато видів рослин, що ростуть в посушливих

умовах, мають глибоку кореневу систему, що дозволяє їм отримувати воду з глибших шарів ґрунту. Інші рослини можуть мати менший розмір листя або товстий восковий покрив, який зменшує випаровування води.

По-друге, рослини можуть здійснювати фізіологічні адаптації, такі як закриття продихів для мінімізації втрат води через транспірацію. Це обмежує поглинання вуглекислого газу, що знижує ефективність фотосинтезу. Проте, навіть в умовах зниженого фотосинтетичного процесу, рослини зберігають ресурси води.

Сучасні технології зрошення, такі як крапельне зрошення, значно підвищують ефективність водоспоживання рослин. Вони дозволяють забезпечити точне постачання води без значних втрат, що особливо важливо в посушливих регіонах. Крім того, розробка стійких сортів рослин, здатних до збереження води, є важливим напрямком агрономії. Наприклад, деякі сорти пшениці чи кукурудзи були виведені так, щоб вони мали кращу здатність до збереження води або менш залежали від кількості опадів [6].

Екстремальні температури, як висока спека, так і холод, можуть негативно впливати на рослини. Надмірна спека знижує фотосинтетичну активність, пошкоджуючи ферменти і структури клітин, в той час як холод призводить до уповільнення реакцій і навіть до заморожування клітинних структур.

Рослини мають кілька адаптацій до температурного стресу. У відповідь на підвищену температуру вони можуть підвищувати рівень певних захисних білків, які допомагають їм зберігати стабільність клітинних мембран і захищати фотосинтетичні апарати. Щодо холодного стресу, рослини часто виробляють речовини, які запобігають утворенню кристалів льоду в клітинах, що може їх пошкодити. Це може бути, наприклад, продукція антифризних білків або вуглеводів, які захищають клітини від замерзання. Для підтримки фотосинтетичної активності в умовах температурних стресів також використовуються технології, такі як вирощування рослин в захищених умовах (теплицях), що дозволяють підтримувати оптимальну температуру для росту.

Генетична модифікація рослин є одним з найбільш перспективних напрямків у підвищенні їх здатності до адаптації до змінних екологічних умов. Сучасні технології генної інженерії дозволяють створювати рослини, які мають покращену стійкість до водного дефіциту, екстремальних температур та інших стресових факторів. Одним із важливих напрямків є генетична модифікація рослин для покращення їх фотосинтетичної ефективності. Наприклад, через зміну гена, що кодує фотосинтетичні ферменти, можна створювати сорти рослин, які ефективніше використовують світло і вуглекислий газ для синтезу органічних сполук. Крім того, генетична модифікація може бути спрямована на підвищення термостійкості або холодостійкості рослин. Змінюючи гени, що відповідають за захист клітин від теплового чи низькотемпературного стресу, можна створювати сорти, які здатні ефективно розвиватися при більш високих або низьких температурах, ніж їх дикорослі аналоги. Генетична модифікація також дозволяє виводити рослини з підвищеною стійкістю до шкідників і хвороб, що є важливим аспектом при адаптації до змінних екологічних умов.

Адаптація рослин до змінних екологічних умов є складним процесом, що включає в себе як фізіологічні та морфологічні зміни, так і використання новітніх технологій. Сучасні технології зрошення та генетична модифікація рослин дозволяють значно покращити їх здатність до виживання в умовах водного дефіциту, температурних стресів і інших екологічних навантажень.

Зміни клімату, зокрема глобальне потепління, мають значний вплив на екологічні системи по всьому світу, включаючи рослинні екосистеми. Підвищення температури, зміна режиму опадів, збільшення частоти екстремальних погодних явищ – усе це безпосередньо впливає на здатність рослин до фотосинтезу, процесу, який є основою їхнього росту і розвитку. Вплив змін клімату на фотосинтетичну активність рослин є багатограним, і включає як позитивні, так і негативні аспекти. Важливо також зазначити, що рослини здатні адаптуватися до цих змін, хоча ефективність таких адаптацій ще вимагає ретельного вивчення.

Підвищення глобальної температури є одним із головних аспектів зміни клімату, що безпосередньо впливає на фотосинтетичну активність рослин. Перш за все, потепління може призвести до того, що температури в різних регіонах перевищать оптимальні межі для фотосинтезу. Високі температури спричиняють денатурацію ферментів, що залучені до фотосинтетичних реакцій, знижуючи їхню ефективність. Зокрема, в умовах теплового стресу рослини можуть знижувати свою фотосинтетичну активність через закриття продихів для збереження води, що обмежує поглинання вуглекислого газу, необхідного для фотосинтезу. Іншим негативним аспектом потепління є збільшення частоти та інтенсивності посух, особливо в посушливих регіонах. Недостатня кількість води обмежує здатність рослин до фотосинтезу, оскільки рослини змушені закривати продихи для збереження вологи, що зменшує доступ вуглекислого газу до клітин. Водночас потепління може мати й деякі позитивні наслідки для рослин, зокрема в холодних регіонах. У таких умовах деякі види рослин можуть розширити свої ареали, оскільки більш тепле середовище може забезпечити більш сприятливі умови для їхнього росту та розвитку. Однак це може також призвести до змін в екосистемах, що може порушити існуючі харчові ланцюги та біорізноманіття. Адаптація рослин до змін клімату є складним і тривалим процесом. Рослини можуть адаптуватися до нових температурних умов і зміни вологості завдяки розвитку певних фізіологічних, морфологічних та біохімічних механізмів. У контексті потепління та змін у кліматі зокрема розрізняють кілька ключових адаптацій.

Рослини здатні пристосовувати свої метаболічні процеси до нових умов. Наприклад, з підвищенням температури багато рослин збільшують свою активність вночі, щоб знизити ризик перегріву вдень [7].

У відповідь на зміни клімату рослини можуть змінювати розміри своїх листків, регулювати їхню орієнтацію або товщину воскового шару на поверхні, що допомагає зменшити втрати води. Також деякі рослини можуть змінювати структуру своїх кореневих систем, щоб мати змогу збирати воду з глибших шарів ґрунту в умовах посухи.

Рослини здатні виробляти спеціальні захисні білки, які допомагають їм витримувати високі температури (термостійкість) або замерзання (холодостійкість).

Важливо зазначити, що ці адаптаційні процеси можуть бути недостатніми для забезпечення стійкості рослин у разі надмірних змін клімату. Тому вчені активно працюють над розробкою нових технологій, які допоможуть рослинам краще адаптуватися до нових умов.

Одним із перспективних підходів до адаптації рослин є генетична модифікація. Вчені використовують генетичну інженерію для створення рослин, які можуть краще витримувати екстремальні температури, посуху чи інші стресові фактори. Наприклад, розроблені рослини, які мають покращену здатність до збереження води завдяки зміненій структурі кореневої системи або здатні краще використовувати вуглекислий газ навіть в умовах водного дефіциту.

Модифікація фотосинтетичних шляхів також є перспективним напрямом. Змінюючи генетичний склад рослин, можна покращити їхню здатність до ефективнішого використання сонячного світла та вуглекислого газу, що дозволить їм краще витримувати змінені кліматичні умови.

Зміни клімату, зокрема глобальне потепління, мають значний вплив на фотосинтетичну активність рослин, порушуючи їхній метаболізм, зменшуючи доступність води та змінюючи температурні умови. Однак рослини мають значний потенціал для адаптації до цих змін через фізіологічні та морфологічні механізми. Крім того, новітні технології, такі як генетична модифікація, відкривають нові можливості для створення стійких сортів рослин, здатних витримувати екстремальні умови. Важливою є інтеграція таких технологій з ефективним управлінням природними ресурсами для забезпечення стійкості рослинних екосистем у майбутньому.

Дослідження фотосинтетичної активності рослин у контексті зміни клімату набувають все більшої актуальності для агрономії та екології. Зміна клімату призводить до нестабільних погодних умов, що може вплинути на врожаї, біорізноманіття та екосистеми в цілому. Зокрема, зміни температури, режиму опадів і концентрації вуглекислого газу змінюють умови для росту рослин і їх здатність до фотосинтезу.

Вивчення впливу змін клімату на фотосинтез дозволяє агрономам і екологам розробляти стійкіші сорти рослин, оптимізувати технології зрошення, визначати найкращі стратегії для адаптації сільського господарства до нових кліматичних умов [5].

Фотосинтетична активність рослин є важливою складовою екологічних і агрономічних процесів, і її ефективність залежить від багатьох факторів, таких як світло, температура, вологість, CO₂ і мінеральний склад ґрунту. Зміни клімату та антропогенні впливи мають значний вплив на ці фактори, що вимагає адаптації як рослин, так і сільськогосподарських практик.

Подальші дослідження в цій галузі дозволять розробити нові методи підвищення ефективності фотосинтезу в умовах стресу, поліпшити стійкість

рослин до змін клімату і зменшити вплив антропогенних факторів на рослинні екосистеми.

Висновки. Фотосинтетична активність рослин є критично важливим процесом, який визначає їх здатність до росту, розвитку та виробництва органічних сполук. Вона залежить від багатьох екологічних факторів, таких як інтенсивність та тривалість світла, температура, вологість, вміст вуглекислого газу та мінеральний склад ґрунту. Зміни цих умов можуть як стимулювати, так і обмежувати фотосинтез, що в свою чергу впливає на продуктивність рослинних екосистем. Екстремальні умови, такі як посуха, надмірна вологість, забруднення атмосфери або зміни температури через глобальне потепління, можуть значно знизити фотосинтетичну активність рослин. Проте рослини здатні до адаптації, розвиваючи механізми, які дозволяють зберігати свою життєздатність в умовах змінюваного середовища. Вивчення цих адаптаційних механізмів і факторів, що впливають на фотосинтез, є важливим для агрономії та екології, особливо в контексті змін клімату. Подальші дослідження можуть допомогти розробити більш стійкі сорти рослин, оптимізувати сільськогосподарські технології та стратегії, що дозволять забезпечити продовольчу безпеку в умовах екологічних змін. Підвищення ефективності фотосинтетичних процесів є важливою частиною зусиль по адаптації рослин до глобальних змін клімату та збереженню біорізноманіття.

Список використаної літератури

1. Авксентьева О.О. та ін. Фізіологія та біохімія рослин: малий практикум: навч. метод. посіб. Харків. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2018. 151 с.
2. Злобін Ю.А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми: Університетська книга, 2019. 463 с.
3. Колупаєв Ю. Є., Карпець Ю. В. Активні форми кисню. Активні форми кисню, антиоксиданти та стійкість рослин до дії стресів. Київ : Логос. 2019. 277 с.
4. Рослини та урбанізація: Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 1 лютого 2024 р.). Дніпро, 2024. 151 с.
5. Терек О.І., Пацула О.І. Ріст і розвиток рослин: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 328 с.
6. Фельбаба-Клушина Л.М., Куртяк Ф.Ф. Мірутенко В.С. Екологія рослин з основами популяційної біології. Конспект лекцій. Навчальний посібник. Ужгород, 2023. 152 с.
7. Фізіологія рослин. Лабораторний практикум : навчальний посібник Упорядники: Пида С.В., Дідушицька Б.С. Тернопіль, 2023. 96 с.

Яна ДОВГАЛЮК⁵⁷,
студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ЕУСТОМА: ПОПУЛЯРНІ СОРТИ ТА СЕРІЇ, ПЕРЕВАГИ СЕРЕД ІНШИХ, УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ТА РИЗИКИ

***Анотація.** Ця стаття містить вичерпну інформацію про еустому – вишукану квітучу рослину, яка набирає популярності серед садівників і флористів. У ній детально описані різні види еустом, їхні унікальні характеристики та переваги. Обговорюються основні способи вирощування цієї квітки, включаючи освітлення, полив і ґрунтові умови, а також можливі проблеми, які можуть виникнути при догляді за нею. Окремо висвітлено переваги еустоми перед іншими квітучими рослинами, зокрема її тривалий період цвітіння, стійкість у зрізаному вигляді та високі декоративні властивості. Ця стаття стане корисним посібником для всіх, хто бажає вирощувати еустому в саду або вдома, а також для флористів, які бажають створювати елегантні букети та композиції з цією квіткою.*

***Ключові слова:** еустома, види, вирощування, захворювання, стійкість, композиції.*

***Annotation.** This article provides comprehensive information about eustoma, an exquisite flowering plant that is gaining popularity among gardeners and florists. It describes in detail different types of eustoma, their unique characteristics and advantages. It discusses the main ways to grow this flower, including lighting, watering and soil conditions, as well as possible problems that may arise when caring for it. Particular attention is paid to the advantages of eustoma compared to other flowering plants, such as its long flowering period, its stability as a cut flower and its decorative qualities. This article will be a useful guide for anyone who wants to grow eustoma in the garden or at home, as well as for florists who want to create elegant bouquets and arrangements with this flower.*

***Keywords:** eustoma, species, cultivation, diseases, resistance, compositions*

Вступ. Еустома (*Eustoma*) також відома, як лізіантус – це квітка, яка зачаровує людей своєю витонченою красою та універсальною формою. Його ніжні, шовковисті, схожі на троянди пелюстки та витончені стебла не мають собі рівних у світі квіткових композицій та садівництва. Ця стаття має на меті висвітлити всі аспекти вирощування та догляду за лізіантусом, починаючи з його різних видів, потенційних проблем і закінчуючи перевагами над іншими квітучими рослинами.

⁵⁷Науковий керівник – доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства Антоніна Піддубна.

Висвітлення такої рослини, як еustoma може допомогти іншим не вагатися обирати її, зрозуміти істину і переваги. Досить чудова рослина, що використовується у флористичних букетах, які довго стоятимуть і даруватимуть радість, може бути як естетична прикраса в ландшафті, але рослина досить не проста у вирощуванні та догляді.

Виклад основного матеріалу. Існує велика різноманітність сортів еustomи, що відрізняються кольором, формою та розміром квітів. Нижче наведені найпопулярніші види, сорти і серії еustom.

Видове різноманіття:

Прості еustomи відрізняються більш лаконічною формою квітки з меншою кількістю пелюсток.

Карликові еustomи ідеально підходять для вирощування в горщиках на балконах та підвіконнях.

Високорослі еustomи використовуються для створення букетів та квіткових композицій.

Колірна палітра еustomи вражає своєю різноманітністю від класичних білих та рожевих до екзотичних фіолетових та блакитних відтінків.

Еustoma великоквітова (*Eustoma grandiflorum*) – найпоширеніший вид еustomи, він характеризується великими, махровими або напівмахровими квітами, які можуть бути різних кольорів, включаючи білий, рожевий,



Рис.1. Еustoma великоквітова

фіолетовий, синій та жовтий. Цей вид еustomи часто використовується для створення букетів [1].

Еустома мала (*Eustoma exaltatum*). Цей вид еустоми має менші квіти, ніж еустома великоквіткова. Він також характеризується більшою кількістю квітів на стеблі. Еустома мала часто використовується для створення композицій у горщиках [2].



Рис. 2. Еустома мала

Найпопулярнішими серіями еустоми є: серія «Advantage» – великоквіткові махрові сорти з міцними стеблами, серія «Arena» – махрові сорти з великими квітами та різноманітною кольоровою гамою, серія «Bolero» – дрібноквіткові сорти, що вирізняються рясним цвітінням, серія «Mariachi» – великоквіткові махрові сорти з пишними суцвіттями.

Еустома – унікальна рослина, яка вирізняється серед інших квітів своїми особливими характеристиками. Вона має тривалий період цвітіння, який може тривати кілька місяців, а також відзначається високою стійкістю у зрізаному вигляді, зберігаючи свіжість у вазі. Загалом, еустома немає вираженого аромату, більшість її сортів випромінюють ледь вловимий, ніжно-солодкий або трав'янистий запах.

Найпоширенішим методом вирощування еустоми є насіннєвий спосіб. Насіння еустоми дуже дрібне, тому посів потребує акуратності. Посів проводять у зимові місяці (грудень-січень), щоб отримати квітучі рослини влітку. Використовують торф'яні пігулки або спеціальний субстрат для розсади. Після посіву створюють парниковий ефект, накриваючи ємність плівкою або склом. Важливо забезпечити достатнє освітлення та підтримувати оптимальну температуру (20-25°C). Пікірування сіянців проводять після появи кількох справжніх листків. Висаджування розсади у відкритий ґрунт здійснюють після того, як мине загроза заморозків.

Тепличне вирощування – це ефективний спосіб отримувати квіти протягом усього року. Завдяки можливості контролювати температуру, вологість і рівень освітлення створюються оптимальні умови для зростання рослин. Використання крапельного поливу та регулярного підживлення сприяє їхньому здоровому розвитку. Цей метод ідеально підходить для комерційного вирощування.

Вирощування в домашніх умовах – еустому можна успішно культивувати в горщиках на підвіконні або балконі. Для гарного росту рослині

необхідне достатнє освітлення, найкраще підійдуть південні або західні вікна. Полив слід здійснювати помірно, уникаючи надмірного зволоження ґрунту. Для підтримки активного цвітіння рекомендується використовувати спеціальні добрива для квітучих рослин.

Основними умовами для успішного вирощування еустоми є освітлення, температура і вологість. Ґрунт має бути легкий, родючий, добре дренований. Підживлення регулярне, комплексними добривами.

В результаті отримаємо неймовірну і витончену рослину. Еустома користується великим попитом на міжнародному ринку, що відкриває можливості для експорту.

Важливо зазначити, що еустома, як і будь-яка інша рослина, може бути схильна до різних хвороб та ураження шкідників [3].

Фузаріозне в'янення – грибкове захворювання, яке призводить до пожовтіння та в'янення листя, а також до загнивання коренів. Найчастіше виникає через надмірну вологість ґрунту.

Сіра гниль – грибкова хвороба, яка проявляється у вигляді сірого нальоту на листі та стеблах. Розвивається при високій вологості та поганій вентиляції.

Коренева гниль – викликається грибами, які уражують кореневу систему. Призводить до загнивання коренів та загибелі рослини. Часто виникає через перезволоження ґрунту.

Борошниста роса – грибкове захворювання, яке проявляється у вигляді білого нальоту на листі. Розвивається при високій вологості та різких перепадах температури.

Мозаїчний вірус – вірусне захворювання, що проявляється у вигляді мозаїчних плям на листі. Передається через шкідників або заражений інструмент. Лікування не існує, уражені рослини необхідно видалити.

Найбільш поширеними шкідниками для еустоми є:

Попелиця – дрібні комахи, які висмоктують сік з листя та стебел. Призводять до деформації листя та уповільнення росту рослини.

Павутинний кліщ – дрібний шкідник, який обплітає листя павутиною. Висмоктує сік з листя, що призводить до їх пожовтіння та опадання.

Трипси – дрібні комахи, які пошкоджують листя та квіти. Призводять до появи сріблястих плям та деформації бутонів.

Висновки. Еустома – це чудова рослина, хоч і складна у вирощуванні та вимагає великий спектр умов, як і часу, але при правильному догляді може стати гордістю і справжньою окрасою. Завдяки своїй вишуканій красі та різноманіттю сортів, сміливо посідає особливе місце серед різноманітних декоративних рослин. Її ніжні та вишуканість квітів, що схожі на троянди, стають неймовірною окрасою, як домашнього інтер'єру, так і флористичних композицій.

Список використаної літератури

1. Дячук П.В., Перфільєва М.В., Перфільєва Л.П., Умань, Флористика, 226 с.

2. Кирик М.М., Шевчук В.К., Піковський М.Й., Яколюда С.М., Азаїкі С.С., Хвороби квіткових і декоративних рослин. Київ: «Фенікс», 2019, 327 с.

3. Бессонова В. П. Квітники. Практикум: Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Вид. 2-ге доп. і переробл. Дніпро: «Типографія Україна», 2023. 183 с.

4. М. М. Макрушин, Є. М. Макрушина, Н. В. Петерсон, М. М. Мельников, Фізіологія рослин, Вінниця: «Нова книга», 2006 р., 413 с.

Катерина КРИМЕЦЬ⁵⁸,
студентка 3-го року навчання,
факультету екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

РІЗНОВИДИ ГАЗОННИХ ПОКРИТІВ, ВИДИ ТРАВ ДЛЯ ЇХ СТВОРЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ДОГЛЯДУ

Анотація. У статті розглядаються різновиди газонних покриттів, їхні особливості та сфери застосування. Описані основні види травосумішей, що використовуються для створення газонів, а також характеристики злакових культур, які формують міцний і довговічний трав'яний покрив. Особлива увага приділяється вибору газонної трави залежно від кліматичних умов, типу ґрунту та функціонального призначення покриття. Узагальнено основні принципи створення якісного газону, що забезпечить його естетичний вигляд і довговічність.

Ключові слова: газонні покриття, травосуміші, дерен, декоративні газони, спортивні газони, посухостійкі газони, тіньовитривалі газони, ґрунтові умови, кліматична адаптація.

Annotation. The article examines different types of lawn coverings, their characteristics, and areas of application. It describes the main types of grass seed mixtures used for creating lawns, as well as the features of grass species that form a durable and long-lasting turf. Special attention is given to selecting lawn grass based on climatic conditions, soil type, and the functional purpose of the lawn. The key principles for creating a high-quality lawn that ensures aesthetic appeal and longevity are summarized.

Key words: lawn coverings, grass mixtures, turf, decorative lawns, sports lawns, drought-resistant lawns, shade-tolerant lawns, soil conditions, climatic adaptation.

Вступ. Газон – це не просто зелений килим, що прикрашає прибудинкову територію, парк або спортивний майданчик. Це важливий елемент

⁵⁸Науковий керівник – Циганська О.І., канд. с.-г. н., доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства

ландшафтного дизайну, який не тільки виконує декоративну функцію, а й має практичне значення. Якісний газон сприяє покращенню мікроклімату, зменшує кількість пилу в повітрі, запобігає ерозії ґрунту та створює комфортні умови для відпочинку. Однак вибір правильного газонного покриття – завдання не з простих, адже існує безліч різновидів, кожен із яких має свої особливості та вимоги до догляду.

Одним із ключових аспектів створення газону є вибір відповідної травосуміші. В залежності від призначення покриття, в нього можуть входити різні злакові культури, які визначають його стійкість до навантажень, погодних умов та зовнішнього впливу. Однак сам по собі вибір трави – лише перший крок до створення красивого та довговічного газону. Щоб газон залишався доглянутим, рівномірно зеленим і стійким до негативних факторів, необхідно дотримуватися певних правил догляду. Полив, скошування, підживлення, аерація та боротьба з бур'янами – це обов'язкові процедури, які впливають на стан трав'яного покриття. Важливо враховувати, що кожен тип газону має свої особливості обслуговування.

Виклад основного матеріалу. Газонні покриття класифікуються за призначенням та місцем використання, поділяючись на три основні категорії: спортивні, спеціального призначення та декоративні.

Спортивні газони є невід'ємною частиною стадіонів, іподромів, полів для гольфу та інших спортивних об'єктів. Вони мають особливу структуру, яка забезпечує високу стійкість до механічних навантажень і витоптування. Для їхнього створення використовується спеціальна суміш трав, які утворюють щільну дернину, здатну швидко відновлюватися після інтенсивного використання. Вирощування такого газону є складним процесом, що потребує ретельного догляду та підтримки.

Газони спеціального призначення виконують важливу функцію у відновленні природних ландшафтів, зокрема при рекультивації пошкоджених територій. Вони застосовуються для зміцнення укосів уздовж автошляхів і залізниць, схилів каналів, берегів водосховищ, а також для озеленення аеродромів та інших стратегічно важливих об'єктів.

Декоративні газони найчастіше використовуються в оформленні міських та приватних територій. Вони відзначаються естетично привабливим виглядом, довговічністю та, залежно від типу, можуть вимагати різного рівня догляду. Декоративні газони поділяються на кілька видів: партерні, садово-паркові, лугові та мавританські, кожен із яких має свої особливості у ландшафтному дизайні та догляді.

Партерні газони зазвичай розташовуються у ключових зонах ландшафтної композиції – біля пам'ятників, фонтанів, муніципальних будівель, декоративних водойм і на парадних площах. Їм надають геометрично правильні форми, підкреслюючи урочистість і симетрію простору. Через їхню високу декоративну цінність такі газони часто оточені огорожею з попереджувальними табличками про заборону ходіння. Партерний газон виконує суто естетичну функцію, тому трави, що використовуються для його створення, мають бути довговічними,

створювати щільний і рівномірний травостій та мати однорідне забарвлення. Оптимальний склад суміші включає вівсяницю червону та різнолисту, тонконіг лучний, мітлицю тонку, а в деяких випадках – райграс пасовищний та мітлицю пагононосну. Оскільки партерні газони не передбачають механічного навантаження, їхня стійкість до витоптування не є критичною.

Садово-паркові газони відіграють важливу роль у благоустрої міських просторів, таких як парки, сквери, бульвари та житлові райони. Вони відзначаються декоративністю, довговічністю та високою стійкістю до регулярного скошування, витоптування, а також можуть бути тіньовитривалими, посухостійкими та морозостійкими. Завдяки поєднанню різних типів трав зі специфічними характеристиками (кореневищних, кореневищно-кущових та рихлокущових) формується міцна та щільна дернина. Однак такий газон вимагає регулярного скошування: якщо нехтувати цим процесом, дернина стане рихлою, що призведе до випадання трав і втрати естетичного вигляду. Частота стрижки залежить від виду газону – партерний, луговий та мавританський косити часто не потрібно, а от садово-паркові та спортивні газони вимагають частого догляду.

Лугові газони займають великі території в парках та лісопаркових зонах, де вони створюються шляхом покращення існуючого травостою за допомогою підсіву спеціально підібраних травосумішей. Вони можуть містити злакові, бобові (конюшина, люцерна, астрагали), осокові рослини, а також різнотрав'я. Вибір рослин залежить від кліматичних умов, типу ґрунту та необхідної висоти травостою. Лугові газони рідко піддаються скошуванню, що дозволяє травам зацвітати, надаючи покриттю природний вигляд.

Мавританські газони – це особливий вид газонного покриття, що поєднує злакові трави та квітучі рослини. Вони створюють ефект барвистого лугу, приваблюючи комах-запилювачів та додаючи яскравих акцентів у ландшафтний дизайн. Для їхнього створення використовують однорічні та багаторічні квіти. Також можливі варіанти моноквітників, де використовують лише ґрунтопокривні або запашні низькорослі рослини. Особливістю догляду за мавританськими газонами є рідке скошування – трава має встигнути зацвісти, після чого проводиться покіс.

За рівнем життєздатності травосуміші, що використовуються в газонних покриттях, поділяють на три категорії: високої, середньої та низької якості. Найкращі результати дають травосуміші першої групи, які забезпечують густий, стійкий і довговічний газон. Середня група характеризується меншою життєздатністю, а найнижча – меншою густотою та схильністю до випадання трав. [7,10].

Таким чином, вибір типу газонного покриття залежить від його призначення, умов експлуатації та рівня догляду. Від спортивних до декоративних газонів – кожен вид має свої особливості, які визначають його функціональність та естетичну цінність.

Грамотно облаштований газон може служити багато років, даруючи естетичне задоволення та комфорт. Однак для того, щоб він залишався

привабливим і довговічним, важливо правильно підібрати травосуміш відповідно до його функціонального призначення.

Основу газонного покриття складають багаторічні злакові трави з кореневищно-кущовим типом розростання. Вони забезпечують щільний травостій, формуючи численні пагони, що створюють густий і рівномірний зелений килим. Кожен вид злакових трав має як переваги, так і недоліки, тому зазвичай використовують травосуміші, де особливості одних рослин компенсують слабкі сторони інших. [6].

Для посіву найчастіше застосовують такі злаки, як тонконіг, мітлиця та вівсяниця. У професійних травосумішах від провідних виробників можна також зустріти райграс, гібридні злаки, спеціально адаптовані для газонних покриттів, а також інші культури, що покращують якість газону.

При виборі газонної трави слід враховувати кілька ключових факторів:

- Призначення газону (декоративний, спортивний, спеціального призначення);
- Кліматичні особливості регіону;
- Тип ґрунту (його кислотність, структура та механічний склад);
- Рівень ґрунтових вод та особливості зволоження;
- Ступінь освітленості ділянки (відкриті сонячні місця, півтінь або повна тінь);
- Інтенсивність експлуатації (чи буде газон активно використовуватися, чи виконуватиме лише декоративну функцію);
- Частоту догляду, на яку ви готові витрачати час та ресурси.

Щоб обрати ідеальну травосуміш для дачної ділянки або саду, важливо розуміти особливості різних видів газонних трав та їхню адаптованість до конкретних умов [4].

Однією з найпоширеніших газонних трав є Тонконіг лучний (*Poa pratensis*). Він відзначається високою зимостійкістю та здатністю швидко відновлюватися після інтенсивних навантажень. Завдяки своїй універсальності ця трава добре адаптується як до відкритих сонячних територій, так і до частково затінених ділянок, створюючи щільний, насичено-зелений покрив. Вона легко витримує вологі та важкі ґрунти, що робить її чудовим вибором для регіонів із помірним кліматом. Для підтримки оптимального стану газону рекомендується регулярний полив і внесення добрив.

Листя цієї рослини має ширину 4–5 мм, а її коренева система мичкувата, з повзучими пагонами, що сприяє рівномірному поширенню трави по площі. Суцвіття представлене волоттю пірамідальної форми. У перший рік після висівання зростає досить повільно, що варто враховувати при створенні монокультурного газону. Однак, завдяки своїй довговічності, ця трава здатна рости понад 15 років. У перший рік висота рослини досягає приблизно 10 см, а в наступні роки може зростати до 15–20 см. Для збереження естетичного вигляду газону рекомендується скошування на висоті 4–5 см з періодичністю 10–14 днів.

Костриця червона (*Festuca rubra*) ідеально підходить для піщаних та сухих ґрунтів, адже вона має високу посухостійкість і утворює густий дернинний

покрив. Витримує затінення, стійка до ущільнення ґрунту та невибаглива у догляді, що робить її чудовим вибором для природних ландшафтів. Ця трава часто використовується для декоративних газонів, оскільки формує м'який і щільний дерен, а також входить до складу ремонтних газонних сумішей завдяки своїй здатності швидко заповнювати прогалини.

Листя костриці червоної тонке й довге. Коренева система мичкувата, має короткі повзучі пагони, які допомагають траві рівномірно поширюватися. Суцвіття – рихла волоть. Висота рослини може досягати 20–30 см, а термін її життя перевищує 10 років. Оптимальна висота скошування становить 4–6 см, а періодичність – кожні 10–14 днів.

Костриця очеретяна (*Festuca arundinacea*) вирізняється відмінною стійкістю до посухи та високих температур. Вона чудово витримує спекотний клімат та обмежену кількість опадів, що робить її ідеальним вибором для великих відкритих територій. Трава формує щільний та витривалий дерен, а її коренева система здатна добувати вологу з глибоких шарів ґрунту, що забезпечує її життєздатність у складних умовах.

Ця рослина є високорослою, з жорстким листям та розвиненою мичкуватою кореневою системою, що глибоко проникає в землю. Суцвіття представлене великою розгалуженою волоттю. Висота рослини сягає 40–60 см, а для підтримання гарного стану газону її рекомендується скошувати на висоті 6–8 см кожні 10–14 днів.

Райграс пасовищний (*Lolium perenne*) є однією з найшвидкорослих газонних трав, що дозволяє йому швидко відновлюватися після інтенсивного використання. Ця трава має насичений зелений колір, формує щільний і міцний дерен, завдяки чому широко застосовується для спортивних та дитячих майданчиків. Райграс – одна з найпопулярніших і найнадійніших газонних культур, яка входить до складу більшості газонних сумішей.

Рослина має добре облиствене стебло, листя завширшки 4–6 мм, поверхневу мичкувату кореневу систему та суцвіття у вигляді вузького колоса. В середньому райграс живе 5–8 років. Висота куща варіюється в межах 20–40 см, а оптимальна висота скошування становить 4–6 см із частотою 7–10 днів.

Мітлиця повзуча (*Agrostis stolonifera*) утворює дуже густий, тонкий дерен, що робить її ідеальним вибором для гольф-полів і декоративних газонів. Ця трава добре переносить низьке скошування, активно розростається горизонтально, формуючи дво- або триярусний покрив. Вона відзначається високою морозостійкістю, здатністю пригнічувати бур'яни та витримувати помірне навантаження.

Рослина має повзучі пагони завдовжки до 40 см, плоске і тонке листя шириною 2–4 мм, а також поверхневу кореневу систему. Суцвіття – волоть. Мітлиця повзуча може рости понад 10 років. Її висота зазвичай становить 10–15 см, а оптимальна висота скошування – 3–5 см із періодичністю 10–14 днів.

Мітлиця тонка (*Agrostis capillaris*) відрізняється ніжним і тонким листям, повільним ростом і здатністю формувати щільний газонний покрив. Вона чудово підходить для декоративних газонів, добре витримує посуху, вигоптування та

різноманітні захворювання. Сонцелюбна й морозостійка, ця трава ідеально підходить для помірного клімату та не вимагає складного догляду.

Листя мітлиці тонкої плоске, завширшки 2–4 мм. Суцвіття – волоть. Трава може рости понад 15 років, досягаючи висоти 20–30 см. Оптимальна висота скошування становить 3–4 см, а частота стрижки – кожні 10–14 днів.

Конюшина біла (*Trifolium repens*) хоч і не належить до традиційних газонних трав, але широко використовується для озеленення. Ця рослина з родини бобових сприяє покращенню структури ґрунту та його збагаченню азотом, що позитивно впливає на стан газону. Завдяки невибагливості у догляді конюшина біла є популярним вибором серед низькорослих трав.

Вона має повзучі пагони, які швидко розростаються по площі, та дрібні білі квіти. Висота рослини коливається в межах 10–15 см. Оптимальна висота скошування – 5–6 см, а періодичність – кожні 10–14 днів. Регулярне скошування сприяє підтримці густоти та декоративного вигляду газону. [1, 2, 3]

Догляд за різними видами газонних покриттів має свої особливості, оскільки кожен тип газону призначений для різних умов використання.

Партерний газон – це справжня «візитна картка» саду чи парку, адже він вирізняється бездоганним виглядом та насиченим кольором. Водночас цей тип газону вимагає ретельного догляду. Поливати його потрібно регулярно, найкраще – за допомогою автоматичної системи, що забезпечить рівномірне зволоження. Стрижка повинна бути низькою (3-5 см), але проводити її слід обережно, щоб не пошкодити ніжні трави. Газон потребує підживлення: навесні використовують азотні добрива, які сприяють росту, а восени – калійно-фосфорні, щоб зміцнити траву перед зимівлею. Оскільки партерний газон чутливий до бур'янів, необхідно ретельно їх видаляти або застосовувати селективні гербіциди.

Садово-парковий газон більш витривалий і підходить для активного використання. Поливати його достатньо кілька разів на тиждень, особливо в спекотний період. Стрижка проводиться регулярно, але висота трави має бути трохи вищою (5-7 см), щоб вона залишалася густою та стійкою до навантажень. Двічі на рік (навесні та восени) варто вносити добрива, які допоможуть підтримувати гарний вигляд. Бур'яни можна контролювати мульчуванням або спеціальними засобами [8, 9].

Спортивний газон призначений для великих навантажень, тому догляд за ним інтенсивний. Полив потрібен частий і рясний, адже трава повинна швидко відновлюватися. Косити її потрібно часто, залишаючи висоту 3-4 см, щоб забезпечити щільний покрив. Регулярне підживлення мінералами, такими як азот, фосфор і калій, допомагає траві залишатися міцною. Важливим етапом догляду є аерація – проколювання ґрунту для доступу кисню та запобігання ущільненню покриття.

Мавританський газон має природний вигляд, адже складається з квіткових та злакових трав. Він майже не потребує догляду: достатньо природних опадів для поливу, а косити його слід лише раз або два за сезон, щоб квіти могли розмножуватися. Добрива вносять у мінімальних кількостях, зазвичай органічні.

Завдяки різноманітності рослин бур'яни не мають змоги активно рости, тому боротьба з ними майже не потрібна.

Луговий газон нагадує природний луг, тому і догляд за ним мінімальний. Він чудово пристосований до місцевих умов, тож поливати його потрібно тільки у випадку тривалої засухи. Косити його можна 2-3 рази на рік, залежно від висоти рослин. Добрива можна не використовувати, або ж підживлювати землю органічними речовинами, наприклад, компостом.

Тіньовитривалий газон розроблений спеціально для ділянок, де мало сонячного світла. Він потребує помірного поливу, оскільки в затінених місцях земля довше утримує вологу, а надлишок води може спричинити ріст моху. Косити його варто рідше, залишаючи траву висотою 6-8 см, щоб вона краще зберігала свої властивості. Для підтримки гарного стану використовують спеціальні добрива для тіньолюбних рослин, а також регулярно проводять аерацію, щоб запобігти ущільненню ґрунту.

Рулонний газон – це готовий трав'яний килим, який швидко перетворює ділянку на зелений простір. Однак після укладання він потребує рясного поливу, особливо в перші два тижні, поки коріння не вкоріниться. Через 10-14 днів можна починати косіння, а через місяць після укладання – перше підживлення азотними добривами. Надалі догляд за ним не відрізняється від догляду за універсальним газоном.

Отже, кожен газон має свої особливості, і вибір залежить від ваших потреб та можливостей догляду [4, 5].

Висновки. Створення якісного газонного покриття залежить від правильного вибору травосуміші, що відповідає умовам зростання та функціональному призначенню газону. Декоративні, спортивні, тіньовитривалі та посухостійкі газони мають свої особливості, які визначають їхню стійкість, зовнішній вигляд і довговічність.

Основу будь-якого газону складають злакові трави, кожна з яких має свої унікальні властивості. Деякі забезпечують густий та рівномірний травостій, інші відзначаються швидким відновленням або стійкістю до несприятливих умов. Поєднання різних видів у травосумішах дозволяє компенсувати недоліки одних культур перевагами інших, створюючи міцне, здорове та естетично привабливе покриття.

Правильний підхід до вибору газонної трави гарантує не лише гарний вигляд, а й довговічність газону. Враховуючи кліматичні особливості, тип ґрунту та рівень експлуатації, можна створити покриття, яке відповідатиме всім вимогам і слугуватиме багато років.

Список використаної літератури

1. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство. Навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 328 с.
2. Дідур І. М., Прокопчук, В. М., Циганська, О. І., Циганський, В. І. Газони: технологічні особливості створення та експлуатації. 2019. С. 39-42.

3. Види газонних трав – переваги та особливості URL: https://www.gardenlux.com.ua/vydy-gazonnyh-trav/#pll_switcher(дата звернення: 03.03.25 р.)

4. Трава для газону: різновиди та особливості вибору URL: <https://dimid.ub.ua/analitic/29121-trava-dlya-gazonu-riznovidi-ta-osoblivosti-viboru.html> (дата звернення: 03.03.25 р.)

5. Прокопчук В. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Оцінка якісного стану та обґрунтування заходів догляду за газонним фітоценозом на території Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво. 2016. №3. С.193-200.

6. Прокопчук В. М., Циганський В. І., Циганська О. І., Матусяк В. М. Біостаціонар Вінницького національного аграрного університету як навчальна, наукова та виробнича база у підготовці фахівців садово-паркового господарства. Сільське господарство та лісівництво. 2017. № 7 (2). С. 87-95

7. Види газонів URL: https://agrolux.ua/uk/vidy-gazonovsrsltid=AfmBOopYe_S42fd0SGMBBHm7zBWzo9ynvdfGPdi9ffFMr9O8ydt358 (дата звернення: 04.03.25 р.)

8. Основні види газонних трав. URL: <https://ecomir.in.ua/uk/hazon-ukr/ukladannia-rulonnoho-hazonu/riznovydy-i-vydy-hazonnykh-trav> (дата звернення: 04.03.25 р.)

9. Циганська О.І. Особливості створення та експлуатації садів у стилі «Нова хвиля» на садово-паркових об'єктах Вінниччини. Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 25 (2). С.198-206.

10. Tsyhanska O. Podillya Botanical Garden and Biostationary of Vinnytsia National Agrarian University as an educational, scientific and production base in the practical training of forestry and horticulture specialists. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży Seria: Zeszyty Naukowe. 2022. № 87. P. 3. P. 15-21

11. Pansyreva H., Tsyhanska O., Kozak Y. Features of the growth and development of decorative species of the genus *Paeonia* L. in the conditions of the architectural and exposition area of VNAU. In Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st century: problems and solutions. Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Tallinn: Teadmus OÜ, 2024. P. 314-347

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ В ОЗЕЛЕНЕННІ РОДУ ПЕТУНІЯ (PETUNIA)

***Анотація.** В даній статті представлена інформація про види, використання та догляд за родом (Petunia). Дана рослина є однією з популярних квіткових культур, що використовують у декоративному садівництві в міському та приватному озелененні. Петунія відзначається широким асортиментом сортів, форм та кольорової гами, що дозволяє використовувати її як в одиночних так і в групових посадках. Також дана стаття охоплює поради щодо правильного вибору місця для посадки оптимальних умов вирощування, такі як освітлення та полив. Особливу увагу буде приділено різноманітністю роду (Petunia).*

В Україні петунії стають одними з незамінних для міського озеленення рослинами завдяки своїй невеликій невибагливості та естетичній привабливості. Вони активно використовуються для створення яскравих композицій на клумбах, у контейнерах та підвісних конструкціях, які прикрашають вулиці, площі та парки. Особливо популярні петунії в оформленні громадських просторів, оскільки вони забезпечують тривале цвітіння й додають різнобарвного вигляду міським середовищам.

У результаті представлені дані про те, що петунія відіграє важливу роль в озелененні формуючи не тільки естетичне, а й екологічне значення при достатній кількості знань критеріїв вибору.

***Ключові слова:** Petunia, озеленення, сорти, гібриди, клубми, догляд, форми.*

***Annotation.** This article provides information on the types, use and care of Petunia. This plant is one of the most popular flower crops used in ornamental gardening in urban and private landscaping. Petunia is characterised by a wide range of varieties, shapes and colours, which allows it to be used both in single and group plantings. This article also covers tips on how to choose the right place for planting and optimal growing conditions, such as lighting and watering. Special attention will be taken to the diversity of the genus (Petunia).*

In Ukraine, Petunia are becoming one of the most popular plants for urban landscaping due to their low maintenance and aesthetic appeal. They are actively used to create bright compositions in flower beds, containers and hanging structures that decorate streets, squares and parks.

⁵⁹Науковий керівник – Циганська О.І., канд. с.-г. н., доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства

Petunias are especially popular in public spaces, as they provide long-lasting flowering and add a colourful look to urban environments.

As a result, the article presents data that petunia takes an important role in landscaping, generating not only aesthetic but also ecological value with sufficient knowledge of the selection criteria.

Keywords: Petunia, landscaping, sorts, hybrids, tubers, care, forms.

Вступ. Одна з ключових проблем в сучасному світі - це вибір рослини при озелененні. Через зростання щільності населення, ущільнення і зміна складу ґрунту та повітря та інших екологічних чинників, призводять нас до необхідності пошуку нових підходів до формування зелених насаджень. Є багато способів щодо вирішення даної проблеми, один з способів для вирішення цієї проблеми – впровадження нових рослин, зокрема і рослин з роду *Petunia*.

Рід *Petunia* є однією з найпопулярніших квіткових культур для озеленення завдяки своїй різноманітності сортів та кольорів. Її можна використовувати для створення яскравих клумб, декоративних бордюрів, озеленення балконів та терас. Петунія має високу декоративну цінність і здатна тривалий час квітнути, забезпечуючи постійний декоративний ефект. Попри манливість, естетичної привабливості, вона має й інші важливі переваги, що роблять її цінним вибором для міського озеленення. Крім того здатність адаптуватися до різних умов вирощування, відносна стійкість до забруднення повітря та посухи, а також можливість використовувати в різних типах насаджень роблять її універсальною рослиною для міського та приватного середовища.

Мета даної статі полягає у дослідженні особливостей використання рослин з роду *Petunia*. Відбору популярних сортів та гібридів, методика підбору правильного догляду та дослідження їх плюсів та мінусів

Виклад основного матеріалу. Петунія є трав'янистим одно-, багаторічником та напівчагарником із сімейства Пасльонових(*Solanaceae*). У природних умовах часто зустрічається в таких державах, як Аргентина, Парагвай, Бразилія, Болівія та Уругвай. Вона є досить популярною рослиною ще з XVIII століття. За допомогою селекції її було виведено багато сортів та гібридів для вирощування на балконі або в саду. Проте, для збільшення розмірів квітів, була втрачена стійкість до хвороб та несприятливих кліматичних умов.

В Україні, останім часом, дедалі популярнішими стають висадка петуній у підвісних кошиках та горщиках для створення квіткових композицій, а також озеленення фасадів будівель за допомогою ампельних сортів. У зв'язку з тим що наша країна розташована в помірно-континентальному кліматі, це сприяє для вирощування петуній практично в усіх регіонах. У центральних та південних областях, де літо може бути досить спекотним, рослини потребують регулярного поливу та догляду. У північних і західних регіонах важливим є захист петуній від можливих ранніх осінніх заморозків та уражень хворобами.

Морфологічні ознаки петунії: прямостояча, сланка або напівсланка, заввишки від 20-30 до 60-70 см. Квітки прості, поодинокі, великі, лійкоподібні, різного забарвлення, іноді пістряві, на коротких квітконіжках, ароматні. За розміром та

діаметром квіти петунії поділяються на дрібноквіткові 5-6 см та великоквіткові 7-12 см. Забарвлення квіток різноманітне: біле, кремове, жовте, блакитне, бузкове, синє, фіолетове, рожеве, яскраво-червоне. В різних сортів та гібридів зустрічаються двоколірні квіти [2].



Рис. 1. Будова петунії (А - стебло, В - листок, С - квітколоже, D - чашечка, Е - пелюстки, F – маточка і зав'язь, G - плід, H – насінина.)

Коренева система неглибока, стрижнева, гілляста, рослина добре утворює придаткові корінці в нижній частині стебла. Цвітіння петунії триває з червня по жовтень (до істотних заморозків). Бутони розвиваються близько 7 діб, кожна квітка відкрита близько 5 діб. Насіння дрібне, 0,5-0,6 мм діаметром і 0,6-0,7 мм довжиною, темно-коричнєве (у деяких сортів жовтувате). Плід – двостулкова коробочка, довжиною 10-13 мм, шириною 7-8 мм. Має конічну форму [1].

Використання в озелененні:

- Клумби та бордюри. 1) для великих клумб краще використовувати сорти та гібриди з великими квітами – Грандіфлора (*Grandiflora*) та Мультифлора (*Multiflora*), для різноманітних візерунків та з різними рівнями висоти, пасуватимуть сорти різних контрастних кольорів та різних розмірів. От для бордюрів краще використовувати низькорослі сорти та гібриди з яскраво вираженими кольорами.

- Горщики та підвісні кошики. У горщиках краще будуть виглядати кущові та ампельні сорти петунії. Для підвісних кошиків найкраще підходять ампельні сорти, такі як сурфінія та калібрахуа.

- Вертикальне озеленення (арки, висячі конструкції). Використовують ампельні сорти з комбінацією інших витких рослин, далі беруть пагони петунії та обвивають ними опори, створюючи квітковий тунель або занавіс.

- Присадибні ділянки. Багато хто використовує та експериментує з поєднанням різних видів рослин, сортів та гібридів [2].



Рис. 2. Суміш петунії, вирощування в домашніх умовах

Видове різноманіття роду *Petunia*:

- Петунія гібридна (*Petunia* × *hybrida*). Найпоширеніший вид, який включає в себе більшість сортів та гібридів, що вирощуються в садах.
- Грандіфлора (*Grandiflora*) – кущі розлогі, до 60 см висоти, квіти великі 10-15 см в діаметрі [2]. Сорти: Призма F1, Танго F1, Афродіта F1, Поздрав із Яромерже F1.
- Мультифлора (*Multiflora*) – кущі компактні, 20-30 см, квіти середні 5-8 см в діаметрі, проте їх багато. Сорти: Зора F1, Алдерман, Нана F1.
- Флорибунда (*Floribunda*) – кущі компактні, рясноквітучі, в середньому квіти 8-10 см у діаметрі. Сорти: Hurrah.
- Міліфлора (*Milliflora*) – кущі компактні, рясноквітучі, 2-3 см у діаметрі. Сорти: DuoF1, PicobellaF1
- Ампельна (*Pendula*) – кущі мають довгі пагони, 30-120 см у довжину, залежно від сорту розмір квітів можуть бути 3-10 см у діаметрі [2]. Сорти: Bonnie, EasyWave.
- Калібрахоя (*Calibrachoa*) – дуже близький родич петунії. За зовнішніми ознаками, певний проміжок часу, його деякі види відносили до роду *Petunia*. Окрім сортів та гібридів, квіти ще поділяють за формою квітів.
 - Прості: звичайні квіти з п'ятьма пелюсткам[3].



Рис. 3. Форми квітів

- Махрові: мають велику кількість пелюсток[3].
- Бахромчасті: відрізняються бахромчастими краями[3].

- **Гофровані:** квітки з гофрованими краями пелюсток[3].

Для того, щоб наші квіти гарно цвіли та тішили виглядом протягом літа та осені (до заморозків), необхідно виконувати комплект догляду. Ось деякий перелік порад:

- Підготовка ґрунту. Петунія любить легкий дренажний ґрунт з помірною кислотністю. Перед посадкою потрібно внести органічні добрива для забезпечення поживних речовин

- Полив. Петунія потребує регулярного поливу, особливо в спекотні дні. Важливо не допускати пересихання й уникати застою води. Проте потрібно уникати потрапляння води на листя та квіти, оскільки це може призвести до опіків та гниття.

- Пінцирування (видалення верхівки ростучого пагона з метою стимуляції розвитку бічних пагонів, з метою формування крони, або підвищення плодоношення чи цвітіння). Регулярне пінцирування кінцівки нових пагонів для стимуляції росту нових пагонів та регулярного цвітіння.

Попри красивий вигляд, багато сортів та гібридів мають відносну стійкість до ураження хворобами та шкідниками. Щоб зберегти її здоров'я та забезпечити рясне цвітіння, необхідно вчасно проводити профілактичні заходи та боротися з уже наявними проблемами. Комплекс заходів із профілактики та боротьби включає наступні кроки:

- Профілактичні заходи. До них входить правильний вибір для посадки (добре освітлені місця з гарною вентиляцією) та дезінфекція ґрунту (обробка фунгіцидами або пропарення ґрунту).

- Профілактична обробка рослини не тільки при наявній проблемі а й для захисту.

Шкідники та методи їх боротьби:

- О Тля. Комахи найчастіше з'являються на рослинах раптово. Колір їх може бути як темним, контрастним, так і зеленим, що збігається з кольором листя.

- О Білокрилка. Для боротьби ефективні клейкі пастки, а також спеціальні препарати.

- О Павутинний кліщ: регулярне обприскування рослини водою й використання акарицидів, для запобігання поширенню цього шкідника.

Поширені хвороби та лікування:

- О Борошниста роса. Для профілактики слід підтримувати помірну вологість і уникати надмірного поливу.

- О Чорна гниль: ознака захворювання – легке відділення стебла від кореня на рівні кореневої шийки. Внутрішні тканини уражаються грибком, чорніють, листя скручуються і засихають.

- О Фітофтороз: поширене захворювання, що вражає не тільки пасльонові культури

Висновки. Отже, родина *Petunia* – це популярна квіткова рослина котра широко використовується та є відносно невибагливою при декоративному садівництві в міському та приватному озелененні. В Україні ж петунія набула великого поширення завдяки своїй здатності адаптуватися до різних

кліматичних умов та мати естетичну привабливість. Вона відіграє важливу роль у формуванні міського ландшафту, створюючи яскраві композиції.

В статті розкрита детальна морфологічна будова, її різноманіття при виборі сортів та гібридів, такі популярні різновиди петунії як Мультифлора (*Multiflora*), Грандіфлора (*Grandiflora*) та Ампельна (*Pendula*). Особливу увагу було приділено аспектам догляду, включаючи підготовку ґрунту, поливу, пінцирування та профілактичним комплексам заходів від шкідників та хвороб.

Отже, в результаті дослідження було виявлено, що петунія це не лише декоративна, але й екологічно важлива рослина, яка при правильному догляді може суттєво покращити якість міського та приватного середовища.

Список використаної літератури

1. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство. Навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 328 с.
2. Дідур І. М., Прокопчук, В. М., Циганська, О. І., Циганський, В. І. Газони: технологічні особливості створення та експлуатації. 2019. С. 39-42.
3. Прокопчук В. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Оцінка якісного стану та обґрунтування заходів догляду за газонним фітоценозом на території Вінницького національного аграрного університету. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. №3. С. 193-200.
4. Прокопчук В. М., Циганський В. І., Циганська О. І., Матусяк В. М. Біостаніонар Вінницького національного аграрного університету як навчальна, наукова та виробнича база у підготовці фахівців садово- паркового господарства. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (2). С. 87-95.
5. Циганська О.І. Особливості створення та експлуатації садів у стилі «Нова хвиля» на садово-паркових об'єктах Вінниччини. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 25 (2). С. 198-206.
6. Pantsyрева Н., Tsyhanska О., Kozak Y. Features of the growth and development of decorative species of the genus *Paeonia* L. in the conditions of the architectural and exposition area of VNAU. In *Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st century: problems and solutions*. Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Tallinn: Teadmus OÜ, 2024. P. 314-347.
7. Tsyhanska О. Podillya Botanical Garden and Biostationary of Vinnytsia National Agrarian University as an educational, scientific and production base in the practical training of forestry and horticulture specialists. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży Seria: *Zeszyty Naukowe*. 2022. № 87. P. 3. P. 15-21
8. Elkiey T. M. Some physiological responses of *Petunia Hybrida* to maleic hydrazide and cycocel / T.M. Elkiey, M.Y. Ghitany, T.A. Nasr. *Pflanzenzucht*. 1994. - Bd.72. H.1. S. 1-8.
9. Fries R.E. (1911): Die Arten der Gattung *Petunia*, Kungl R.E. Fries Svenska Vetenskaps akademien Handlingar, 46, 1-72.

Анастасія ПУНЬКО⁶⁰,
студентка 2 року навчання,
факультету екології, лісівництва та
садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

РОЛЬ БОТАНІЧНИХ САДІВ У ЗБЕРЕЖЕННІ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Анотація. Дана стаття присвячена ролі ботанічних садів у збереженні біорізноманіття. У ній розглядаються науково-дослідні, освітні та природоохоронні функції цих установ. Особлива увага приділяється їх внеску у збереження рідкісних та зникаючих видів рослин через створення колекцій живих рослин, насінневих банків і гербаріїв. Аналізуються можливості ботанічних садів у дослідженні екологічних взаємозв'язків, адаптації рослин до змін клімату та відновлення деградованих екосистем. Також розкривається їхня роль у підвищенні екологічної свідомості суспільства та популяризації важливості охорони біорізноманіття. Ботанічні сади визначаються як ключові елементи у глобальних природоохоронних зусиллях.

Ключові слова: ботанічні сади, збереження біорізноманіття, рідкісні рослини, колекції рослин, природна рослинність.

Annotation. This article is dedicated to the role of botanical gardens in biodiversity conservation. It examines the scientific, educational, and conservation functions of these institutions. Particular attention is given to their contribution to preserving rare and endangered plant species through the creation of living plant collections, seed banks, and herbaria. The article analyzes the potential of botanical gardens in studying ecological interactions, plant adaptation to climate change, and the restoration of degraded ecosystems. It also highlights their role in raising public environmental awareness and promoting the importance of biodiversity conservation. Botanical gardens are identified as key elements in global conservation efforts.

Keywords: botanical gardens, biodiversity conservation, rare plants, plant collections, natural vegetation.

Вступ. Ботанічні сади – це не просто зелені оази в наших містах, а й важливі форпости у боротьбі за збереження різноманіття життя на планеті. В епоху швидких кліматичних змін, руйнування природних середовищ і зникнення багатьох видів рослин, роль цих унікальних установ стає все більш актуальною. У наш час, коли темпи змін навколишнього середовища пришвидшуються, а загроза зникнення багатьох видів рослин нависає як ніколи раніше, ботанічні сади постають як життєво необхідні оази.

⁶⁰Науковий керівник – Циганська О.І., канд. с.-г. н., доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства ВНАУ

Ці унікальні установи, розкидані по всьому світу, відіграють незамінну роль у збереженні біорізноманіття нашої планети.

Мета. Дослідити значення ботанічних садів у сучасному світі. Підкреслити їхню важливість для збереження біорізноманіття. Запропонувати способи, якими кожен може підтримати ботанічні сади та долучитися до збереження природи.

Виклад основного матеріалу. Збереження рослин, які перебувають за межами свого природного ареалу, може здійснюватися на різних рівнях. Найпростіший і найдоступніший рівень полягає у збереженні виду як такого, у формі невеликої кількості організмів. Більш складний підхід передбачає збереження окремих популяцій – однієї, кількох або всієї популяційної структури виду. Найвищий рівень включає підтримку в колекціях повної генетичної різноманітності виду. В Україні на сьогодні збереження рослин у неприродних умовах з превентивною метою здебільшого здійснюється шляхом підтримання виду у вигляді штучно створених мікропопуляцій, без детального врахування територіального розподілу, популяційної та генетичної структури [1].

Ботанічні сади складаються з кількох ключових елементів: колекцій рослин відкритого та закритого ґрунтів, які відображають багатство й різноманіття рослинного світу планети; наукових лабораторій, бібліотек, гербарних фондів, ділянок для польових експериментів, розсадників, парників, а також матеріалів для створення тематичних експозицій. У багатьох ботанічних садах є оранжереї, ділянки деревної та гірської рослинності, водойми зі ставковими рослинами, експозиції плодово-ягідних, лікарських та інших корисних рослин, а також відділи з продажу посадкового матеріалу. Під час організації колекцій живих рослин і створення експозицій ботанічних садів застосовують різні підходи, зокрема ботаніко-географічний, систематичний, флористичний, екологічний, декоративний, утилітарний тощо. Лікарські рослини зазвичай групують відповідно до їхнього впливу на організм людини та хімічного складу біологічно активних речовин [2].

У ботанічних садах створюють ділянки, присвячені рідкісним і звичайним рослинам, а також місцевій природній рослинності. Окрім наукових досліджень, ботанічні сади виконують функції рекреаційних і освітніх зон для населення. Існують ботанічні сади державного та місцевого значення.

Перші ботанічні сади в Європі з'явилися в:

1542 р. м. Лейпциг, Німеччина.

1543 р. м. Піза, Італія.

1576 р. м. Падуя, Італія.

1576 р. м. Лейден, який тоді належав Нідерландам, а з XVII століття – Голландії.

Одним із перших став ботанічний сад у Болоньї, заснований натуралістом Уліссе Альдрованді (1522-1605). Він займався не лише ботанікою, а й зоологією, залишивши після себе Зоологічну колекцію, яка стала основою для створення Зоологічного музею [3].

Рідкісні та зникаючі види рослин в ботанічних садах України.

Види з червоної книги України.

Сосна кедрова європейська (*Pinus cembra*) (рис.1) – зростає в Карпатах, збережена в багатьох ботанічних садах. Належить до родини соснових (*Pinaceae*) і є реліктовим видом, що має високу екологічну та декоративну цінність. Це хвойне дерево досягає висоти 25–30 метрів, має прямий стовбур, покритий коричневою або сірувато-коричневою корою, та густу конусоподібну крону, яка з віком стає розлогою. Причини зменшення чисельності: вирубка лісів, недостатнє відновлення у зв'язку з розростанням ялиці[4].



Рис. 1. Сосна кедрова європейська (*Pinus cembra*)

Сон великий (*Pulsatilla grandis*) (рис. 2) – багаторічна трав'яниста рослина родини жовтецевих, належить до рідкісних і зникаючих видів флори України. Ця рослина відома своєю ранньою весняною красою, що робить її унікальною складовою природних екосистем. Рослина має висоту до 40 см і формується з кореневої розетки прикореневого листя, яке з'являється після цвітіння. Її квітки великі, поодинокі, дзвоникоподібної форми, діаметром 5–8 см, забарвлені у фіолетові або пурпурні відтінки. Квіти вкриті густим шовковистим опушенням, що захищає їх від весняних холодів. Основними причинами зменшення чисельності є надмірний випас худоби, часті випалювання, сільськогосподарське освоєння територій та видобуток корисних копалин. Рослина масово знищується для використання в приватному озелененні та збирання на букети. Значна частина відомих місць зростання вже втрачена [5].



Рис. 2. Сон великий (*Pulsatilla grandis*)

Шафран Гейфеля (*Crocus heuffelianus*) (рис. 3) – багаторічна трав'яниста рослина з родини півникових (Iridaceae), яка є одним із найкрасивіших і рідкісних видів флори України. Ця ранньовесняна квітка є справжньою окрасою гірських і лісових галявин, де її ніжні фіолетові квіти першими сповіщають про прихід весни.

Основними причинами зменшення чисельності шафрану Гейфеля є його інтенсивне збирання для букетів та викопування з метою продажу або пересадки на приватні ділянки, оскільки він цінується як декоративна рослина. У районах поблизу міст рослина страждає від надмірного рекреаційного навантаження. На межах природного ареалу її чисельність знижується через освоєння типових для виду екоотопів [6].



Рис. 3. Шафран Гейфеля (*Crocus heuffelianus*)

Зозулинець шоломоносний (*Orchis militaris*) (рис. 4) – багаторічна трав'яниста рослина родини зозулинцевих (Orchidaceae), яка належить до рідкісних видів флори України. Завдяки своєму незвичайному вигляду, ця орхідея є справжньою окрасою степів, лісових галявин і луків. Її назва пов'язана з формою квітки, яка нагадує мініатюрний шолом. Основними причинами зменшення чисельності є порушення лучних угідь, надмірний випас худоби, збирання рослин для букетів, викопування бульб, а також руйнування місць зростання через забудову та розорювання земель [7].



Рис. 4. Зозулинець шоломоносний (*Orchis militaris*)

Важливим етапом у розвитку напрямів використання ботанічних садів стало створення так званих «садів-диспетчерів» і «садів-посередників». Вони займалися районуванням перевірених корисних рослин та передавали їх до підпорядкованих ботанічних садів для подальшого розмноження і впровадження у виробничі процеси. Наприклад, ботанічні сади Кью та Амстердама займалися розповсюдженням важливих культур у тропічних регіонах, серед яких хінне дерево, кавове дерево, гевея та інші. Сад Кью утворився внаслідок об'єднання двох королівських садів, розташованих у Кью та Річмонді. З перших років свого існування він став науковою установою, яка систематично займалася інтродукцією рослин. Через 30 років після його заснування був виданий каталог, у якому детально описувалося культивування 5 500 видів інтродукованих рослин [8].

Охорона рідкісних та зникаючих видів рослин за межами їх природних місць зростання є важливим доповненням до їх збереження у природному середовищі. Вона включає низку заходів, таких як створення генетичних банків, розмноження рослин у лабораторних умовах та формування колекцій живих рослин. У ботанічних садах проводиться значна робота з вирощування рідкісних та зникаючих видів у початкових культурах. Це поки що не є повноцінною охороною видів поза природним середовищем, але є важливим етапом для її організації. Збереження видів за межами природних місць зростання в ботанічних садах передбачає збільшення їх чисельності у штучно створених умовах. Цю проблему можна вирішувати двома способами: шляхом моделювання популяцій у спеціально створених рослинних угрупованнях та організацією материнських плантацій за зразком лісових культур [9].

Ботанічні сади України досягли значних успіхів у формуванні колекцій дикорослих та культивованих рослин. Зокрема, у Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України зібрано унікальні колекції, які включають понад 14 тисяч видів, різновидів, форм і сортів. У 1970 році в цьому ботанічному саду було створено ділянку «Рідкісні рослини флори України», де вирощується близько 100 рідкісних видів. До вагомих досягнень належать повернення деяких зникаючих видів у природні екосистеми, розробка методик оцінки успішності інтродукції, формування концепції біоморфологічного потенціалу, моделювання інтродукованих популяцій і визначення критеріїв відбору зразків для колекційного фонду. Тривалі спостереження за інтродукованими рослинами дають змогу досліджувати їхні адаптаційні можливості, генетичну мінливість, подібність і відмінності між спорідненими видами, особливості їхнього життєвого циклу, а також закономірності сезонного росту та розвитку [10, 11, 12].

В Україні ботанічні сади, а також спеціалізовані об'єкти, такі як дендропарки, функціонують за класичною моделлю. Більшість дендропарків, незважаючи на свою назву, приділяють значну увагу також трав'янистим рослинам. Однак спеціалізованих ботанічних садів в Україні немає. Хоча в класичних ботанічних садах наявні колекції лісових, степових, лучних видів, а також лісоутворюючих, лікарських, плодових, декоративних рослин та інших груп, такі специфічні категорії, як альпійські рослини чи прибережно-водна та

болотна рослинність, представлені дуже обмежено або зовсім відсутні. Альпійські рослини, через складність їх адаптації до умов, що відрізняються від природних альпійських поясів, потребують особливого підходу. У міжнародній практиці для їх збереження створюють спеціалізовані кліматрони чи оранжереї, де штучно підтримуються умови, максимально наближені до природних. В Україні організація таких оранжерей є важливим кроком для просвітницької діяльності, але з огляду на економічну ситуацію не входить до пріоритетів у питаннях збереження біорізноманіття.

Відсутність спеціалізованих ботанічних садів ускладнює комплексне збереження і дослідження високогірних видів в умовах поза природним середовищем. Це також обмежує можливості для освітньо-виховної роботи. Схожа ситуація спостерігається і з прибережно-водною та болотною рослинністю. Штучні водойми в ботанічних садах та дендропарках, як правило, виконують декоративну функцію, обмежені за розмірами і не придатні для масштабного збереження охоронюваних видів рослин. Спеціалізовані ботанічні сади для альпійських, прибережно-водних та болотних рослин могли б демонструвати екологічну різноманітність світової флори, поповнюючи культурний генофонд України та слугуючи запобіжним варіантом для збереження вразливих видів. Розбудова таких структур є важливим державним завданням. Для її реалізації потрібно створити план розвитку мережі ботанічних садів, враховуючи необхідність збереження високогірних, прибережно-водних та болотних рослин, а також розширення мережі садів у регіонах, де вони відсутні. Варто також передбачити створення ботанічних садів у рекреаційних зонах і культурно-історичних центрах [1].

Висновки. Сучасний стан і перспективи діяльності ботанічних садів зосереджені на їхній ключовій місії – мобілізації, вивченні, збереженні та демонстрації багатства рослинного світу. Як унікальні антропогенні осередки, ботанічні сади відображають різноманіття світової флори у мініатюрі та активно досліджують її. У науковій сфері вони працюють як багатопрофільні структури, охоплюючи практично всі напрями сучасної ботаніки, що є їхньою сильною стороною.

Список використаної літератури

1. Розвиток спеціалізованих ботанічних садів в Україні: проблеми та перспективи збереження рідкісних рослин. [URL:https://studfile.net/preview/5456552/page:26/](https://studfile.net/preview/5456552/page:26/) (дата звернення 05.03.2025 р.)

2. Ключові елементи та підходи до організації ботанічних садів. <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1971/botanichni-sadi>

3. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2020. 328 с.

4. Сосна кедрова європейська: реліктовий вид із Червоної книги України. [URL:https://redbook-ua.org/item/pinus-sembra-l/](https://redbook-ua.org/item/pinus-sembra-l/) (дата звернення 03.03.2025 р.)

5. Сон великий: рідкісна весняна окраса флори України. URL: <https://redbook-ua.org/item/pulsatilla-grandis-wenderzamels/> (дата звернення 05.03.2025 р.).
6. Шафран Гейфеля: рідкісна весняна окраса української природи. URL: <https://redbook-ua.org/item/crocus-heuffelianus-herb/> (дата звернення 22.02.2025 р.).
7. Зозулинець шоломоносний: рідкісна орхідея України під загрозою зникнення. <https://redbook-ua.org/item/orchis-militaris-l/>
8. Розвиток ботанічних садів: Сади-диспетчери та їх роль у поширенні корисних рослин. URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/844479/mod_resource/content/1/ (дата звернення 12.02.2025 р.).
9. Охорона рідкісних та зникаючих видів рослин у ботанічних садах: методи та стратегії. URL: https://files.nas.gov.ua/PublicMessages/Documents/0/2023/01/NBG_garden_plants_monograph_2022.pdf (дата звернення 02.03.2025 р.).
10. Розвиток спеціалізованих ботанічних садів в Україні: проблеми та перспективи збереження рідкісних рослин. URL: <https://www.ieenas.org/site/assets/files/3395/conf.pdf> (дата звернення 04.03.2025 р.).
11. Tsyhanska O. Podillya Botanical Garden and Biostationary of Vinnytsia National Agrarian University as an educational, scientific and production base in the practical training of forestry and horticulture specialists. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży Seria: Zeszyty Naukowe. 2022. № 87. P. 15-21.
12. Prokopchuk V., Pantsyрева H., Tsyhanska O. Biostationary and exposition plot of Vinnytsia national agrarian university as an educational, scientific and manufacturing base in preparation of the landscape gardening specialist. The scientific heritage. 2020. Volume 51. P. 8-17.

Ангеліна ТВЕРДОХЛІБ⁶¹,
студентка 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ПСИХОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ КВІТІВ НА ЛЮДИНУ: КОЛОРИСТИКА ТА АРОМАТЕРАПІЯ

***Анотація.** Стаття аналізує психологічний вплив кольорів і ароматів квітів на емоційний стан людини. Розглядається правильний вибір кольорів при створенні квітників. Висвітлено історію появи ароматерапії. Визначено*

⁶¹Науковий керівник – Антоніна Піддубна доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства.

важливість використання різних ароматів на робочому місці, що може сприяти ефективному зниженню рівня тривожності, а також покращенню загального самопочуття.

Ключові слова: *емоційний стан, колористика, квітник, ароматерапія, психотерапія.*

Annotation. *The article analyzes the psychological impact of flower colors and scents on human emotional state. It discusses the proper selection of colors when designing flower beds. The history of aromatherapy is highlighted. The importance of using various scents in the workplace is emphasized, as it can effectively reduce anxiety levels and improve overall well-being.*

Keywords: *emotional state, color theory, flowerbed, aromatherapy, psychotherapy.*

Вступ. Ми часто не замислюємося над тим, яке значення колір має в нашому повсякденному житті. Звичка сприймати небо як синє, траву – як зелену, а кров – як червону настільки глибоко вкорінена, що альтернативні поєднання кольорів здаються нам неприродними. Проте кольори є важливою частиною нашого існування, і їх вплив на нас є значущим та глибоким. Людське око здатне розпізнавати близько 1,5 мільйона різних кольорів та їх відтінків, що відкриває перед нами безмежний спектр можливостей для емоційного та естетичного сприйняття навколишнього світу [4].

Коли ми розглядаємо кольори в контексті природи, зокрема квітів, їх значення набуває ще більшої ваги. Кольори квітів не тільки прикрашають наш світ, а й мають психологічний вплив, здатний викликати різні емоції та асоціації. Тому дослідження впливу кольору квітів на людину набуває особливого значення. Вивчення того, як різні відтінки кольорів квітів можуть змінювати настрій та підсвідомо впливати на наше сприйняття, дозволяє краще розуміти їх роль у дизайні ландшафтів, квіткових композиціях і навіть у психології споживання та маркетингу. Окрім кольору, важливим фактором впливу є аромат квітів, що є основою ароматерапії.

Виклад основного матеріалу. Колір – це властивість об'єктів спричиняти певні зорові відчуття залежно від спектрального складу світла, яке вони відбивають або випромінюють. Він відіграє важливу роль у житті людини, впливаючи на її емоційний стан, сприйняття середовища та навіть фізіологічні процеси. Колір оточує нас повсюди, і його значення широко використовують у мистецтві, архітектурі, дизайні та інших сферах. Художники, архітектори та дизайнери застосовують колір для створення гармонійних композицій у просторових рішеннях, а текстильна промисловість розглядає його як основу для фарбування матеріалів.

Наука, що вивчає природу кольору, його властивості та закономірності, називається кольорознавством. Вона розглядає принципи взаємодії кольорів, їхній вплив на психіку людини та можливості практичного застосування.

Подібно до музичних звуків, кольори здатні викликати різноманітні емоції, впливати на настрій і працездатність.

Особливо важливу роль колір відіграє у світі рослин, зокрема квітів. Відтінки пелюсток не лише приваблюють комах-запилювачів, а й впливають на людину на психологічному рівні [1].

Дослідження показують, що сприйняття кольорів є індивідуальним для кожної людини. Одні відтінки викликають позитивні емоції та відчуття комфорту, тоді як інші можуть зумовлювати напруження або дискомфорт. Вподобання щодо кольорів змінюються з віком, а також під впливом життєвого досвіду, культурного середовища та емоційного стану людини.

Особливе значення має площа, насиченість і яскравість кольору – чим інтенсивніший відтінок і більша його присутність у просторі, тим сильніше він впливає на сприйняття. Це стосується і кольорів квітів, які можуть викликати різні емоційні реакції: наприклад, яскраво-червоні троянди асоціюються з енергією, ніжні блакитні фіалки – зі спокоєм і гармонією. Цікаво, що колір може впливати не лише через зорове сприйняття, а й асоціюватися з іншими відчуттями – запахами, тактильними відчуттями, а іноді навіть звуками [2].

Перші наукові дослідження кольору та його сприйняття розпочав видатний фізик Ісаак Ньютон у XVII столітті. Він довів, що білий колір складається з усього спектра видимого світла, а кожен колір має свій ступінь заломлення. Над питанням кольору працював і німецький поет та вчений Йоганн Вольфганг фон Гете, який, на відміну від Ньютона, зосередився не лише на фізичних аспектах, а й на впливі кольорів на людську психіку та емоції [3].

Кольори традиційно поділяють на теплі та холодні залежно від їхнього впливу на емоційний стан людини. Теплі відтінки, такі як червоний, оранжевий і жовтий, асоціюються з енергією, активністю та збудженням, тоді як холодні кольори – синій, блакитний і фіолетовий – сприяють заспокоєнню та концентрації. Зелений займає проміжне положення в спектрі та сприймається як колір гармонії та балансу, створюючи відчуття спокою й рівноваги.

У наукових дослідженнях наводяться дані про сприйняття кольорів та їхню символіку, засновані на спостереженнях і аналізі впливу кольорів на людину.

Червоний – один із найсильніших кольорів, що привертає увагу. Його світлі відтінки діють енергійно та збуджуюче, тоді як темні асоціюються із серйозністю та силою. Символізує життя, пристрасть, любов, вогонь і святковість.

Жовтий – асоціюється з теплом, світлом і легкістю, викликаючи відчуття радості. Проте його зеленкуватий відтінок може спричиняти дискомфорт. Символіка: світло, радість, добробут, але також заздрість і мінливість.

Оранжевий – життєрадісний і святковий колір, що стимулює активність і викликає відчуття тепла. Символізує сонце, радість, енергію та амбіційність.

Зелений – спокійний, врівноважений колір, що створює відчуття гармонії. Світлі відтінки сприяють піднесеному настрою, темні – додають стриманості. Символізує надію, мир, родючість і водночас певну меланхолію.

Синій – холодний, але глибокий і сповнений енергії колір, що асоціюється з довірою та спокоєм. Його блакитні відтінки надають відчуття легкості та чистоти. Символізує нескінченність, вірність, далечінь.

Фіолетовий – поєднує в собі елементи урочистості та містичності, проте у великих кількостях може викликати пригніченість. Символізує гідність, розкіш і таємничість.

Блакитний – подібний за впливом до зеленого, створює враження простору та легкості. Викликає відчуття спокою та свіжості.

Білий – нейтральний і універсальний, контрастує з темними кольорами та візуально додає світла й об'єму. Символізує чистоту, невинність і оновлення.

Чорний – поглинає світло, створює ефект глибини та драматизму. Використовується як фон для підсилення яскравих кольорів. Символізує урочистість, елегантність, але також скорботу.

Сірий – сприймається як пасивний, нейтральний колір, що може викликати відчуття байдужості або стабільності залежно від контексту.

Пурпуровий – асоціюється з розкішшю, благородством і святковістю, часто використовується для підкреслення статусності та величі.

Однак варто зазначити, що один і той самий колір може мати різне символічне значення в різних культурах. Наприклад, для деяких народів білий колір асоціюється із скорботою.

При створенні композицій на основі кольорів важливо враховувати їх психологічний вплив і правильно використовувати їх для досягнення бажаного емоційного ефекту. Наприклад, червоний колір привертає увагу і активно вирізняється серед інших. Світлі відтінки червоного збуджують, а темні – створюють атмосферу серйозності та солідності. На темному фоні червоний здається більш віддаленим, а на світлому – ближчим.

Оранжеві та жовті кольори також добре помітні з великої відстані, вони зорозово наближають об'єкти і можуть підсилювати ефект інших кольорів. Вони створюють відчуття легкості та радості, тому оранжеві й жовті рослини на задньому плані композиції додають глибини і об'єму.

Синій колір має холодний відтінок і створює ілюзію простору. Він виглядає стримано, часто зливається з навколишнім середовищем, особливо на темному фоні. Блакитний колір, який є світлішим за синій, додає легкості і прозорості, і добре поєднується з теплими тонами.

Фіолетовий колір також належить до холодних відтінків, він підсилює відчуття глибини і перспективи. На темному фоні фіолетові відтінки можуть виглядати приглушеними, але на світлому фоні вони набувають яскравості. Вони добре поєднуються з теплими кольорами, створюючи гармонійні композиції.

Бузкові та лілові кольори є м'якшими відтінками фіолетового, вони додають композиціям легкості і прозорості. Білий колір, у свою чергу, добре гармонує з усіма іншими кольорами, надаючи їм яскравості. Він зорозово наближає композицію, якщо розташовувати білі елементи на передньому плані, і віддаляє її, коли вони знаходяться на задньому плані. Білі рослини добре видимі як вдень, так і вночі, під штучним або природним освітленням.

На основі численних досліджень вже визначено основні принципи створення гармонійних кольорових поєднань, з урахуванням особливостей сприйняття кольору, його емоційного впливу та символічного значення.

Гармонія кольору означає таке поєднання кольорів, яке викликає позитивну естетичну реакцію і підпорядковується певним закономірностям. При створенні кольорових композицій важливо враховувати інтервали між кольорами на колірному колі. Великий інтервал визначається кутом між кольорами в межах 110° - 180° , середній – 70° - 110° , малий – менше 70° .

Для посилення або пом'якшення контрасту кольорів можна створювати композиції з гармонією контрасту або нюансу. Серед основних типів кольорових гармоній виділяють такі: монохроматичні, витримані в одному відтінку; обмежені малим інтервалом (до 70° на колірному колі); підпорядковані композиції, де кілька кольорів підпорядковуються одному основному; кольорові тріади з інтервалами більше 110° ; контрастні композиції з використанням двох протилежних відтінків; та композиції з повним дробленням кольору.

Найбільш часто використовуються нюансні гармонії та підпорядковані композиції, які зазвичай складаються з не більше ніж семи-восьми кольорів, із двома або трьома основними. Підпорядковані кольори можуть бути контрастними до основного тону, але менш насиченими та менш яскравими, щоб не знижувати естетичну привабливість загальної композиції.

Відомо, що сприйняття кольору залежить від його оточення. Наприклад, жовтий об'єкт на жовтому фоні виглядає темнішим, а на чорному – яскравішим. Тому для рослин світлого забарвлення важливо підбирати темний фон, наприклад, темно-зелений. При створенні композицій квітничкового оформлення важливо враховувати фон, на якому будуть розташовуватися квіткові рослини.

Зазвичай газон, на якому ростуть рослини, є основним фоном у садових композиціях, і його зелений колір сильно впливає на сприйняття інших кольорів. Наприклад, білі, блакитні, світло-жовті, оранжеві та яскраво-червоні кольори на фоні газону виглядають яскравішими, в той час як сині, фіолетові й темно-червоні кольори можуть здаватися менш виразними. Сірий колір на зеленому фоні набуває рожевого відтінку, а жовтий колір може здатися оранжевим.

Для досягнення виразних кольорових поєднань газон повинен мати рівну однотонну поверхню з низько стриженою травою. Часто як фон для квітників використовується ґрунт чорного кольору, що підсилює яскравість кольорів. Для створення потрібного фону ґрунт посипають інертними матеріалами, такими як пісок різних відтінків, гранітна чи мармурова крихта або товчена цегла. Також фоном можуть бути різноманітні об'ємні елементи оточення: стовбури дерев, гілки, листя чагарників різних забарвлень, а також будівлі, підпірні стінки, перголи та інші елементи ландшафту. Колір цих компонентів слід обов'язково враховувати при створенні квітничкових композицій, щоб досягти гармонії й бажаного емоційного впливу на спостерігача [2].

Здатність відчувати запахи є одним з основних сенсорних відчуттів людини, і вплив запахів на емоційний стан людини є важливим аспектом її взаємодії з навколишнім середовищем. Багато запахів, незважаючи на те, що ми

їх не завжди усвідомлюємо, значно впливають на наш настрій і поведінку. Вони можуть бути як привабливими, так і відштовхуючими, здатні заспокоїти або збудити, бадьорити чи навпаки викликати відчуття сонливості, що безпосередньо впливає на працездатність.

Цей вплив запахів на психоемоційний стан людини став основою для розвитку ароматерапії, методу, що використовує цілющі властивості ароматів для поліпшення фізичного і психічного здоров'я. Історики зазначають, що вплив ароматів на людину був відомий ще в найдавніші часи, зокрема в культурах Стародавнього Сходу, Вавилоні та Давній Греції, де аромати вже використовувалися для різних ритуалів та лікування.

Термін «ароматерапія» був вперше використаний у 1928 році французьким хіміком Рене Морісом Гаттефоссом, який працював у парфумерній промисловості. Під час дослідження ефірних масел він виявив, що різні аромати можуть мати різний вплив на людину. Також французький лікар і вчений Жан Валнет активно застосовував ефірні масла для лікування різноманітних хвороб. Саме з цих досліджень почався розвиток сучасної ароматерапії, яка спочатку набувала популярності у Франції, а потім розповсюдилася в Англії та по всьому світу.

У 1991 році були опубліковані дослідження Річарда Акселя та Лінди Бак, які стали справжнім проривом у вивченні механізмів сприйняття запахів. До того часу система нюху залишалася однією з найбільших загадок для науковців. Аксель та Бак змогли пояснити, як ссавці розрізняють численні аромати, і що відбувається в мозку, коли ми сприймаємо запахи. Вони розкрили, що мозок не тільки розрізняє запахи, але й інтерпретує їх у вигляді специфічних патернів, які впливають на наші емоції і поведінку. Як зазначив Аксель, «багатство зовнішнього світу має бути представлене в мозку через колекцію нейронів».

Результати їхніх досліджень вразили наукове співтовариство. Виявилось, що для розпізнавання запахів людина використовує більше ніж 1000 різних рецепторів. Це значно перевищує кількість рецепторів для кольорів, яких в очах лише три. Аромати сприймаються через нюхові сенсорні нейрони, розташовані в слизовій оболонці носа. Вони передають інформацію до нюхової цибулини, звідки сигнал потрапляє до нюхової кори мозку. Після цього інформація розподіляється на інші ділянки мозку, зокрема вищі коркові та лімбічні області, які контролюють емоційний та фізіологічний вплив запахів на організм.

Наприклад, запахи лаванди та розмарину мають заспокійливу дію, допомагають зняти стрес і сприяють релаксації. Натомість запахи лимона та евкаліпта можуть стимулювати і активізувати, додаючи енергії. Аромат жасмину здатний підвищити працездатність і стимулює діяльність мозку, часто навіть ефективніше за каву.

Також відомо, що аромат грейпфрута підвищує впевненість у собі, а для креативного мислення та пошуку нових ідей допомагає запах ялівцю. М'ята створює атмосферу взаєморозуміння в колективі, налаштовуючи на ефективну командну роботу. А для кращого фокусування на досягненні цілей і пошуку рішень може бути корисним аромат евкаліпта.

Для підвищення працездатності на робочому місці рекомендується використовувати аромати шавлії, чайного дерева, сосни, чебрецю, ялиці, троянди та вербени. Наприклад, розмістивши саше з такими наповнювачами на робочому столі, можна постійно підтримувати себе в бадьорому стані, що сприяє більш ефективній роботі.

Квіти також мають великий емоційний вплив на людину, створюючи певну атмосферу, яка сприяє як внутрішньому спокою, так і активному розумовому процесу. Тому важливо правильно підбирати рослини для різних приміщень та зон, де люди перебувають. Наприклад, у робочих просторах можна використовувати квітучі рослини, які сприяють концентрації, а в зонах для відпочинку – квіти, що допомагають розслабитись і зняти напругу [5].

Однією з найпопулярніших квіток в ароматерапії є дамаська троянда. Серед понад 400 сортів цієї рослини лише 25 мають унікальний, неповторний аромат. Відомість троянди триває з давніх часів, коли її пелюстки використовували не тільки для декоративних цілей, а й для приготування вина, желе, трояндового цукру. У Стародавньому Римі жінки приймали ванни з трояндовою водою, яка надавала тілу особливої ніжності, свіжості та елегантного аромату.

І в наші дні троянда не втрачає своєї значущості. Її пелюстки застосовують для виробництва лікерів та кондитерських виробів, але найбільш цінною є її ефірна олія, яка надає квітці цей неповторний аромат. Трояндова олія є сильним антидепресантом, створюючи теплу та заспокійливу атмосферу. Її аромат допомагає стимулювати кровообіг, урівноважує нервову систему та є потужним антисептиком, що робить її важливим елементом не тільки в ароматерапії, а й у підтримці психоемоційного здоров'я [6].

Висновки. Психологічний вплив кольорів на людину є важливою темою, що має значення не тільки в теоретичному, але й у практичному контекстах. Колористика квітів безпосередньо впливає на емоційний стан, психічне здоров'я та загальну атмосферу в різних сферах життя, таких як дизайн інтер'єрів, маркетинг, реклама, а також у терапевтичних практиках. Кожен колір має власну специфіку впливу, зокрема червоний викликає активність та енергію, а блакитний – заспокоює та сприяє релаксації. Крім того, ароматерапія, яка часто застосовується разом із колористичними рішеннями, підсилює ефективність цієї взаємодії, стимулюючи емоційну стабільність через запахи, що є потужними тригерами для психічного стану людини.

Подальші дослідження у цьому напрямі можуть зосередитися на вивченні впливу кольору та аромату на людину в контексті культурних відмінностей. Розробка нових методів використання кольору та аромату в лікувальних та освітніх цілях стане важливим кроком до покращення якості життя людей.

Список використаної літератури

1. Галак А. Вплив кольору на людину в інтер'єрі. 2018. С. 127-128
2. Пушкар В. В., Жирнов А. Д., Вільгельм-Швадчак О. К. Дизайн квітників: Навчальний посібник., Київ: Альтерпрес. 2007.

3. Кісілевич О. П., Короцінська Ю.А. Вплив кольору на когнітивні функції людини. 2024. С.41

4. Біркова І.Р. Вплив кольору на здоров'я людини. Арттерапевтичне застосування кольору як методу здоров'язбережувальних технологій. *Здоров'язбережувальні технології закладу освіти в умовах сучасних освітніх змін: збірник наукових праць Всеукраїнської науково–практичної конференції*. Тернопіль, 2019. С. 19-25.

5. Клевака Л. П. Вплив ароматів на підвищення працездатності. Особистісні та ситуативні детермінанти здоров'я. Матеріали V Всеукраїнської науково–практичної конференції. Київ, 2020. С. 66-68

6. Полушкін, П. М. Основи нетрадиційного лікування. Дніпропетровськ, 2010. С.136.

Єва ХЛОПКО⁶²

студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ТРОЯНД НА ЗРІЗ В УКРАЇНІ ТРОЯНД НА ЗРІЗ В УКРАЇНІ

Анотація. У статті розглядаються особливості вирощування троянд на зріз в умовах України. Серед основних аспектів аналізуються оптимальні сорти для комерційного вирощування, агротехнічні методи культивування, вплив кліматичних умов та сучасні технології догляду. Вирощування троянд сприяє розвитку квітникарської галузі, забезпечуючи ринок високоякісною продукцією. Проте, існують і певні труднощі, зокрема залежність від енергоресурсів, ризику захворювань та необхідність значних інвестицій у тепличне господарство. Окрему увагу приділено економічним аспектам та перспективам розвитку галузі в Україні.

Ключові слова: троянда, теплиці, сорти, догляд, ринок.

Annotation. The article examines the peculiarities of growing roses for cutting in Ukraine. The key aspects analyzed include optimal varieties for commercial cultivation, agronomic methods, the impact of climatic conditions, and modern care technologies. Rose cultivation contributes to the development of the floriculture industry, providing the market with high-quality products. However, there are certain challenges, including dependence on energy resources, disease risks, and the need for significant investment in greenhouse farming. Special attention is given to the economic aspects and prospects for the industry's development in Ukraine.

⁶²Науковий керівник – доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства Антоніна Піддубна.

Keywords: *rose, greenhouses, varieties, care, market.*

Вступ. Троянда є однією з найпопулярніших квіткових культур у світі. В Україні вирощування троянд на зріз є важливим напрямком квітникарства, що забезпечує потреби внутрішнього ринку та експорту. Якість продукції залежить від багатьох факторів, зокрема вибору сортів, умов вирощування, агротехнічних заходів та логістики.

Вирощування троянд на зріз в Україні є важливим напрямом квітникарської галузі, що забезпечує ринок якісною продукцією та сприяє розвитку садівництва. Цей процес сприяє створенню унікальних і привабливих квіткових композицій, а також може підвищити біорізноманіття, впливаючи на загальний вигляд і атмосферу простору.

Однак разом із перевагами виникають і певні ризики. Зокрема, вирощування троянд потребує значних ресурсів, таких як якісний посадковий матеріал, контроль за температурним режимом у теплицях, захист від шкідників і хвороб, а також регулярний полив та живлення. Крім того, окремі сорти можуть виявитися більш чутливими до місцевих кліматичних умов, що може впливати на їхню продуктивність.

Важливо зважати на ці аспекти при плануванні вирощування троянд на зріз, щоб забезпечити баланс між естетичними, економічними та екологічними вимогами. Використання сучасних агротехнологій, впровадження адаптивних сортів та ефективне управління ресурсами сприятимуть стабільному розвитку цього напрямку в Україні.

Виклад основного матеріалу. Вирощування троянд на зріз в Україні – це перспективний напрям у квітникарстві, який сприяє розвитку галузі, забезпечує ринок високоякісною продукцією та відкриває можливості для експорту.

В першу чергу, троянди мають високу декоративну цінність і забезпечують різноманіття кольорів та відтінків. Наприклад, сорт *Red Naomi* характеризується насиченим червоним кольором і густим ароматом, що робить його популярним для букетів та флористичних композицій. Білі троянди сорту *Avalanche* відзначаються витонченістю та довгим терміном збереження у зрізаному стані, що особливо важливо для весільних та урочистих заходів [1].

Вирощування троянд на зріз вимагає ретельного догляду та застосування сучасних агротехнологій. У тепличних господарствах використовують системи крапельного зрошення та автоматизоване регулювання мікроклімату, що забезпечує оптимальні умови для росту та розвитку рослин. Особливу увагу приділяють захисту від шкідників і хвороб, таких як борошниста роса (*Podosphaera pannosa*) та чорна плямистість (*Diplocarpon rosae*), застосовуючи біологічні та хімічні методи боротьби [2].

Троянди можуть служити не лише комерційною культурою, а й виконувати декоративні функції у садівництві. Відкриті плантації з трояндами різних сортів створюють мальовничі ландшафтні композиції, а також можуть використовуватися у парках і садах як фокусні точки. Наприклад, плетисті сорти

(*Climbing Roses*) ідеально підходять для вертикального озеленення та створення арок або шпалер, що додає простору естетичної привабливості [3].

Таким чином, вирощування троянд на зріз в Україні має значний потенціал завдяки попиту на якісну продукцію та можливостям застосування сучасних технологій. Дотримання оптимальних агротехнічних умов сприяє підвищенню врожайності та якості квітів, що є ключовим фактором успішного розвитку галузі.

Кольори троянд мають велике значення для створення привабливих флористичних композицій та впливають на їхню популярність на ринку. Серед найбільш затребуваних відтінків виділяють червоні, білі, жовті та рожеві. Наприклад, сорт *Grand Prix* з його насиченим червоним кольором символізує пристрасність і є одним з найпопулярніших для романтичних букетів. Білі троянди, такі як *Avalanche*, використовуються для урочистих подій, оскільки уособлюють чистоту та елегантність. Жовті та персикові відтінки, наприклад у сортів *Golden Gate* або *Peach Avalanche*, надають букетам теплоту та ніжність, що робить їх чудовим вибором для дружніх і весняних композицій.

Розміри та форма троянд також відіграють важливу роль у вирощуванні квітів на зріз. Великі махрові сорти, такі як *Pink O'Hara* або *Edith*, додають розкішності букетам завдяки своїй густій пелюстковій структурі. Мініатюрні троянди, наприклад кущові троянди (*Spray Roses*), використовуються для створення компактних композицій або доповнення основних квіткових елементів. Крім того, плетисті троянди (*Climbing Roses*) можуть застосовуватися у декоруванні арок і створенні вертикальних конструкцій у садівництві, що підкреслює їх універсальність [2].

Крім кольорової палітри та розмірів, важливим аспектом вирощування троянд на зріз є їх стійкість до умов вирощування. В Україні найбільш ефективно вирощування троянд відбувається у теплицях, де можна контролювати мікроклімат та забезпечити оптимальну вологість і освітлення. Сучасні технології, такі як крапельне зрошення та регульоване внесення добрив, дозволяють підвищити якість продукції та продовжити термін її свіжості після зрізу.

Таким чином, вирощування троянд на зріз в Україні базується на ретельному підборі сортів, контролі за мікрокліматичними умовами та використанні сучасних агротехнологій. Завдяки різноманіттю кольорів, форм і розмірів, троянди залишаються одними з найбільш популярних квітів у флористичній індустрії.

Вирощування троянд на зріз в Україні має значний вплив на мікроклімат, сприяючи створенню оптимальних умов для розвитку рослин у теплицях та відкритому ґрунті. Контрольоване середовище дозволяє регулювати температуру, вологість і рівень освітлення, що є ключовими факторами для отримання якісної продукції [4].

Влітку троянди у тепличних господарствах захищені від перегріву завдяки сучасним системам вентиляції та затінення. Процес транспірації, характерний для цих рослин, допомагає підтримувати необхідний рівень вологості, що позитивно впливає на їхній ріст і розвиток. Крім того, спеціальні системи

крапельного зрошення дозволяють рівномірно розподіляти вологу, запобігаючи пересиханню ґрунту та забезпечуючи стабільне живлення кореневої системи.

У зимовий період тепличне вирощування троянд допомагає підтримувати оптимальну температуру для росту квітів, що дозволяє постачати свіжу продукцію на ринок протягом усього року. Завдяки теплоізоляційним технологіям та енергоефективним системам опалення зменшується вплив низьких температур і холодних вітрів, що сприяє економії енергоресурсів та збереженню стабільного мікроклімату.

Окрім цього, троянди відіграють важливу роль у підтриманні вологості повітря. Завдяки транспірації вони сприяють насиченню атмосфери вологою, що покращує якість повітря та створює сприятливі умови для вирощування інших рослин. У теплицях це особливо важливо, оскільки контроль вологості дозволяє запобігати розвитку грибкових захворювань і підтримувати здоровий стан насаджень [5].

Таким чином, особливості вирощування троянд на зріз в Україні тісно пов'язані з регулюванням мікроклімату та використанням сучасних агротехнологій. Завдяки цьому вдається забезпечувати стабільне виробництво якісних квітів протягом усього року, що сприяє розвитку квіткової індустрії та задоволенню попиту на зрізані троянди.

Вирощування троянд на зріз є складним і технологічно насиченим процесом, що потребує врахування багатьох факторів. В Україні для цього використовують як традиційні, так і сучасні методи, що забезпечують високу якість квіткової продукції та її конкурентоспроможність на ринку. Основними методами вирощування троянд є:

1. Вирощування у відкритому ґрунті – цей метод є традиційним і використовується в регіонах із м'яким кліматом. Він підходить для вирощування троянд у весняно-літній період і дозволяє отримати природні, ароматні квіти.

Троянди потребують сонячного місця, захищеного від сильного вітру, необхідний родючий, добре дренований ґрунт із нейтральною або слабнокислою реакцією (рН 5,5–6,5), регулярне зрошення, внесення добрив, обрізка пагонів і боротьба зі шкідниками. Цей метод обмежений кліматичними умовами, оскільки взимку рослини впадають у стан спокою.

2. Тепличне вирощування – теплиці дозволяють отримувати троянди на зріз протягом усього року та забезпечують стабільний контроль мікроклімату. Це бюджетний варіант, що підходить для короткого періоду вирощування.

Скляні теплиці мають кращу теплоізоляцію, довговічні, використовуються для комерційного вирощування. Полікарбонатні теплиці поєднують міцність скла та теплоізоляційні властивості плівки, ідеальні для вирощування троянд у промислових масштабах. Також використовуються автоматизовані системи поливу та живлення (крапельне зрошення, гідропоніка), опалювальні системи, вентиляція, контроль рівня вологості та освітлення (штучне підсвічування, системи зволоження);

3. Гідропонне вирощування – це сучасний метод, при якому троянди вирощують без ґрунту, у спеціальних живильних розчинах.

Використання спеціальних субстратів (кокосовий торф, перліт, мінеральна вата), точне дозування поживних речовин через автоматичні системи, відсутність ґрунтових хвороб і шкідників, прискорене зростання і рясне цвітіння.

4. Аеропонне вирощування-це новітній метод, при якому коренева система троянд знаходиться в повітрі та зрошується поживним туманом. При цьому відбувається ефективне використання води і добрив, максимальне насичення коріння киснем, відсутність ризику зараження ґрунтовими інфекціями та висока швидкість росту рослин [2].

Отже, методи вирощування троянд на зріз в Україні варіюються від традиційних відкритих посадок до інноваційних технологій, таких як гідропоніка та аеропоніка. Вибір залежить від доступних ресурсів, кліматичних умов та економічних можливостей виробника. Найбільш ефективним є поєднання тепличного вирощування з сучасними автоматизованими системами догляду, що дозволяє отримувати високоякісну продукцію протягом усього року.



Рис. 1. Обрізка троянд [4]



Рис. 2. Обробка троянд від шкідників [5]

Зрізають троянди для квітів вранці або ввечері, коли температура повітря є низькою, що дозволяє зберегти їхню свіжість. Стебла обрізають під кутом 45° , щоб забезпечити краще поглинання води. Листя, яке потрапляє у воду, видаляють, оскільки це може призвести до розвитку бактерій. Після зрізу стебла не можна відразу ставити у воду, перед цим їх варто обробити спеціальними антисептичними розчинами для зрізаних квітів. Троянди зберігають в прохолодному місці при температурі не вище 20°C , щоб запобігти їхньому швидкому в'яненню. Ідеально зберігати їх у холодильнику або в приміщенні з постійною низькою температурою. Вода для троянд повинна бути чистою і

прохолодною, її необхідно змінювати щодня, щоб уникнути розвитку мікробів. Для подовження життя квітів у воді можна додавати цукор або спеціальні живильні розчини для зрізаних квітів. Важливо також обробляти троянди антисептичними засобами, щоб запобігти хворобам. Для транспортування та продажу троянд використовують спеціальні пакети або обгортки, які зберігають вологу та оптимальний температурний режим, що допомагає продовжити свіжість квітів під час доставки [4].

Для обрізки стебел використовують тільки чисті ножиці або ножі, оскільки забруднені інструменти можуть перенести бактерії на квіти, що призведе до їхнього швидкого в'янення. Зрізані троянди не рекомендується ставити під пряме сонячне світло, оскільки це прискорює їх висихання. Оптимальним варіантом буде розміщення їх у місці з розсіяним освітленням або в затінку. Щоб квіти зберігалися довше, обирають лише добре розкриті бутони без пошкоджень, адже троянди, зрізані на стадії напіврозпуску, можуть не розкритися повністю.

Зберігання зрізаної продукції, зокрема троянд, вимагає дотримання певних умов для підтримки їхньої свіжості та якості. Після збору троянди повинні бути поміщені в чисту воду, яка змінюється щодня для запобігання розвитку бактерій. Оптимальна температура для зберігання зрізаних квітів – 1-5°C, тому їх слід зберігати в прохолодних приміщеннях або холодильнику. Важливо також забезпечити правильну вологість, оскільки низька вологість може призвести до висихання кінчиків стебел, тому для збереження вологості можна використовувати спеціальні пакети або обгортки для квітів.

Під час транспортування зрізаних квітів забезпечують їх належне пакування: спеціальні коробки з вентиляцією або пакети допомагають зберегти квіти свіжими та мінімізують ризик їх пошкодження [5].

Ринок збуту троянд поділяється на кілька основних сегментів: оптовий, роздрібний та онлайн-продаж. У великих містах попит на зрізані квіти значно зростає під час свят, що зумовлює сезонні коливання. Однак, для стабільності бізнесу важливо орієнтуватися на постійних клієнтів, зокрема квіткові магазини, організаторів заходів, готелі, ресторани та інші компанії, які регулярно замовляють квіти.

Ринок зрізаних квітів в Україні є досить конкурентним. Виробники змагаються за кращу ціну та якість продукції, а також враховують актуальні тенденції, зокрема популярність певних кольорів і сортів у різні періоди. Окрім традиційних продажів, поступово зростає сегмент онлайн-торгівлі, що дозволяє реалізовувати букети та зрізані квіти з доставкою [6].

У сучасному ринку збуту квітів спостерігається зростання популярності органічного вирощування та продажу квітів без використання хімічних добрив та пестицидів. Це може стати додатковою перевагою для виробників, які орієнтуються на екологічно чисту продукцію. Крім того, варто враховувати розвиток продажу квітів через онлайн-платформи та соціальні мережі, що надає нові можливості для виходу на ринок.

Ринок зрізаних квітів залежить від економічної ситуації, змін у споживчих вподобаннях та непередбачуваних кліматичних факторів, які можуть впливати

на обсяги виробництва. Тому для успішного ведення бізнесу важливо розробляти гнучку стратегію та вміти швидко адаптуватися до змін у попиті та пропозиції[6].

Основні витрати на вирощування та догляд за трояндами включають вартість насіння або саджанців, витрати на добрива, засоби захисту рослин, полив, оплату праці працівників, енергоносії для обігріву теплиць (якщо вирощування проходить в них), а також витрати на збір і обробку зрізаної продукції. Вартість зберігання та транспортування також є важливим економічним фактором.

Висновки. Вирощування троянд на зріз є важливим напрямом у квітникарстві, що потребує спеціальних знань і уваги до деталей. Ці квіти додають естетичної привабливості та забезпечують стабільний попит на ринку. Однак, процес їх вирощування потребує значних витрат на догляд, правильний вибір сорту та своєчасну боротьбу з хворобами та шкідниками. Зокрема, це передбачає контроль температурного режиму, рівня вологості та освітлення, а також систематичне підживлення рослин. Щоб продовжити термін зберігання зрізаних троянд, важливо дотримуватися відповідних умов температури та вологості під час їх зберігання та транспортування. Тому вирощування троянд на зріз потребує ретельного планування, зваженого підходу до ресурсів і постійного моніторингу за станом рослин, що дозволяє забезпечити високу якість продукції і задоволення попиту на ринку.

Список використаної літератури

1. Бунін В.О. Квітникарство., Львів: світ, 1994. 152с.
2. Richard Hass, Jerry Olson, and John Whitman. Growing Roses in Cold Climates. 2012.P. 35.
3. Крижанівська Н. Я. Основи ландшафтного дизайну: підручник., Київ:Ліра-К, 2014. 217 с.
4. Оптимальний догляд за трояндами: секрети краси та здоров'я: веб-сайт.URL: <https://gelios.ua/optymalnyj-doglyad-za-troyandamy-sekrety-kрасы-ta-zdorovya/> (дата звернення: 02.02.2025).
5. Літня обробка троянд від хвороб та шкідників: веб-сайт. URL: <https://zemli-priazovya.com.ua/litnia-obrobka-troiand-vid-khvorob-ta-shki/> (дата звернення 06.02.2025).
6. Голодюк Г.І., Гургула Н.М. *Аналіз квіткового ринку України*. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки», 2020. №1 (96). С. 89-96

Марія СТЕБЛИНА⁶³,
студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ВИКОРИСТАННЯ КАМЕНЮ В ОЗЕЛЕНЕННІ ТА ЙОГО АЛЬТЕРНАТИВИ

***Анотація.** У статті розглядається використання каменю в озелененні як елемента ландшафтного дизайну, його переваги та недоліки. Аналізуються різні види природного та штучного каменю, їх екологічний вплив і естетична цінність. Особлива увага приділяється альтернативним матеріалам, таким як деревина, мульча, гравій, геотекстиль та перероблені матеріали, що можуть замінити камінь у благоустрої територій. Досліджено їхні властивості, довговічність і вплив на навколишнє середовище*

***Ключові слова:** камінь, озеленення, ландшафтний дизайн, альтернативи, екологія, благоустрій.*

***Annotation.** The article examines the use of stone in landscaping as an element of landscape design, highlighting its advantages and disadvantages. Various types of natural and artificial stone are analyzed, along with their environmental impact and aesthetic value. Special attention is given to alternative materials such as wood, mulch, gravel, geotextile, and recycled materials that can replace stone in urban and landscape development. Their properties, durability, and environmental impact are also explored.*

***Keywords:** stone, landscaping, landscape design, alternatives, ecology, urban improvement.*

Вступ. Натуральний камінь – найпопулярніший елемент сучасного ландшафтного дизайну, який часто використовується в оформленні заміських ділянок, в благоустрої міського парку або скверу. Ландшафтні камені допомагають імітувати гірський схил або водоспад, сформувати штучну скелю або кам'яний струмок, створити клумби, альпінарії, садові доріжки, сходи, майданчики, спорудити габіони, підпірні стінки на схилах та інші елементи ландшафтного дизайну, реалізувати різні проекти і гармонійно вписати декоративні камені в сад будь-якої стилістичної спрямованості [1].

Виклад основного матеріалу. Камінь – один з найпопулярніших матеріалів у ландшафтному дизайні, оскільки він додає ландшафту природності, довговічності та естетичності. Використання каменю в садовому дизайні включає створення доріжок, альпійських гірок, клумб, підпірних стінок і

*Науковий керівник – Сніжана Панкова доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства

декоративних водоспадів. Завдяки своїй довговічності та стійкості до атмосферних впливів, камінь є чудовим вибором для довгострокових проектів. За походженням мінералів розрізняють наступні види:

1. Вулканічної породи. Сюди входять такі камені, як граніт, базальт, діорит, пірит і діабаз. Ці матеріали мають міцну основу і значну вагу, завдяки чому вони будуть зберігати свою форму на будівельному майданчику протягом століть. Особливість полягає в декоративному ефекті. Існує широка палітра кольорів, що дозволяє реалізувати будь-який стиль дизайну інтер'єру. Галька також ефектно виглядає в первісному вигляді, але часто її полірують, що значно покращує її стан [3].

2. Метаморфічні породи. До них відносяться: шунгіт, мрамур, сланець і гнейс. Ці матеріали є осадовими, але вони більш стійкі до механічних впливів, ніж попередній варіант. Тому їх можна використовувати для різних видів робіт.

3. Осадові породи. До них належать пісковик, черепашник, туф і доломіт. Ці мінерали знаходяться в надрах землі, де вони залягають шарами [3]. Осадові породи характеризуються шаруватою пористою структурою, через що матеріал не витримує ударів (може кришитися). Ці породи часто використовують для оздоблення фасадів будівель, сходів, підлог і меж ділянок. Майже всі мінерали цієї категорії мають м'які, світлі природні кольори та унікальний візерунок. Валуни легко піддаються обробці, тому з них можна швидко зробити плитку [4].



Рис. 1. Приклад декорування каменем

Залежно від розміру розрізняють такі види природного каменю: Блоки, валуни, галька та гравій. Перші два види є великими. Вони характеризуються тим, що валуни мають необроблену поверхню, в той час як галька має круглу, гладку форму. Галька – це круглий декоративний матеріал. Вони можуть відрізнятися за розміром і кольором [5]. Щебінь – це інженерний камінь, отриманий шляхом видобутку та переробки природних твердих гірських порід.

Більшість з перерахованих вище каменів використовуються для будівництва несучих конструкцій, декоративних перегородок і огорожувальних споруд. Такі об'єкти виглядають стильно, ефектно і гармонійно поєднуються з навколишньою природою. Останнім часом особливо популярним стало виготовлення з мінералів опорних стовпів для літніх терас.

Підвали, гаражі та господарські будівлі часто облицьовують натуральним каменем. В цьому випадку краще вибирати граніт, піщаник або базальт. Гарний ансамбль на ділянці вийде, якщо додати доріжку з аналогічного мінералу. Це

буде завершена композиція, яка стане основою ландшафтного дизайну. Використовуючи різні камені, можна створити красиві альпінарії або альпійські гірки.

Натуральний камінь має багато переваг, які роблять його одним з найкращих матеріалів для оздоблення. Ось деякі з них:

1. Міцність. Натуральний камінь – дуже міцний і стійкий матеріал, який витримує високі навантаження, удари, тертя, згинання, розтягнення та інші механічні впливи. Камінь не деформується, не розтріскується, не лущиться і не втрачає свою форму і розмір з часом. Камінь також стійкий до погодних впливів, таких як сонячне світло, вітер, дощ, сніг, мороз, град, грім та інші. Камінь не тьмяніє, не гниє, не піддається корозії і не схильний до біологічних забруднень, таких як грибки, пліснява, мох, лишайник тощо. Камінь має тривалий термін служби, який може сягати сотень і навіть тисяч років.

2. Екологічність. Натуральний камінь – повністю екологічно чистий і безпечний матеріал, який не містить шкідливих речовин, не виділяє токсичних газів, не впливає на мікроклімат в приміщенні і не викликає алергії або інших захворювань. Камінь також має терморегулюючі властивості, які допомагають підтримувати оптимальну температуру і вологість в приміщенні, зберігаючи тепло взимку і прохолоду влітку. Камінь також має звукопоглинаючі властивості, які захищають від шуму ззовні і забезпечують тишу і спокій в приміщенні. Камінь також має антистатичні властивості, які допомагають позбутися пилу і бруду та покращують якість повітря.

3. Естетика. Натуральний камінь – дуже естетичний і привабливий матеріал, який має різноманітні кольори, текстури, візерунки, форми та розміри. Камінь може створювати різні стилі та настрої, від класичного до сучасного, від сільського до гламурного. Камінь може підкреслити красу та індивідуальність будинку або квартири, відобразити смак і характер власника. Камінь можна гармонійно поєднувати з іншими матеріалами, такими як дерево, метал, скло, кераміка, тканина та інші. Камінь може надати приміщенню елегантного, розкішного, атмосферного та оригінального вигляду.

4. Універсальність. Натуральний камінь – дуже універсальний матеріал, який можна використовувати для оздоблення будь-якої поверхні, в будь-якому просторі і в будь-якому кліматі. Камінь можна використовувати як для зовнішньої, так і для внутрішньої обробки, створюючи неповторний і затишний інтер'єр. Камінь можна використовувати як для горизонтальних, так і для вертикальних поверхонь, створюючи різні ефекти та композиції. Камінь можна використовувати як для великих, так і для малих приміщень, створюючи відчуття простору і затишку. Камінь можна використовувати як для нових будівель, так і для реставрації старих будівель для створення контрасту або гармонії з історичним контекстом [3].

Натуральний камінь, хоч і має багато переваг, але не позбавлений і деяких недоліків, які варто враховувати перед вибором. Ось деякі з них:

1. Вага. Натуральний камінь – дуже важкий матеріал, який створює додаткове навантаження на фундамент, стіни, підлогу та інші конструкції

будинку або квартири. Вага каменю залежить від його типу, товщини, форми та розміру. Як правило, один квадратний метр каменю важить від 30 до 100 кілограмів. Тому перед тим, як прийняти рішення про вибір каменю, слід перевірити, чи витримає ваш будинок або квартира таку вагу, і чи можна доставити камінь до місця укладання без проблем і пошкоджень.

2. **Догляд.** Хоча натуральний камінь є міцним і стійким матеріалом, за ним необхідно регулярно і правильно доглядати, щоб зберегти його зовнішній вигляд, якість і функціональність. Догляд за каменем залежить від його типу, обробки, місця використання та стану. Як правило, догляд за каменем включає очищення від пилу, бруду, плям, відкладень, вапняного нальоту, грибків, моху та інших забруднень за допомогою м'якої тканини, щітки, води, мила, оцту, лимонної кислоти або спеціальних засобів; просочення, лакування, полірування або фарбування для захисту від вологи, температури, ультрафіолетового випромінювання, механічних пошкоджень, хімічних речовин та інших факторів; ремонт, реставрацію, заміну або демонтаж при необхідності.

4. **Вартість.** Натуральний камінь є досить дорогим матеріалом, який вимагає значних витрат на придбання, доставку, монтаж та обслуговування. Ціна каменю залежить від його типу, якості, кольору, текстури, форми та розміру, а також від регіону, сезону, постачальника та майстра[4]. Крім того, камінь вимагає спеціального обладнання, інструментів, клеїв, цементу, затірок, герметиків та інших матеріалів для його обробки і монтажу. Крім того, обробка каменю вимагає кваліфікованих майстрів, які знайомі з особливостями цього матеріалу і можуть гарантувати якість і довговічність роботи [5].

Попри всі переваги каменю, існують альтернативні матеріали, які можуть замінити його у ландшафтному дизайні:

1. **Деревина** – натуральний матеріал, що додає затишку та тепла. Використовується для садових доріжок, декоративних конструкцій і терас. Однак потребує регулярної обробки від вологи та шкідників.

2. **Бетон** – може імітувати природний камінь і має високу міцність. Використовується для мощення доріжок, будівництва підпірних стін і бордюрів.

3. **Цегла** – довговічний та естетично привабливий матеріал, який гармонійно поєднується з рослинними композиціями. Може застосовуватися для створення садових доріжок, бордюрів і стінок.

4. **Гравій та щебінь** – дешевші альтернативи каменю, які чудово підходять для створення доріжок та декорування клумб. Забезпечують добрий дренаж і простоту в догляді.

5. **Штучний камінь** – легший за натуральний аналог, має широку кольорову гаму та форму, що дозволяє його застосовувати у різних ландшафтних рішеннях. Менш екологічний, проте економічніший.

6. **Габіони** – металеві сітки, заповнені камінням або іншими сипучими матеріалами, які використовуються для зміцнення схилів, створення огорож і дизайнерських конструкцій. Дозволяють поєднувати природні та штучні матеріали.

7. *Кора дерев* – екологічно чистий матеріал, який використовується для мульчування клумб і створення природного покриття доріжок.

8. *Трав'яне покриття та газонні решітки* – альтернативне рішення для створення екологічних доріжок, які поєднують зелень із функціональністю.[4]

Висновки. Камінь залишається незамінним елементом ландшафтного дизайну, але його використання можна доповнити або замінити іншими матеріалами залежно від стилю та призначення озеленення. Вибір альтернативи залежить від естетичних уподобань, бюджету та умов експлуатації, що дозволяє створювати унікальні та гармонійні природні композиції. Завдяки поєднанню різних матеріалів можна досягти балансу між довговічністю, екологічністю та естетикою.

Окрім цього, вибір матеріалів для ландшафтного дизайну повинен враховувати не лише естетичні та функціональні аспекти, але й екологічні наслідки. Натуральний камінь є природним і довговічним, але його видобуток може мати негативний вплив на навколишнє середовище. Використання вторинних матеріалів або комбінування каменю з екологічно чистими альтернативами дозволяє зменшити цей вплив і зробити озеленення більш екологічним.

Також слід враховувати особливості клімату та ґрунту в конкретному регіоні, щоб обрані матеріали служили довго і гармонійно поєднувалися з природним середовищем. Грамотний підхід до вибору матеріалів у поєднанні з правильним доглядом дозволяє створити привабливий, довговічний і екологічно відповідальний ландшафтний простір.

Список використаної літератури

1. Гордієнко М. І., Гудзь М. М., Маурер В. М. Лісові культури., Львів: Камула, 2010. 608с.

2. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово -паркове господарство. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ 2020. 328с.

3. Як використовувати каміння в ландшафтному дизайні? URL: <https://agrovinn.com/ua/articles>

Натуральний камінь в оформленні інтер'єрів: особливості використання. URL: <https://pietra.com.ua/blog/ispolzovanie-naturalnyh-kamnej-v-landshaftnom-dizajne> (дата звернення 14.03.2025 р.).

Переваги та недоліки оздоблення натуральним каменем: що варто знати перед вибором. URL: <https://mstone.ua/uk/blogs-uk-ua/perevagi-ta-nedoliki-ozdoblennya-naturalnim-kamenem> (дата звернення 04.03.2025 р.)

Софія СУШКО,⁶⁴
студентка 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОФІСНІ РОСЛИНИ: ЯК ЗЕЛЕНИЙ ПРОСТІР ВПЛИВАЄ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ

***Анотація.** У статті досліджено вплив офісних рослин на продуктивність, здоров'я та психоемоційний стан працівників. Офісні приміщення часто характеризуються штучним освітленням, кондиціонованим повітрям та високим рівнем стресу, що негативно позначається на самопочутті співробітників. Офісні рослини виступають не лише естетичним елементом, а й ефективним засобом для покращення робочого середовища. Вони очищують повітря, знижують рівень стресу, підвищують концентрацію, а також сприяють покращенню настрою та зменшенню рівня шуму. Дослідження доводять, що присутність зелених насаджень у робочому просторі збільшує продуктивність працівників та зменшує рівень вигорання. У статті розглянуто основні критерії вибору рослин для офісного середовища та наведено приклади найефективніших видів, що сприяють комфортній та здоровій атмосфері на робочому місці.*

***Annotation.** The article examines the effect of office plants on productivity, health and psycho-emotional state of employees. Office spaces are often characterized by artificial lighting, air conditioning, and high levels of stress, which negatively affects the well-being of employees. Office plants are not only an aesthetic element, but also an effective tool for improving the working environment. They purify the air, reduce stress levels, increase concentration, and also help improve mood and reduce noise levels. Studies prove that the presence of green spaces in the workspace increases employee productivity and reduces burnout. The article discusses the main criteria for choosing plants for the office environment and provides examples of the most effective species that contribute to a comfortable and healthy atmosphere in the workplace.*

Вступ. Сучасні офіси все більше орієнтуються на створення комфортного робочого середовища, яке сприяє продуктивності та добробуту працівників. Одним із найефективніших і водночас простих способів покращити атмосферу в офісі є використання рослин. Офісні рослини не лише виконують естетичну функцію, а й мають безпосередній вплив на якість повітря, рівень стресу та концентрацію уваги. Присутність зелених насаджень у робочому просторі сприяє зниженню втоми, покращенню настрою та підвищенню ефективності

⁶⁴Науковий керівник – Антоніна Піддубна доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства

виконання завдань. Окрім цього, рослини допомагають зменшити рівень шуму та створюють сприятливий мікроклімат. У статті розглянуто, як саме офісні рослини впливають на продуктивність працівників, які їхні основні переваги та які види зелених насаджень найкраще підходять для офісного простору.

Виклад основного матеріалу. Сучасне офісне життя – це нескінченний цикл дедлайнів, моніторів і штучного світла. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, середньостатистичний працівник проводить у закритих приміщеннях до 90% свого часу. У світі, де панують бетон і скло, офісні рослини стають справжньою оазою, повертаючи нас до природи. Їхня присутність у робочому просторі – це не просто модний тренд, а науково обґрунтований спосіб покращити здоров'я, настрій і ефективність.

Історично люди завжди оточували себе зеленню. У Стародавньому Римі сади в робочих резиденціях вельмож вважалися місцем для роздумів і планування. Сьогодні ж, коли урбанізація віддаляє нас від природи, офісні рослини повертають втрачену гармонію. Вони не лише прикрашають простір, а й стають інструментом для боротьби зі стресом і втомою, які переслідують працівників у XXI столітті.

Офісні рослини – це не лише про красу, а й про здоров'я. Вони діють як природні фільтри, очищаючи повітря від токсинів. За даними NASA (дослідження 1989 року), рослини, такі як спатіфілум, хлорофітум і плющ, видаляють із повітря бензол, формальдегід і трихлоретилен – речовини, що виділяються з фарб, пластику й офісної техніки. Наприклад, одна середня рослина спатіфілума може поглинати до 20 мкг токсинів за годину, покращуючи якість повітря в радіусі кількох метрів [5].

Механізм простий: через листя рослини вбирають шкідливі сполуки, а корені з ґрунтом нейтралізують їх за допомогою мікроорганізмів. Це особливо актуально в кондиціонованих офісах, де повітря часто пересушене. Рослини звожують його, виділяючи воду під час транспірації. У 2018 році в офісі компанії у Варшаві заміряли вологість: у приміщенні з рослинами вона була на 30% вищою, ніж у «стерильному» кабінеті. Це зменшує сухість очей і шкіри – часті скарги працівників.

Ще одна перевага – шумопоглинання. У великих open-space офісах, де гудуть принтери й лунають розмови, рослини стають природними бар'єрами. Листя й стебла розсіюють звукові хвилі, знижуючи рівень шуму на 5–10 децибел. У 2020 році в Лондоні провели експеримент: офіс із зеленою стіною мав на 12% нижчий рівень шуму порівняно з аналогічним без рослин.

Порівняємо два офіси: в одному – голі стіни й сухе повітря, в іншому – горщики з фікусами й плющем. У першому працівники скаржаться на головний біль і втому, у другому – дихають легше й рідше беруть лікарняні. Рослини також регулюють температуру, створюючи прохолоду влітку завдяки випаровуванню. Це невеликі, але відчутні зміни, які роблять робочий день комфортнішим.

Зв'язок між рослинами та продуктивністю – не просто припущення, а факт, підтверджений наукою. У 2010 році Journal of Environmental Psychology опублікував дослідження: працівники в озелених офісах виконували

когнітивні завдання на 12% швидше й робили на 19% менше помилок. Чому так? Рослини допомагають мозку «перезавантажуватися». Природні елементи відволікають від цифрової втоми, дозволяючи очам і розуму відпочити [3].

Великі компанії давно зрозуміли це. У Google офіси нагадують джунглі: зелені стіни, підвісні горщики й навіть дерева в горщиках. Це не просто естетика – це стратегія. У 2017 році їхній звіт показав, що працівники в озелених зонах генерують на 10% більше ідей під час брейнштормів. Малий бізнес також не відстає. Наприклад, у кафе-магазині в Одесі власник додав рослини до робочого простору – і за три місяці продажі зросли на 8%, бо команда стала енергійнішою.

Рослини борються з вигоранням. У 2019 році в Японії дослідили: працівники, які доглядали за маленькими рослинами на столах, відчували на 20% менше втоми наприкінці тижня. Догляд за зеленню – це міні-ритуал, який відволікає від рутини й повертає відчуття контролю. Крім того, рослини стимулюють креативність. У Нідерландах дизайнери, які працювали в офісі з плющем, створювали на 15% оригінальніші проєкти, ніж їхні колеги в «сірих» кабінетах [4].

Працівники в озелених офісах рідше відволікаються. Замість гортання стрічки новин вони кидають погляд на листя – і це працює як медитація. У підсумку: більше зроблених завдань, менше стресу й вища якість роботи.

Таблиця 1. Вплив рослин на продуктивність

Покращення якості повітря	Рослини поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень, а також фільтрують шкідливі речовини з повітря, що сприяє кращому самопочуттю працівників.
Зниження рівня стресу	Візуальний контакт із природою знижує рівень кортизолу – гормону стресу, що сприяє емоційній стабільності.
Збільшення концентрації	Дослідження показують, що співробітники, які працюють у приміщеннях із рослинами, демонструють вищий рівень концентрації та креативності.
Шумопоглинання	Рослини допомагають зменшити рівень фонового шуму, що особливо корисно в офісах з відкритим плануванням.
Зменшення втоми та головного болю	Завдяки зволоженню повітря рослини можуть допомогти зменшити такі проблеми, як сухість очей, головний біль і загальну втому.
Поліпшення психоемоційного стану	Певні рослини, такі як базилік, м'ята, алое та розмарин, позитивно впливають на психоемоційний стан людей на роботі.
Підвищення настрою та бадьорості	Рослини в офісі допомагають створити продуктивну робочу атмосферу, знижують емоційне напруження та підвищують загальний настрій колективу.
Створення сприятливого середовища	Озеленення офісу покращує естетичний вигляд простору та має безпосередній вплив на психоемоційний стан працівників, допомагаючи їм зосередитися.

Інші позитивні аспекти:

1) рослини в офісі покращують самопочуття співробітників, підвищують мотивацію та бажання працювати;

2) рослини позитивно впливають на емоційний стан людини, покращують її фізичне та психологічне здоров'я;

3) елементи живої природи в офісі стимулюють творчий потенціал працівників.

Для створення сприятливого офісного середовища важливо вибирати рослини, що ідеально підходять для корпоративного простору. Основні правила такі:

1) Не варто вибирати рослини, які вимагають складного та ретельного догляду, не переносять сухе повітря та нестачу природного світла.

2) Виключаються види, які періодично виглядають неохайно – з сезонно опадаючим листям, квітами, що швидко в'януть або з квітконосами, що довго висихають. Ідеальні офісні рослини мають підтримувати декоративний вигляд протягом усього року.

3) Перевагу слід віддавати рослинам без аромату та зовні нейтральним. Рослини із яскравим запахом можуть викликати алергію, а екстравагантні – дратувати своїм виглядом окремих співробітників. В ідеалі рослини в офісі мають бути природними очищувачами повітря.

Таким чином, якщо виключити всі невідповідні варіанти, на роль універсальних офісних рослин претендує досить небагато видів.

Всі рослини з цього списку цілком відповідають вимогам до рослин для офісу, але кожна з них має власні переваги.

Драцени та юки. Це дуже ефектні, схожі на пальми деревця зі стрункими оголеними стовбурами та «кудлатою» кроною, що складається з пучків ланцетоподібного листя. Існує безліч видів та сортів цих кімнатних рослин, завдяки чому серед них можна вибрати саме те, що ідеально вписується в інтер'єр конкретного офісу.

Заміокулькас чи доларове дерево. Цей сукулент з округлими, блискучими, схожими на монетки листочками асоціюється з багатством та процвітанням. Заміокулькас має дуже акуратний вигляд і чудову репутацію, завдяки чому став неймовірно популярною рослиною для офісу та житла.

1) Монстера. Величезне різьблене листя цієї розкішної ліани символізує силу і впевнене зростання, оскільки, плетучися й обвиваючись навколо опори, вона нестримно прагне до вершини. Додавання ліан до інтер'єру офісу підкреслює гнучкість та здатність до адаптації, що досить важливо у робочому середовищі. Бонусом є те, що монстера вміє передбачати дощ – за кілька годин до цього на її листі виступає волога. Живий офісний барометр допоможе співробітникам скоригувати плани після закінчення робочого дня.

2) Сансев'єрія – неймовірно витривала декоративно-листяна рослина з довгим, загостреним на кінчиках листям найрізноманітніших візерункових кольорів. Сансев'єрія вважається символом удачі, а також ефективним амулетом, що захищає від негативних енергій.

3) Хлорофітум – це одна з найпростіших в утриманні кімнатна рослина, вона швидко росте, легко розмножується і добре пристосовується до будь-якого клімату. Є дуже мальовничі сорти з каскадами квітів, що звисають – їх можна

розмістити на офісних шафах і вирощувати як ампельні рослини. Хлорофітум краще за будь-яких інших представників флори очищає повітря від шкідливих сполук і токсинів, що підтверджено дослідженням NASA [2].

Сучасний бізнес у будь-якій сфері вимагає оригінального підходу до завдань, високої швидкості прийняття нестандартних рішень та генерації новаторських ідей, завдяки яким компанія може досягти успіху у боротьбі з конкурентами. Комфортні зелені офіси досягають цілей швидше та регулярніше. Людям у них вільніше дихається, легше відволіктися та звільнити голову від банальностей. Озеленення офісу може підвищити рівень креативності ваших співробітників на 15%. Для розвитку творчого потенціалу колективу вибирайте рослини неординарних форм чи забарвлень: бамбук, сукуленти, фіалки [1].

Догляд мінімальний: полив раз на тиждень (для сансев'єрії – раз на 2–3 тижні), непряме світло й періодичне протирання листя від пилу. У маленьких офісах потрібно розміщувати рослини на столи чи підвіконня, у великих — створювати зелені куточки чи стіни. Наприклад, у Київському ІТ-офісі поставили 10 горщиків із хлорофітумом – і за місяць працівники відзначили, що дихати стало легше.

Економічно це вигідно. Середній горщик із рослиною коштує 200–500 гривень, а ефект – довготривалий. Для порівняння: кондиціонер чи зволожувач обійдеться в тисячі, але не дасть психологічної користі. Уникайте надмірного поливу й темряви – це головні вороги офісної зелені.

Офісні рослини – це більше, ніж декор. Вони знижують стрес, очищують повітря, підвищують продуктивність і створюють атмосферу, у якій хочеться працювати. Наукові дані й приклади компаній доводять: зелений простір – це інвестиція в здоров'я й успіх команди. Один горщик може змінити настрій, а десяток – цілу корпоративну культуру. Офісні рослини не лише додають естетичної привабливості, а й формують екологічно свідоме робоче середовище. Вони сприяють зниженню рівня шуму, підвищують вологість повітря та навіть можуть зменшувати втому очей. Працівники, які працюють в офісах із зеленими зонами, рідше скаржаться на головний біль і втому, а також мають вищу мотивацію та концентрацію. Таким чином, інтеграція рослин у робочий простір – це не лише тренд, а стратегічний крок до підвищення добробуту та ефективності команди.

Не треба чекати великих бюджетів чи ремонтів. Почніть із малого: поставте сансев'єрію на стіл чи плющ на полицю. Результат з'явиться швидко – менше втоми, більше ідей, краща концентрація. У світі, де ми боремося з вигоранням і цифровим перевантаженням, рослини стають нашими союзниками. Додайте зелень у свій офіс – і нехай вона надихає вас щодня. Вони не лише очищують повітря, а й створюють затишок, допомагають знизити рівень стресу та зробити робочий простір більш гармонійним. Дослідження показують, що наявність рослин у приміщенні сприяє підвищенню продуктивності та покращенню настрою. Тож навіть маленький вазон може стати кроком до більш комфортного та натхненного робочого середовища.

Висновки. Включення зелених насаджень у робочий простір – це простий, але дієвий спосіб покращити умови праці, підвищити продуктивність і створити сприятливий мікроклімат в офісі. Рослини не лише прикрашають приміщення, а й сприяють покращенню самопочуття, зменшенню стресу та підвищенню ефективності співробітників. Зелений простір допомагає підтримувати баланс між техногенним середовищем і природою, що особливо важливо в умовах сучасних офісів. Крім того, догляд за рослинами сприяє формуванню відповідальності серед працівників і може стати своєрідним командоутворюючим елементом. Таким чином, інвестування в офісні рослини – це не просто питання естетики, а важливий крок до створення здорового та продуктивного робочого середовища.

Список використаної літератури

1. 7 аргументів на користь рослин у вашому офісі. URL: https://ukraflora.ua/urban_jungle/argumenty-v-polzu-rastenij-v-vashem-ofise/(дата звернення: 07.03.2025).
2. Як підібрати рослини для офісу: створення затишної та продуктивної робочої обстановки. URL: <https://ukraflora.ua/sovet/yak-pidibrati-roslini-dlya-ofisu-stvorenniya-zatishnoi-ta-produktivnoi-robochoi-obstanovki-272/>(дата звернення: 07.03.2025).
3. Bringslimark, T., Patil, G. G., & Hartig, T. The association between indoor plants, stress, productivity and sick leave in office workers. *Journal of Environmental Psychology*, 2010, 30(3), 267–275.
4. Shibata, S., & Suzuki, N. Effects of an indoor plant on creative task performance and mood. *Scandinavian Journal of Psychology*, 2019, 45(5), 373–381.
5. Wolverton, B.C., Johnson, A., & Bounds, K. *Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement*. NASA Technical Report. URL: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19930073077>(дата звернення: 07.03.2025).

Максим ЩЕКАЛЬОВ⁶⁵,
студент 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово- паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

КИТАЙСЬКІ ТА ЯПОНСЬКІ ТРАДИЦІЇ ІНТЕР'ЄРНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ

Анотація. Стаття присвячена аналізу традицій інтер'єрного озеленення в Китаї та Японії, як відображення багатовікових культурних, філософських і

⁶⁵Науковий керівник – Піддубна А. М., асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства.

духовних концепцій. Розглянуто ключові особливості китайського підходу, що ґрунтується на принципах фен-шуй, де рослини відіграють роль у гармонізації енергії «ці» та покращенні добробуту людини. Японська традиція, навпаки, спирається на естетику дзен-буддизму, мінімалізм і концепцію «вабі-сабі», підкреслюючи природність і сезонність рослин. У статті наведено порівняльний аналіз технік озеленення, таких як пен-дзин, бонсай, ікебана та кокедама, а також їхнє сучасне використання в інтер'єрному дизайні. Визначено спільні риси та відмінності між китайськими та японськими підходами, а також їхній вплив на глобальні тенденції екологічного дизайну.

Annotation. The article is devoted to the analysis of the traditions of interior landscaping in China and Japan as a reflection of centuries-old cultural, philosophical and spiritual concepts. The key features of the Chinese approach, based on the principles of Feng Shui, where plants play a role in harmonizing the energy of "qi" and improving human well-being, are considered. The Japanese tradition, on the contrary, relies on the aesthetics of Zen Buddhism, minimalism and the concept of "wabi-sabi", emphasizing the naturalness and seasonality of plants. The article provides a comparative analysis of landscaping techniques such as penn-jing, bonsai, Ikebana, and kokedama, as well as their modern use in interior design. The commonalities and differences between Chinese and Japanese approaches, as well as their impact on global trends in ecological design, are identified.

Вступ. Китайські та японські традиції інтер'єрного озеленення формувалися під впливом давніх філософських вчень, природних умов та естетичних уподобань цих народів. У цих культурах рослини відіграють не лише декоративну, а й символічну роль, сприяючи гармонії, рівновазі та духовному збагаченню людини. У Китаї традиція озеленення приміщень ґрунтується на принципах даосизму та феншуй, які підкреслюють важливість взаємодії людини з природою. Китайські сади та кімнатні композиції створюють атмосферу спокою, використовуючи бонсаї, бамбук, орхідеї та інші рослини, що символізують довголіття, процвітання і добробут. У Японії інтер'єрне озеленення відзначається мінімалізмом та витонченістю, що відображає філософію дзен-буддизму. Популярною практикою є розміщення рослин відповідно до ікебани – мистецтва аранжування, що акцентує увагу на формі, балансі та гармонії між простором і природою. Дослідження китайських та японських традицій інтер'єрного озеленення дозволяє глибше зрозуміти їхню естетичну та філософську основу, а також адаптувати ці принципи для створення затишних і гармонійних житлових або робочих просторів у сучасному світі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтер'єрне озеленення в Китаї та Японії є не просто декоративним елементом, а відображенням багатовікових культурних, філософських і духовних традицій. У Китаї ці традиції тісно пов'язані з фен-шуй, концепцією гармонії та балансу природних стихій, тоді як у Японії вони ґрунтуються на принципах дзен-буддизму, мінімалізму та естетики «вабі-сабі». Обидві культури розглядають рослини як засіб зв'язку людини з

природою, але роблять це по-різному, створюючи унікальні підходи до оформлення простору.

Китайська культура сприймає природу як джерело життєвої енергії «ці», яка, за даоськими уявленнями, пронизує все суще. У контексті інтер'єру це втілюється через фен-шуй – стародавнє мистецтво облаштування простору, що виникло понад 3000 років тому. Згідно з фен-шуй, рослини відіграють ключову роль у підтримці балансу п'яти елементів (дерево, вогонь, земля, метал, вода), які впливають на добробут людини. Наприклад, рослини, що належать до елемента «дерево», підсилюють енергію зростання, процвітання та здоров'я [2].

У китайських домах популярними є рослини з глибокою символікою. Бамбук, завдяки своїй міцності та здатності гнутися, але не ламатися, асоціюється зі стійкістю й довголіттям. Його часто розміщують у східній частині будинку, яка за фен-шуй відповідає за здоров'я та сім'ю. Орхідеї, відомі своєю витонченістю, символізують чистоту, елегантність і гармонію, а також вважаються талісманами для творчих особистостей. Цитрусові дерева, такі як мандарин чи апельсин, приносять удачу й багатство, тому їх часто ставлять біля входу або у вітальні під час святкування Китайського Нового року [4].

Особливе місце в китайському інтер'єрі займають мініатюрні сади «пень-дзин» (від кит. penjing – «пейзаж у горщику»). На відміну від японського бонсай, який зосереджений на одному дереві, пень-дзин створює цілі композиції, що імітують природні ландшафти: гори, річки, ліси. Ці сади з'явилися за династії Тан (618–907 рр.) і стали популярними серед аристократії. Вони складаються з невеликих дерев (наприклад, сосни чи ялівцю), каменів і моху, розміщених на декоративних підносах. Часто до композиції додають мініатюрні фігурки людей, мостів чи пагод, що підсилює відчуття «живого» пейзажу. Пень-дзин не лише прикрашає інтер'єр, але й слугує об'єктом медитації, допомагаючи власнику відчувати зв'язок із природою.

Вибір рослин у китайських інтер'єрах також залежить від їхньої форми та кольору. Наприклад, круглі листя (як у нефритового дерева) символізують достаток, адже нагадують монети. Водночас колючі рослини, такі як кактуси, уникають, оскільки вони, за фен-шуй, можуть «розсіювати» позитивну енергію або притягувати конфлікти. Горщики для рослин часто мають яскраві кольори – червоний, золотий чи зелений, що відповідають удачі, багатству та життю.

Японське інтер'єрне озеленення відображає філософію дзен-буддизму, яка цінує простоту, спокій і гармонію. Цей підхід сформувався в період Хейан (794–1185 рр.), коли японська еліта почала переймати китайські традиції, адаптуючи їх до власного світогляду. Згодом, у період Едо (1603–1868 рр.), ці ідеї розвинулися в унікальну естетику, що підкреслює недосконалість і природність – концепцію «вабі-сабі» [4].

Одним із найвідоміших елементів японського озеленення є бонсай – мистецтво вирощування мініатюрних дерев у горщиках. Бонсай, який з'явився в Японії під впливом китайського пень-дзин, став символом терпіння, дисципліни та єдності з природою. Популярними видами для бонсай є сосна (символ довголіття), клен (сезонність) і сакура (минущість краси). Догляд за бонсай

вимагає обрізки, формування крони та коренів, що відображає ідею контролю над хаосом природи. У японському інтер'єрі бонсай часто розміщують на низьких столиках або у спеціальних нішах, підкреслюючи його значення як центрального елемента [3].

Ще одна техніка – кокедама, або «мохова куля». Цей метод передбачає обгортання кореневої системи рослини сумішшю ґрунту й моху, що дозволяє підвішувати її в повітрі або ставити на підставку. Кокедама з'явилася як сучасна адаптація традиційних ідей і стала популярною в міських квартирах завдяки своїй компактності. Рослини для кокедама – це зазвичай папороті, плющ або невеликі квіти, які підкреслюють природну текстуру моху.

У традиційних японських оселях важливе місце займає «токонома» – ніша в стіні, призначена для розміщення декоративних елементів. У токономі часто ставлять ікебану – мистецтво аранжування квітів, яке виникло в VI столітті як буддистський ритуал. Ікебана базується на трьох основних лініях: «небо» (найвища гілка), «людина» (середня) і «земля» (найнижча), що символізують гармонію у Всесвіті. На відміну від пишних західних букетів, ікебана використовує мінімальну кількість рослин, акцентуючи увагу на просторі між ними. Наприклад, одна гілка сакури чи хризантеми може стати повноцінною композицією.

Рослини в японських інтер'єрах обирають за їхньою сезонністю: навесні – сакура, восени – клен, узимку – сосна. Горщики зазвичай прості, з натуральних матеріалів (глина, дерево), щоб не відволікати увагу від самої рослини. Цей підхід підкреслює ідею скромності й природної краси.

Незважаючи на спільне коріння (вплив Китаю на Японію в ранньому середньовіччі), китайські та японські традиції інтер'єрного озеленення мають суттєві відмінності. Китайський стиль більш декоративний і прагматичний: рослини обирають за їхньою здатністю притягувати удачу, багатство чи здоров'я. Наприклад, у Китаї популярні композиції з кількох рослин у яскравих горщиках, які створюють відчуття достатку.

Для наочності основні відмінності представлені в таблиці 1:

Таблиця 1. Порівняння китайських і японських традицій інтер'єрного озеленення

Критерій	Китайський стиль	Японський стиль
Філософська основа	Фен-шуй, даосизм	Дзен-будизм, «вабі-сабі»
Мета озеленення	Гармонія енергії «ці» залучення удачі	Споглядання, єдність із природою
Популярні рослини	Бамбук, орхідеї цитрусові дерева	Сосна, клен, сакура
Техніки	Пень-дзин (композиція з кількох елементів)	Бонсай (одне дерево), ікебана, кокедама
Декоративність	Яскраві горщики (червоний, золотий)	Нейтральні горщики (дерево, глина)
Розташування	Залежить від зон фен-шуй (схід, південь тощо)	Токонома або вільний простір
Символізм	Багатство, процвітання, здоров'я	Минущість, простота, сезонність

Ще одна відмінність – у підході до простору. Китайське озеленення часто інтегрується в інтер'єр як частина загальної системи фен-шуй, де важливе розташування (наприклад, східна зона для здоров'я). У Японії ж рослини стають частиною естетичного досвіду, де важливі пропорції, асиметрія та порожнеча. Наприклад, у токономі ніколи не розміщують більше одного предмета одночасно, щоб уникнути перевантаження.

Символіка також різниться: у Китаї півонії означають багатство й славу, а в Японії вони можуть асоціюватися з минущою красою. Водночас обидві культури цінують бамбук за його гнучкість і стійкість, хоча в Японії його частіше використовують у чистому вигляді, без додаткових прикрас.

Сьогодні китайські та японські традиції інтер'єрного озеленення набули популярності далеко за межами Азії. Фен-шуй став основою для багатьох західних дизайнерів, які використовують рослини для створення «енергетично правильних» просторів. Наприклад, у офісах часто розміщують нефритові дерева чи бамбук для залучення успіху. Пень-дзин і бонсай адаптувалися до міських умов: їх вирощують у квартирах, додаючи до композицій сучасні елементи, як-от скляні підставки чи LED-підсвітка [1].

Японський мінімалізм вплинув на скандинавський стиль дизайну, де простота й натуральні матеріали поєднуються з кокедама чи ікебаною. У мегаполісах популярними стали «дзен-куточки» – невеликі зони з каменями, мохом і однією рослиною, які допомагають розслабитися. Вертикальні сади, натхненні азійськими традиціями, також використовують для озеленення стін у сучасних будинках. Таке поєднання сприяє створенню гармонійного простору, що поєднує естетику та функціональність. Крім того, японський принцип «ма» (простір між об'єктами) підкреслює значення вільного простору, роблячи інтер'єри більш повітряними й легкими. Використання світлих відтінків, природного освітлення та мінімуму декору додає відчуття спокою, що особливо цінується у сучасних швидкоплинних міських умовах.

Сучасний інтер'єрний дизайн активно використовує елементи східного озеленення. Китайські традиції впливають на створення просторих, гармонійно організованих приміщень із великою кількістю зелені, тоді як японські підходи знаходять вираження в мінімалістичному озелененні, використанні натуральних матеріалів і створенні балансованого простору. Популярності набувають принципи фен-шуй, які сприяють правильному розташуванню рослин для залучення позитивної енергії, а також концепція «вабі-сабі», що підкреслює красу природної недосконалості й гармонію з навколишнім середовищем. Використання бамбуку, бонсай, каменів і водних елементів допомагає створити атмосферу спокою та єднання з природою [3].

У сучасних інтер'єрах часто застосовуються:

- 1) вертикальне озеленення у стилі японських садів;
- 2) композиції з бонсай та ікебани для створення акцентів;
- 3) принципи феншуй при розташуванні рослин;

4) екологічний дизайн із використанням натуральних матеріалів і живих рослин.

Таким чином, китайські та японські традиції інтер'єрного озеленення не тільки зберегли свою актуальність, але й знайшли нові форми в сучасному інтер'єрному дизайні, надаючи простору гармонії, краси та балансу.

Висновки. Китайські та японські традиції інтер'єрного озеленення базуються на глибоких філософських засадах і прагненні до гармонії з природою. Вони вчать нас цінувати природну красу, створювати затишний та збалансований простір, що сприяє душевному спокою та гармонії. Завдяки своїй гнучкості та естетичній привабливості ці традиції залишаються актуальними й у сучасному світі, надихаючи дизайнерів та любителів природи інтегрувати їх у сучасний житловий і робочий простір. Озеленення приміщень за китайськими та японськими традиціями не тільки покращує естетику простору, а й позитивно впливає на психологічний стан людини. Воно сприяє релаксації, концентрації уваги та загальному покращенню самопочуття.

Список використаної літератури

1. Стиль орієнталізм в інтер'єрі. URL: <https://iws.ua/news/yaponiya-traditsii-i-revne-stavlennya-do-chistoti-ta-gigi-ni/> (дата звернення: 08.03.2025).

2. Японія. Традиції і ревно ставлення до чистоти та гігієни. URL: <https://iws.ua/news/yaponiya-traditsii-i-revne-stavlennya-do-chistoti-ta-gigi-ni/> (дата звернення: 08.03.2025).

3. Японські квіти: символіка, традиції та витончена краса. URL: <https://www.martaflowers.kiev.ua/news/japonski-kviti-simvolika--tradicii-ta-vitoncena-mBOoqGyNI6BOUWBwRcFyknpPIB9sF6vGplo5tC0M5zYXIrzRpxN1J> (дата звернення: 08.03.2025).

4. Wang, Mei. *The History of Penjing: Chinese Miniature Gardens*. Shanghai: East Press, 2017.

Єлизавета СІКОРСЬКА⁶⁶,

студентка 2-го курсу

факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

АНАЛІЗ ТИПОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ М. ВІННИЦІ

Анотація. *Типи лісових насаджень у Вінниці визначаються кліматичними умовами, ґрунтовим складом і видовою структурою. Місто розташоване на Подільському плато, має помірно-континентальний клімат із вологими літами*

⁶⁶Науковий керівник – Разанова А.М., доктор філософії з екології, старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства.

та м'якими зимами. Листяні ліси, зокрема дубові, грабові та ясеневі насадження, домінують у зелених зонах, тоді як хвойні (сосна, ялина, модрина) займають меншу площу. Лісопарки та ботанічний сад містять різноманітні види дерев, виконуючи екологічну та рекреаційну функції. Дослідження показало, що більшість насаджень мають штучне походження, а їх вікова структура нерівномірна, з переважанням зрілих і перестійних дерев.

Ключові слова: тип лісу, дерева, насадження, Вінниця, вид, листяні, хвойні, мішані.

Annotation. The types of forest plantations in Vinnytsia are determined by climatic conditions, soil composition and species structure. The city is located on the Podillia plateau and has a temperate continental climate with humid summers and mild winters. Deciduous forests, including oak, hornbeam, and ash plantations, dominate the green areas, while conifers (pine, spruce, and larch) occupy a smaller area. Forest parks and botanical gardens contain a variety of tree species, performing ecological and recreational functions. The study showed that most of the plantations are of artificial origin, and their age structure is uneven, with a predominance of mature and overgrown trees.

Key words: forest type, trees, plantations, Vinnitsa, species, deciduous, coniferous, mixed.

Вступ. Тип лісових насаджень – це характеристика лісу, що визначається засукупністю певних ознак, до них відносять кліматичні умови, ґрунтовий склад, вологість, висотне положення, видовий склад деревної рослинності та їх функціональне призначення. Основна мета та завдання статті це визначити типи лісових насаджень зеленої зони міста Вінниця та їх переважаючи види дерев.

Виклад основного матеріалу. Місто Вінниця розташоване в центральній частині України, на Подільському плато, яке є частиною більшого Придніпровського височинного регіону. Знаходиться на схилах долини річки Південний Буг. На околицях міста розташовані кілька водойм, що використовуються для рекреації, зрошення і рибальства: Сабарівське водосховище, Вишенське озеро та невеликі штучні ставки [3].

Клімат у Вінниці помірно-континентальний, зими тут досить м'які, а літо спекотне. Оподи випадають рівномірно протягом року, але влітку бувають сильні дощі, що чергуються із сухими періодами. Вегетаційний період триває близько 200 днів, і це створює гарні умови для росту дерев [3, 1].

Такі кліматичні умови сприяють розвитку листяних лісів, які переважають у Вінниці та її околицях. Тут можна зустріти дуб, граб, липу, березу, клен. Лісові екосистеми добре адаптовані до місцевого клімату, хоча літні посухи чи часті зимові відлиги іноді створюють проблеми. Наприклад, у посушливі періоди молоді дерева можуть страждати від нестачі вологи, а різкі перепади температур взимку та на весні шкодять кореням, стовбурам і гілкам дерев [3, 1].

Ґрунтовий покрив Вінниці переважно представлений чорноземами та сірими лісовими ґрунтами. Чорноземи характеризуються високою родючістю,

що сприяє росту різноманітних рослин, у тому числі лісової рослинності. Сірі лісові ґрунти менш родючі, але добре підходять для вирощування дерев, таких як дуб, граб чи береза [7].

Типи лісів за складом дерев обумовлюється рослинністю яка формує лісовий покрив. Основним критерієм є переважання певного типу дерев: хвойних, листяних або поєднання цих двох груп.

- Хвойні ліси – це дерева, зазвичай із голчастим листям, таких як сосна, ялина, ялиця, модрина та кедр.

- Листяні ліси формуються деревами з широким листям, такими як дуб, граб, бук, береза, липа та клен. Ці ліси найчастіше спостерігається в регіонах із помірним кліматом, де є чітко виражені сезони року.

- Мішані ліси поєднують у своєму складі хвойні та листяні породи дерев. Вони зустрічаються в помірних широтах і часто слугують перехідною зоною між чисто хвойними та листяними лісами.

- Твердолистяні породи дерев – це види дерев із міцною деревиною, які зазвичай належать до широколистяних порід. Вони мають високу щільність деревини, довговічність і часто використовуються у будівництві, меблевому виробництві та декоративних цілях.



Рис. 1. План зонування м. Вінниці

Джерело: <https://vajr.info/2016/10/26/kopiya-novogo-planu-zonuvannya-vinnitsi-u-vilnomu-dostupi/> [4].

Проаналізувавши карту можна зробити висновок, що до територій міста Вінниця належать зелені зони такі як: лісозахисні насадження поблизу річки Південний Буг, наприклад поблизу Сабарівської ГЕС вниз за течією вздовж берегів зростає значна кількість вільхи сірої та верби вавилонської (1).

Приміські ліси на околицях міста, що використовуються як місця для відпочинку у напрямку до Стрижавки (2) та Сабарова (3) і поблизу Вінницьких Хуторів (4), росте сосна, ялина, граб, липа, дуб та інші.

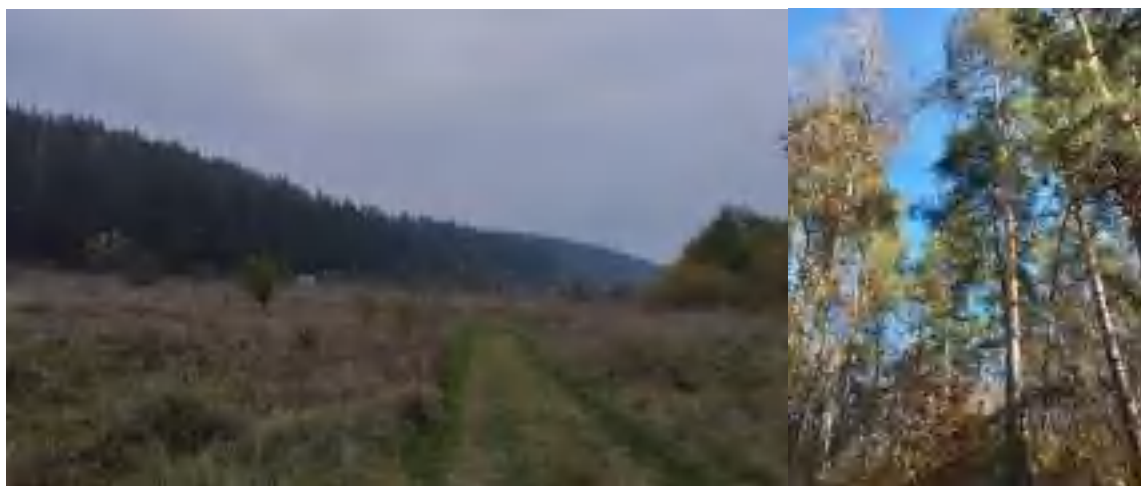


Рис. 1. Фото лісового насадження поблизу Сабарівської ГЕС

Лісопаркові зони поблизу вул. Гонти які включають дубові насадження та змішані ліси і створюють природне середовище для відпочинку (5). Ділянки на околицях мікрорайонів Академічний (6) і Тяжлів(7), також виконують важливу рекреаційну функцію.

Лісопарк головний вхід якого знаходиться напроти проспекту Космонавтів, займає площу приблизно 7 гектарів і складається з двох лісових масивів, розділених між собою автомобільною трасою. Переважають листяні насадження з грабів, дубів, лип, кленів, берез та ялин, за озером Гуральня в сторону об'їзного шосе зростають штучно висаджені сосни на окремих ділянках, а біля озера Соцького навіть росте модрина. Багатий чагарниковий покрив, велика кількість підросту в деяких районах можна побачити пліощ а на весні великі площі вкриті пролісками і підсніжками.(8) [5].



Рис. 2. Лісопарк, насадження Грабу звичайного (*Carpinus betulus*) і фото Проліска двулистого (*Scilla nivalis*).

Вінницький ботанічний сад Поділля (парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва), загальною площею приблизно 70 га частина якого знаходиться за Вишенським озером. На території зростають різні види такі як дуб, ясен, граб, клен, каштан, липа, горіх, береза, ліщина, бук, бобові (акація біла, рожева, жовта та сфора японська), хвойні (ялівець, кипарисовик, туя, модрина європейська, ялина, ялиця, сосна звичайна, сосна Веймутова, Псевдотсуга Мензіса), глід, бузок, барбарис, горобина, спірея, і т.д. (9) [6].

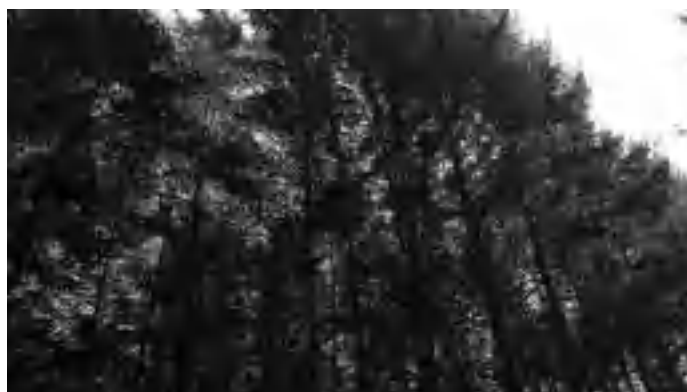


Рис. 3. Ботанічний сад, насадження Псевдотсуги Мензіса (*Pseudotsuga menziesii*)

Таблиця 1. Види дерев у різних типах лісових насаджень

Території міста	Листяні		Хвойні
	Твердолистяні породи	М'яколистяні породи	
Лісопарк	Дуб, граб, клен, ясен	Липа, верба, береза, осика	Сосна, ялина, модрина
Вінницький ботанічний сад	Дуб, ліщина, бук, ясен, граб, акація біла, акація рожева, акація жовта, сфора японська, клен, каштан кінський, горіх, глід, бузок, барбарис, горобина, спірея	Береза, липа, верба, осика	Ялівець, кипарисовик, туя, модрина європейська, ялина, ялиця, сосна звичайна, сосна Веймутова, Псевдотсуга Мензіса
Лісопаркові зони поблизу вул. Гонти	Граб, дуб, клен, ясен	Липа, береза	Сосна, ялина
Лісопаркові ділянки на околицях мікрорайону Академічний.	Дуб, клен, граб, акація	Липа, береза, верба	Ялина, сосна
Лісопаркові ділянки на околицях мікрорайону Тяжилів.	Дуб, граб, ясен, клен	Липа, осика, береза	Сосна, ялина

Ділянки змішаних лісів Сабарова	Граб, дуб, акація, ясен, клен, вільха сіра	Береза, липа	Сосна, ялина
Приміські ліси поблизу Стрижавки	Граб, дуб, ясен, клен	Липа, береза, верба, осика	Ялина, сосна
Ліси поблизу Вінницьких Хуторів	Граб, дуб, клен, ясен	Липа, верба, береза	Сосна, ялина

За даними отриманими з таблиці можна зробити висновок, що в зелених зонах міста Вінниці переважають листяні насадження з твердолистяними породами, які займають більшу частину площі. Зростають дубові насадження, грабові та ясеневі, зустрічаються клен, акація тощо.

Переважаючі лісові породи хвойних це сосна звичайна, ялина європейська і модрина.

Із твердолистяних переважають дуб високостовбурний і низькостовбурний, граб, клен, ясен, акація. М'яколистяні деревні породи що панують це липа, береза, осика та вільха.

Переважаючим типом лісорослинних умов є діброви, представлені грабовими дібровами, які зростають на сірих лісових ґрунтах і на опідзолених чорноземах [2].

Під час дослідження були проведені як польові спостереження, так і аналіз наявних літературних джерел та карт. Я особисто відвідала різні зелені зони міста Вінниці, де вивчала лісові насадження, звертаючи увагу на види дерев, їх вікову структуру та умови зростання. Під час своїх спостережень були записані деталі, які допомогли краще зрозуміти типи лісів, їх розподіл і стан. Крім того, використовувалися наукові публікації та карти, щоб порівняти отримані дані з наявною інформацією.

Розподіл за віковими категоріями та походженням свідчить, що значна частина насаджень є штучного походження, створеними внаслідок людської діяльності. Природні насадження, які формуються без прямого втручання людини, складають лише незначну частину загальної площі. Ліси поблизу міста та зелені зони мають нерівномірний розподіл за віковими категоріями. Найбільшу частку займають зрілі та перестійні насадження, тоді як молоді становлять значно менший відсоток, через що багато де можна побачити старі повалені дерева з розвинутим гниттям серцевини стовбура.

Висновки. На основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що зелені зони Вінниці в основному складаються з листяних насаджень з домінуванням твердолистяних порід, таких як дуб, граб, клен і ясен, серед них найчастіше спостерігається саме граб. Ці породи займають значну частину площі. Водночас хвойні породи, зокрема сосна звичайна, ялина європейська та модрина, також присутні, але їх частка є меншою. Типи лісів в регіоні переважають діброви, частіше грабові, що зростають на сірих лісових ґрунтах та опідзолених чорноземах. Більша частина лісових насаджень має штучне

походження. Також варто відзначити, що спостерігається нерівномірний розподіл за віковими категоріями, з переважанням зрілих та перестійних насаджень, що може бути наслідком історичних лісогосподарських практик.

Список використаної літератури

1. Денисик Г. Природа Вінниччини. Вінниця: ТОВ «Консоль», 2008. 136 с.
2. Екологічний паспорт Вінницької області 2023 URL: https://www.vin.gov.ua/images/UPRTER/oholoshennia/2023_%20Vinnitska_08.12.2023_F.pdf?utm_source=chatgpt.com
3. Еколого-географічна характеристика Вінницької області: веб-сайт. URL: http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/267-ref22041101?utm_source=chatgpt.com
4. Копія нового плану зонування Вінниці – у вільному доступі: веб-сайт. URL: <https://vajr.info/2016/10/26/kopiya-novogo-planu-zonuvannya-vinnitsi-u-vilnomu-dostupi/>
5. Лісопарк Вінниця: веб-сайт. URL: https://ua.igotoworld.com/ua/poi_object/75501_lesopark-v-vinnice.htm
6. Стаття Ботанічний сад «Поділля» : веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%B0%D0%B4_%C2%AB%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F%C2%BB
7. Цицюра Я.Г., Броннікова Л.Ф., Пелех Л.В. Ґрунтовий покрив Вінниччини: генезис, склад, властивості та напрями ефективного використання: монографія. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 452 с.

Христина ПЕТЛІНСЬКА⁶⁷,
студентка 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

КІМНАТНІ РОСЛИНИ, ЯКІ ОЧИЩУЮТЬ ПОВІТРЯ: ПРИРОДНІ ФІЛЬТРИ У ВАШОМУ ДОМІ

***Анотація.** Стаття присвячена кімнатним рослинам, які здатні очищати повітря в приміщеннях, поглинаючи токсини, пил та шкідливі хімічні сполуки. Описано найпоширеніші рослини, як-от сансев'єрія (Sansevieria), алое вера (Aloe Vera), хлорофітум (Chlorophytum), спатіфілум (Spathiphyllum), що виконують роль природних фільтрів. Крім того, розглядається догляд за ними, щоб забезпечити максимальний ефект очищення повітря. Використання таких*

⁶⁷Науковий керівник – доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства Антоніна Піддубна

рослин сприяє не лише покращенню якості повітря, але й створює приємну атмосферу в домі, знижуючи стрес і покращуючи загальне самопочуття.

Ключові слова: кімнатні рослини, очищення повітря, природні фільтри, токсини, хлорофітум, сансевієрія, алоевера, спатіфілум.

Annotation. The article is devoted to indoor plants that are able to purify indoor air by absorbing toxins, dust and harmful chemical compounds. The most common plants have been described, such as Sansevieria, Aloe Vera, Chlorophytum, Spathiphyllum, which act as natural filters. In addition, care for them is considered to ensure the maximum effect of air purification. The use of such plants not only helps to improve air quality, but also creates a pleasant atmosphere in the house, reducing stress and improving overall well-being.

Keywords: indoor plants, air purification, natural filters, toxins, chlorophytum, sansevieria, aloe vera, spathiphyllum.

Вступ. У сучасному світі проблема якості повітря в домівках стає все більш важливою. Щодня ми зіштовхуємося з різними забруднювачами, які можуть погіршити наше здоров'я. Хоча повністю уникнути цих забруднень неможливо, кілька кімнатних рослин можуть допомогти очистити повітря.

Вивчення впливу рослин на якість повітря стало темою численних досліджень. Одне з найвідоміших – дослідження NASA, яке показало, що деякі рослини здатні поглинати токсичні речовини, такі як формальдегід, бензол і трихлоретилен. Ці хімічні сполуки часто присутні в наших оселях, і ці рослини можуть суттєво покращити екологічну ситуацію в приміщеннях.

У цьому контексті важливо враховувати не лише декоративну роль рослин, а й їхні корисні властивості для навколишнього середовища.

Виклад основного матеріалу. Насамперед, важливо зрозуміти, чому кімнатні рослини є необхідними для покращення якості повітря. Рівень забруднення в приміщеннях може бути в 4-5 разів вищим, ніж на вулиці, що є серйозною загрозою для здоров'я. Кімнатні рослини не лише очищують повітря, але й створюють затишну атмосферу, підвищують вологість, що позитивно впливає на дихальні процеси [1].

Кімнатні рослини виділяють кисень і одночасно поглинають вуглекислий газ, що покращує мікроклімат приміщення. Багато з них також виділяють фітонциди з антимікробними властивостями, які допомагають не лише очищати повітря, а й знижують ризик алергій та респіраторних захворювань. Однак не всі кімнатні рослини однаково ефективні в очищенні повітря. Кожна рослина має свої особливості та потреби в догляді. Тому важливо обирати ті рослини, які найкраще підходять до умов вашого дому.

Для того, щоб правильно вибрати рослини, необхідно вивчити їхні характеристики: розмір, вимоги до освітлення та вологості, а також спосіб очищення повітря.

Алое вера (*Aloe Vera*) – це не лише корисна рослина для очищення повітря, але й чудовий елемент декору для дому, який приносить численні переваги для

здоров'я та атмосфери. Окрім здатності поглинати токсини, такі як формальдегід і бензол, та покращувати рівень кисню в приміщенні, алое також сприяє нормалізації вологості, що є важливим для збереження здоров'я дихальних шляхів. Крім того, ця рослина має заспокійливий ефект, знижуючи рівень стресу та створюючи затишну атмосферу в домі. Крім того, алое вера додає естетичної привабливості будь-якому інтер'єру завдяки своєму свіжому вигляду та яскраво-зеленим листям (рис 1.).

Що стосується догляду за цією рослиною, алое вера є надзвичайно невибагливою. Воно не потребує частого поливу, оскільки є сукулентом і здатне накопичувати воду в своїх листках. Поливати алое варто лише тоді, коли верхній шар ґрунту в горщику висихає.



Рис. 1. Алое вера (*Aloe Vera*)

Важливо не перестаратися з поливом, оскільки надмірна волога може призвести до загнивання коренів. Алое вера любить сонячне світло, тому найкраще розміщувати її на підвіконні або в іншому місці з прямим сонячним світлом. Однак рослина також може адаптуватися до менш освітлених умов, але в таких випадках її ріст може бути менш інтенсивним. Вона не потребує особливих вимог до температури, але найкраще почувається при помірних умовах, не нижче 15-16°C. Під час росту можна підживлювати рослину легкими добривами, однак надмірне удобрення може негативно вплинути на її розвиток. Сансев'єрія (*Sansevieria*) – це одна з найстійкіших кімнатних рослин, яка здатна виживати в різноманітних умовах (рис 2.). Вона відома своєю здатністю очищати повітря, поглинаючи токсини, такі як формальдегід і ксилол, які часто зустрічаються в будівельних матеріалах, меблях і побутових засобах [2]. Окрім того, сансев'єрія продовжує виробляти кисень навіть уночі, що робить її ідеальним варіантом для спальень, де важливо забезпечити постійний приплив кисню для комфортного сну або роботи.

Ця рослина не вимагає великої уваги у догляді, що робить її чудовим вибором для людей, які не мають багато часу для регулярного поливу. Сансев'єрія може рости в умовах низького освітлення і не потребує частого поливу, оскільки є сукулентною рослиною, що добре зберігає вологу. Вона також

може витримувати зміни температури і не боїться сухого повітря, що робить її універсальною рослиною для різних приміщень.



Рис. 2. Сансевієрія (*Sansevieria*)

Хлорофітум (*Chlorophytum*) займає одну з найвищих позицій серед рослин, що ефективно очищають повітря (рис 3.). Ця рослина здатна поглинати до 95% формальдегіду та інших токсичних забруднювачів, таких як бензол і ксилол, що робить її потужним природним фільтром для вашого дому. Вона активно очищує повітря, покращуючи його якість і забезпечуючи здоровіші умови для життя. Окрім своїх властивостей очищення, хлорофітум є невибагливим у догляді. Він добре росте при різних рівнях освітлення, хоча найкраще почувається в умовах яскравого, але розсіяного світла. Рослина може прижитися в будь-яких умовах і не потребує складного догляду – достатньо поливати її помірно, не даючи воді застоюватися в горщику [3]. Хлорофітум дуже швидко адаптується до змін, що робить його чудовим вибором для будь-якого приміщення.



Рис. 3. Хлорофітум (*Chlorophytum*)

Спатифілум (*Spathiphyllum*), відомий також як «жіноче щастя», є не тільки чудовим природним фільтром повітря, але й корисною рослиною для створення здорової атмосфери в домі. Він ефективно очищує повітря, поглинаючи токсичні речовини, такі як аміак, формальдегід та бензол, що робить його відмінним вибором для покращення якості повітря в приміщеннях. Окрім очищення, спатифілум допомагає підвищити вологість у кімнаті, що особливо корисно в

зимовий період, коли опалення може висушувати повітря [4]. Квітки спатифілума мають не лише естетичну привабливість, а й позитивно впливають на настрій, допомагаючи знижувати рівень стресу та покращувати емоційний стан (рис 4.). Їхня краса та витонченість можуть також підвищити продуктивність, створюючи гармонійну та приємну атмосферу в домі або офісі.



Рис. 4. Спатифілум (*Spathiphyllum*)

Спатифілум є ідеальним варіантом для початківців, оскільки не вимагає складного догляду. Він добре себе почуває в умовах розсіяного світла та потребує помірного поливу [5]. Це рослина, яка може адаптуватися до різних умов, тому навіть якщо ви не маєте досвіду в догляді за рослинами, спатифілум буде чудовим вибором для дому.

Висновки. Кімнатні рослини є не лише декоративними елементами, а й потужними природними фільтрами для очищення повітря. Правильний вибір рослин може значно покращити якість повітря у домі, позитивно впливати на здоров'я та створювати затишну атмосферу. Виконання простих рекомендацій щодо вибору, догляду та розташування рослин допоможе забезпечити їм комфортні умови для росту та ефективно виконувати їхні корисні функції.

Список використаної літератури

1. Білоус В.І. Декоративне садівництво (основи квітництва, дендрології та озеленення): Підручник. Умань, 2015.
2. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць: підручник. Львів: Світ, 2005. 456 с.
3. Прокопчук В.М., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Особливості підбору декоративних культур закритого середовища для проектування фітомодуля в умовах інтер'єру. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. 12. С. 142- 153.
4. Слепцов Ю.В., Якубенко Б.Є. Богданова В.Д. Квітникарство закритого ґрунту. Навчальний посібник. Вінниця: ТОВ «Ніланд – ЛТД», 2014. 82с.
5. «СонцеСад» електронний журнал: URL: <https://soncesad.com/> (дата звернення: 06.03.24)

ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЗНАК СОЇ ТА ЇЇ ПОТЕНЦІАЛ

Анотація. У статті проаналізовано генетичні процеси успадкування багатьох ознак сої: швидкість росту, пристосування до навколишнього середовища, колір та розмір насіння та інші. Описано сучасні генетичні технології, які дозволяють точно ідентифікувати та модифікувати гени, що відповідають за важливі ознаки сої. Генна інженерія відкриває можливості для створення сортів, стійких до шкідників та хвороб. Проаналізовано роль генетичних механізмів у регуляції фотосинтезу, дихання та водного обміну, які впливають на адаптивні можливості цієї культури. Особливу увагу приділено генетичному контролю ефективності фіксації азоту як ключовому фактору покращення живлення рослин і підвищення врожайності. Наведено сучасні уявлення про взаємодію генів, а також перспективи використання генетичних ресурсів для створення високопродуктивних і стресостійких рослин. Отримані результати мають практичне значення, сприяючи розробці ефективних технологій вирощування сої в умовах змінного клімату.

Ключові слова: соя, ген, алель, генетичний контроль, стійкість до хвороб, успадкування, продуктивність, азотфіксація.

Annotation. The article analyzes the genetic processes of inheritance of many soybean traits: growth rate, adaptation to the environment, seed color and size, and others. Modern genetic technologies are described that allow for the precise identification and modification of genes responsible for important traits in soybean. Genetic engineering opens up opportunities for the creation of varieties resistant to pests and diseases. The role of genetic mechanisms in the regulation of photosynthesis, respiration, and water metabolism, which affect the adaptive capabilities of this crop, is analyzed. Particular attention is paid to the genetic control of nitrogen fixation efficiency as a key factor in improving plant nutrition and increasing yield. Modern ideas about gene interaction are presented, as well as the prospects for using genetic resources to create highly productive and stress-resistant plants. The results obtained have practical significance, contributing to the development of effective technologies for growing soybeans in a changing climate.

Keywords: soybean, gene, allele, genetic control, disease resistance, inheritance, productivity, nitrogen fixation.

⁶⁸Науковий керівник – Аралова Т. С., канд. с.-г. н. ст. викладач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

Вступ. Соя – одна з найбільш генетично вивчених культур. Наразі відомо 160 генів, які відповідають за понад 60 ознак. Відомо, що гени визначають морфологічні ознаки (колір різних частин і органів рослини, наявність або відсутність пігментації, характер і колір опушення, характер росту стебла і морфологію листя). Мета дослідження має за основу вивчення генетичного контролю сої та методи її покращення нормального розвитку рослин [1].

Виклад основного матеріалу. Найвідомішими генами, що визначають якісні ознаки, є тривалість вегетаційного періоду (чутливість до фотоперіоду), стійкість до різних хвороб і багатьох абіотичних факторів, а також здатність до симбіотичної азотфіксації.

Морфологічні ознаки сої та гени, що їх контролюють (табл. 1).

Стебло. Характер росту стебла дуже важливий, оскільки він визначає технологічність сорту і певною мірою впливає на його придатність до механізованого збирання та стійкість до вилягання.

Існує три типи росту стебла сої:

1) індетермінантний (необмежений), що продовжується після цвітіння, характерний для дикорослих рослин сої та старих гібридів. Ця ознака контролюється домінантним геном Dtl;

2) проміжний тип, характерний для багатьох селекційних сортів, також контролюється домінантним геном Dt2.

3) при обмеженому типі ріст стебла припиняється під час цвітіння, а на верхівці формуються добре розвинені квіткові грона; сорти з геном dtl дають більше бобів на бічних гілках, ніж сорти з адвентивним типом, і мають більшу вагу насіння.

Більшість останніх селекціонерів мають ген dtl. Високорослість часто асоціюється з пізньостиглістю. Пізньостиглі прямостоячі типи досягають висоти 150 см, в той час як виткі та сланкі типи досягають 250 см і більше. Високорослість визначається геном S, рецесивний s алель, який відповідає за низькорослість, компактність, відносно ранньостиглість рослин. Алель s присутній у всіх сучасних ранньостиглих сортів, висота трави яких не перевищує 70-80 см. Смугастість стебла визначається геном f, а його вкорочення є результатом дії рецесивного алеля dfl-df4 [2].

Квіти. Дикі та малокультурні сорти сої мають фіолетові квіти, тоді як поліпшені сорти - фіолетові та білі. Фіолетовий колір квітів обумовлений наявністю антоціанів. Домінантний ген W1 має багатогранний ефект: антоціанове забарвлення також зустрічається в інших частинах рослини, таких як підсім'ядольні коліна, черешки листя і стебла та стулки бобів. Рецесивний алель w контролює білий колір квіток: сорти з генотипом W3W4 мають темно-фіолетові пелюстки віночка, тоді як W3w4 - світло-фіолетові. Рецесивна мутація відповідає за малиново-червоний (фуксиновий) колір віночка.

Листя. Листки сої складні, листкова пластинка складається з трьох лопатей. У більшості ознак середній листок має еліптичну форму, що визначається алелем Ln. Ця ознака пов'язана з ознакою «тризернянка».

Рецесивний алель *ln* асоціюється з багатозернистістю (боби з 3-4 насінинами); існують ознаки з 5-7 листками, кожна з яких визначається геном *Lf1* та *lf2*; комбінація генів *f* і *ir* призводить до дуже великої кількості (9-14) листочків на листку; алель *Ln* асоціюється з ознакою «3-насінніві боби». Поверхня листка зазвичай гладенька, але відомі форми з хвилястою або зморшкуватою листовою пластинкою. Домінантний ген *Lw2* визначає гладкість поверхні листка, тоді як рецесивні алелі *lw1* та *lw2* визначають альтернативний прояв ознаки, тобто хвилясту поверхню. Рецесивний алель *lnr* контролює тонке, зморшкувате листя. Генетична характеристика скрученого листя ще не встановлена. Домінантний ген *AB2* важливий для кормових порід. Сорти, що несуть цей ген, не скидають листя при дозріванні. Ця затримка дефоліації зменшує зменшення маси рослин. Дефоліація при дозріванні контролюється рецесивним алелем *ab2*. Глянцева поверхня листка обумовлена доміантним алелем *We*, тоді як матова поверхня - рецесивним алелем *we* [3].

Опушення рослин. Дикорослі та малопоширені сорти сої мають темні м'які волоски. Рецесивний алель *t2* домінує в світло-коричневому опушенні. Наявність або відсутність опушення контролюється алельними парами генів *P1/p1*. Домінантні гени *Pd* і *Pd2* формують густе опушення для захисту рослини від шкідників, таких як попелиця. Рецесивний алель *pc* контролює ступінь закручування лобкового волосся. Характеристики лобкового волосся використовуються як морфологічні маркери при гібридизації.

Біб. Домінантний ген *L* контролює темно-коричневий або майже чорний колір бобів, тоді як рецесивний алель визначає блідо-солом'яно-жовтий колір. Коричневий колір бобів контролюється доміантним геном *L2*, а світло-коричневий - рецесивним геном *l2* [4].

Насіння. Рецесивне насіння сої розрізняється за основним і додатковим кольором насіннєвої оболонки (епідермісу), формою пігментації і кольором рубчика. Колір насіннєвої оболонки та рубчика соєвих бобів має важливе значення. Як правило, харчова промисловість віддає перевагу насінню з непігментованою, яскравою зовнішньою шкіркою (рис 1).



Рис. 1. Здорове насіння сої зі світлою оболонкою

Домінантні гени D або D2 контролюють жовтий колір зародка і сім'ядолі. Рецесивний алель d1-d2 визначає зелений колір зародка і сім'ядолей. Комплементарний ген G1-G2, що перекривається, також контролює зелений колір насінневої оболонки, тоді як рецесивний алель дає жовтий колір. Темне насіння є характерною ознакою кормових порід. Тому генетичні знання цих ознак відіграють важливу роль у селекції. Коричневий колір насінневої оболонки визначається домінантним геном O, тоді як рецесивний ген дає червонувато-коричневий колір. Чорний колір насінневої оболонки визначається геном R, а коричневий - його рецесивним алелем r. Алель gm спричиняє чорні, коричневі або коричнево-чорні смуги на насінній оболонці, а ген go- червоно-коричневий. Ген I контролює пігментацію насінневої оболонки та рубчика. У випадку домінантних генів він визначає, що насіння оболонка не має темної межі, тоді як у випадку рецесивних генів він визначає, що насіння оболонка має темну межу. Комплементарна дія домінантного гена визначає блідий колір насінневої оболонки і маточки, а рецесивний алель l2 має подібний ефект. Домінантний ген lm визначає однорідність кольору насінневої оболонки та відсутність пігментації насінневої оболонки. Наявність цього гена не викликає пігментації насінневої оболонки при інфікуванні вірусом. Серія рецесивних алелів k-k3 спричиняє чорний колір насінневої оболонки та пігментацію поблизу неї. Комплементарний ген B1B2B3 визначає матову поверхню насінневої оболонки зі слабкими м'якими волосками; ген C1C2 викликає розтріскування насінневої оболонки, що є небажаною ознакою для сучасних сортів, тому рекомендується використовувати ці та інші вище згадані ознаки насіння, які не мають бути серед сортів сьогодення. Наявність рецесивного алеля n перешкоджає відділенню насіння від тканини бобів.

Особливості розвитку сої:

Тривалість періоду вегетації. Генетика цієї ознаки дуже складна, тому що тривалість періоду вегетації значною мірою залежить від умов, у яких знаходиться сорт. Соя - культура короткого дня (рис 2). В умовах довгого дня вона пізно зацвітає, затягуючи вегетаційний період. Відомо більше 8 генів, які контролюють тривалість періоду вегетації і реакцію на фотоперіод. Ген E1 подовжує вегетативну фазу (сходи-цвітіння) на 19-23 діб як за 16-годинного, так і більш тривалого дня, не впливаючи при цьому на генеративну фазу (цвітіння-дозрівання). Гени E3 і E4 зумовлюють реакцію на фотоперіод у вегетаційній фазі, яка досягає 3 діб за 20-годинного дня, а за 16-годинного і менше - реакція відсутня. Рецесивні алелі e2 і e5 контролюють раннє цвітіння, дозрівання і послаблюють реакцію на довжину дня. Відсутність чутливості до довжини дня і раннє дозрівання визначають алелі e3 і e4 [5].



Рис. 2. Посіви сої перед збиранням

Здатність до азотфіксації. Здатність до симбіотичної взаємодії з різними расами неоднакова у різних сортів сої. Генетичний контроль процесу створення симбіотичного апарату дуже складний. Ген Rj1 визначає активне утворення бульбочок на коренях у процесі інокуляції рослин виробничими штамми азотобактерій. Ген Rj2 зумовлює неефективне утворення бульбочок. Рецесивний ген rj визначає повну відсутність бульбочкоутворення, а експресія гена із приводить до ефективного утворення бульбочок за інокуляції рослин. У сої відомо декілька типів генної і цитоплазматичної стерильності: пилкова ядерна стерильність, функціональна чоловіча стерильність, ЦЧС, а також жіноча стерильність, яка пов'язана зі стерильністю чоловічої генеративної сфери. Генна стерильність у сої проявляється в тому, що на рослині не утворюються квітки - у пилку чи насінному зачатку чи в обох цих органах не відбувається мейоз чи мітоз або вони не завершуються нормально внаслідок асинапсису чи десинапсису. синапсис у сої контролюють гени st1, st2, st3, а десинапсис – St4, stS. Пилкова ядерна стерильність контролюється генами msl. Ця ознака може піддаватись модифікаційному впливу навколишнього середовища і тому проявлятися частково. У карликових рослин зі зморшкуватими листками стерильність контролюється геном rt [6].

Хлорофільна недостатність. Порушення синтезу хлорофілу має цитоплазматичну природу і визначається серією факторів. На цей час відомо понад 23 ядерних гени, які ви факторів хлорофільну недостатність на різних фазах розвитку рослин сої. Ці гени впливають на ріст рослин, знижують їх продуктивність. Більшість хлорофільних мутантів мають жовте листя. Хлорофільна недостатність, яка спостерігається лише на сходах у холодну погоду, контролюється комплементарними генами у7 і у8. За подальшого росту і розвитку рослини забарвлення її стає нормальним. Деякі гени навпаки проявляються на більш пізніх етапах життя рослин. У генотипів з геном у16 спостерігається майже повна відсутність хлорофілу і нежиттєздатність рослин. Майже летально проявляється 1 ген у 18. Рецесивний алель у визначає строкатість листя. Алелі v1 і v2 зумовлюють появу на листках жовтих плям. Як правило, до кінця вегетації строкатість листків проявляється слабо.

Стійкість до хвороб:

Гени стійкості, властиві стародавнім примітивним формам і дикому виду *Glicine soja*. До хвороб сої належать: аскохітоз, пероноспороз, борошниста роса,

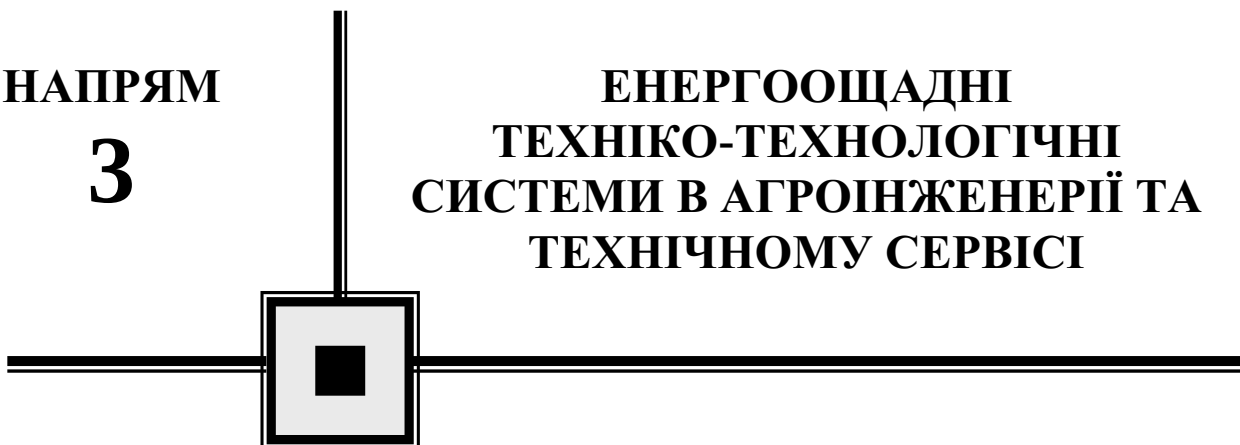
церкоспороз, пурпуровий церкоспороз, септоріоз, біла гниль, філостиктоз, або оливкова плямистість, чорна коренева гниль, антракноз, ризоктоніоз, альтернاریоз, бактеріальна плямистість (бактеріальний опік), бактеріальне в'янення, бактеріальний вілт, зморшкувата мозаїка, жовта мозаїка. Більшість генів стійкості до хвороб визначають специфічну стійкість до певних рас патогенів і реалізуються за певних умов. Церкоспороз, який спричиняє *Cercospora soja* Hara, досить розповсюджене захворювання сої [7].

Домінантний ген Rpm, пов'язаний зі стійкістю до несправжньої борошнистої роси або пероноспорозу (збудник *Peronospora manshurica* (Naum.) Syd. ex Gaum). Стійкість до вірусу плямистості арахісу (збудник *Peanut Motile virus*) у сої контролюється домінантним геном Rpv і його рецесивним алелем rpv2. Расоспецифічна стійкість до фітофторозної гнилі коренів (збудник *Phytophthora megasperma* (Drechs) var. soja) визначається різними локусами гена Rps. Локус Rps1 несе шість функціональних алелів. Це високостабільний ген, введений у більшість сучасних американських сортів. Стійкість до бактеріальної хвороби опіку листя і бобів сої раси 1 (збудник *Pseudomonas glycinia* Coerper), визначається геном Rpgl, а сприйнятливість – його рецесивним алелем грд. Стійкість до пустульного бактеріозу (збудник *Xanthomonas phaseoli*, var. *sojense* (Hedges) Starr et. Burkh.) контролюється рецесивним геном гхр, сприйнятливість – домінантним алелем Rхр [8].

Висновки. Генетичний контроль є важливим фактором підвищення врожайності та якості сої, що робить її стратегічною культурою для глобальної продовольчої безпеки. Вивчення генетичних механізмів, які контролюють розвиток і продуктивність сої, дозволяє виводити нові сорти з покращеними характеристиками. Сучасні методи генної інженерії надають все більше можливостей для створення сортів сої, стійких до шкідників та несприятливих умов навколишнього середовища. Генетична модифікація сої може збільшити вміст білка та олії в ній і підвищити її цінність для харчових і промислових цілей. Дослідження генетичного різноманіття сої є важливим для збереження її генетичного потенціалу та створення нових сортів з унікальними характеристиками. Розробка генетичних маркерів дозволить ефективно відбирати сорти сої з бажаними характеристиками, скорочуючи час і витрати на селекцію. Дослідження генетичних механізмів, що контролюють симбіотичну азотфіксацію, можуть підвищити ефективність використання азотних добрив та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Контроль генетичної інформації сої допомагає створювати сорти, придатні для вирощування в різних кліматичних умовах, і розширює ареал вирощування. Дослідження генетичних механізмів, що контролюють вміст антипоживних речовин у культурі, можуть покращити харчову цінність та безпечність сої. Генетичний контроль культури є перспективним напрямком досліджень з великим потенціалом для вирішення проблем глобальної продовольчої безпеки та сталого розвитку.

Список використаної літератури

1. Вожегова Р. А. та ін. Створення вихідного матеріалу для селекції сої на адаптивність в умовах зрошення півдня України. Олді +. 2021. 180 с.
2. Методи розкриття генетичного потенціалу сої. Журнал Агроном. URL: <https://www.agronom.com.ua/metody-rozkryttya-genetychnogo-potentsialu-soyi/> (дата звернення: 02.03.2025)
3. Заєць С. О., Нетіс В. І. Агробіологічні основи підвищення продуктивності сої на зрошуваних землях Півдня України. Олді+. 2020. 232 с.
4. Гурібал Сінгх. Соя. Біологія, виробництво, використання. Зерно. 2014. 656 с.
5. Технологія вирощування сої: основні аспекти, поради науковців та досвід практиків. Суперагроном. URL: <https://superagronom.com/articles/686-tehnologiya-viroschuvannya-soyi-osnovni-aspekti-poradi-naukovtsiv-ta-dosvid-praktikiv> (Дата звернення: 05.03.2025)
6. Базалій В. В. та ін. Рослинництво. Олді+. 2020. 520 с.
7. Кириченко В. В. та ін. Соя (Glycine max (L) Merr.). Харків. 2016. 361 с.
8. Генетика ознак сої. UltraAgro. https://ultraagro.blogspot.com/2014/09/blog-post_967.html (дата звернення: 07.03.2025)



Олександр КОЧМАРУК¹,
студент 3-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

МЕТОДИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БЕЗПЕРЕБІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Анотація. У статті розглянуто основні методи оцінки надійності електричних мереж, які забезпечують безперебійність електропостачання. Проаналізовано математичні моделі, що використовуються для прогнозування відмов та оптимізації роботи електромереж.

Ключові слова: надійність електричних мереж, електропостачання, методи оцінки, безперебійність, математичне моделювання, стійкість системи, прогнозування відмов.

Annotation. The article considers the main methods of assessing the reliability of electrical networks that ensure uninterrupted power supply. The mathematical models used to predict failures and optimize the operation of electrical networks are analyzed.

Key words: reliability of electrical networks, power supply, assessment methods, continuity, mathematical modeling, system stability, failure prediction.

Вступ. Надійність електричних мереж є одним із основних критеріїв ефективної та безпечної роботи енергетичних систем, що безпосередньо впливає на стабільність енергопостачання для споживачів. Враховуючи зростаючі вимоги до якості та безперебійності електропостачання, особливо для важливих споживачів (медичних установ, промислових підприємств, державних органів), питання оцінки надійності електричних мереж стає все

¹Науковий керівник – Штуць А.А., старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

більш актуальним. Ефективна робота цих мереж передбачає не лише належне проектування, але й постійний моніторинг, аналіз та коригування технічних параметрів для зниження ймовірності відмов та забезпечення безперебійного постачання електроенергії.

У даній роботі розглядаються основні методи оцінки надійності електричних мереж, а також їх вплив на безперебійність електропостачання. Оскільки надійність визначається багатьма факторами, включаючи конструктивні особливості, технічний стан обладнання, умови експлуатації та організаційно-технічні заходи, важливо розуміти взаємозв'язок між цими елементами для забезпечення стабільної роботи енергетичних систем.

Основними задачами цієї роботи є аналіз існуючих методів оцінки надійності мереж, їх застосування в реальних умовах експлуатації, а також визначення критеріїв, які дозволяють досягти оптимального рівня надійності в залежності від категорії споживачів і специфіки їхніх вимог до якості електроенергії. Вивчення цих аспектів дозволить розробити рекомендації щодо вдосконалення процесу проектування та експлуатації електричних мереж для забезпечення стабільного та безперебійного енергопостачання.

Виклад основного матеріалу. Різноманітність практичних завдань приводить до необхідності використання різних методів визначення надійності. Класифікацію їх можна провести по ряду ознак [4]. Найбільш доцільно всі методи класифікувати виходячи з рівня інформаційної забезпеченості й використання математичного апарата. Звичайно виділяють чотири рівні інформаційної забезпеченості:

- детермінований, при якому об'єкт дослідження й умови його функціонування повністю відомі дослідникові;
- стохастичний, при якому відомі безліч можливих варіантів поведінки об'єктів, множин об'єктів і умов їхнього функціонування й апріорних розподілів ймовірностей елементів цих множин;
- ймовірносно-невизначений, при якому елементи перерахованих множин відомі, але невідомий розподіл ймовірностей цих елементів;
- дифузно-невизначений, при якому невідомі повністю або частково елементи згаданих множин і немає повної інформації про їхні ймовірності.

По інформаційній забезпеченості всі методи визначення надійності можна поділити на прогнозування, розрахунок і експеримент.

Методично, прогнозування надійності базується на добре розробленій загальнометодологічній основі прогнозування взагалі і яких-небудь істотних специфічних особливостей немає. Метод прогнозування, у свою чергу, за рівнем інформаційної забезпеченості також підрозділяється на групи: експертні, екстраполяції й моделювання, кожна з яких має кілька способів реалізації.

Методи визначення надійності на основі чисельних показників надійності. Такі методи оцінки надійності припускають більшу інформаційну забезпеченість, чим методи прогнозування, і вимагають наявності інформації про структуру системи й функціональну взаємодію її елементів, а також певного обсягу даних про характеристики надійності елементів. Таким чином,

застосування цих методів можливо в умовах існування першого (детермінованого) і другого (стохастического) рівнів інформації.

По експериментальних можливостях ці методи можна підрозділити на дві групи: випробування на надійність і визначення надійності об'єктів в реальних умовах експлуатації. Методи другої групи звичайно називаються ретроспективними. Обидві групи методів мають свої переваги, недоліки і відповідно області застосування.

Випробування на надійність. Цей метод пов'язаний з труднощами імітації зовнішніх умов, в яких доведеться працювати об'єктам в реальній обстановці, з великою вартістю і тривалістю випробувань, а для електроенергетичних об'єктів, в більшості випадків, з неможливістю їх проведення з різних причин. Проте якщо такі випробування вдається організувати, то їх проведення цілком залежить від експериментаторів, які можуть планувати випробування, вибирати найбільш відпрацьовані прийоми і методи, фіксувати будь-які величини, що цікавлять їх. Іншими словами, здійснюється активний експеримент, при якому відбувається управління процесом функціонування об'єктів і порівняно легко збирається вся необхідна інформація для оцінки показників їх надійності. У ряді випадків вдається організувати випробування на надійність прискореними методами, якщо відомі режим прискорених випробувань, коефіцієнт прискорення або залежність між показниками надійності в нормальних і прискорених режимах. Випробування на надійність поділяються на дослідницькі і контрольні.

Як вже наголошувалося раніше, лінії електропередачі є найменш надійними елементами систем електропостачання. Тому у багатьох випадках буває доцільно оцінити надійність електропостачання, враховуючи відмови і планові ремонти одних лише ліній електропередачі. Для формалізації розрахунку тут вельми зручно застосування блок-схеми надійності.

Для складання блок-схеми в початковій схемі електричної мережі об'єднуються всі джерела живлення, а лінії заміщаються блоками, зв'язаними між собою і із споживачем і джерелами живлення так, як в досліджуваній схемі мережі. Подібна операція виконана на рисунках 1 та 2, де надана початкова схема мережі (рисунок 1) і відповідна їй блок-схема (рисунок 2).

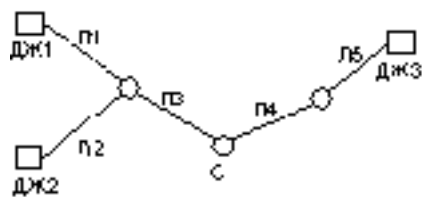


Рис. 1. Вхідна схема мережі.

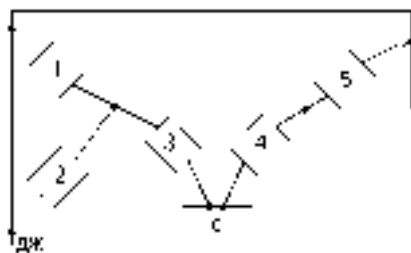


Рис. 2. Блок-схема мережі.

Для більшої наочності блок-схему можна привести до вигляду показаному на рисунку 3, де шини джерел живлення ДЖ і шини споживача (С) представлені паралельними прямими.

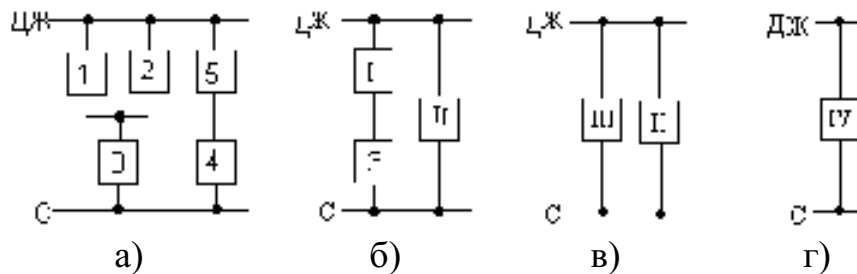


Рис. 3. Еквівалентування схеми електричної мережі: а) загальна схема; б) паралельне еквівалентування елементів 1 і 2, послідовне еквівалентування елементів 4 і 5; в), г) паралельне еквівалентування.

Розрахунок надійності за блок-схемою проводиться шляхом ряду перетворень послідовно або паралельно включених блоків [2] в еквівалентні до тих пір, поки шини джерела живлення і споживача не виявляться зв'язаними одним еквівалентним блоком (рисунк 3,б і 3,в). Показники надійності цього блоку (рисунк 3,г) і є показниками надійності електропостачання споживача.

Для n послідовно включених блоків показники надійності еквівалентного блоку приблизно (без врахування можливості їх одночасних простоювань) визначаються по формулах:

$$\omega = \sum_{i=1}^n \omega_i \quad (1)$$

$$T_B = \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^n T_{Bi} \cdot \omega_{Bi} \quad (2)$$

Аналогічні показники планових ремонтів:

$$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i \quad (3)$$

$$T_{\Pi} = \frac{1}{\mu} \sum_{i=1}^n T_{\Pi i} \cdot \mu_i \quad (4)$$

Відповідні коефіцієнти вимушеного і планового простоювання розраховуються по загальних виразах:

$$K_B = \frac{T_B \cdot \omega}{8760} \quad (5)$$

$$K_{\Pi} = \frac{T_{\Pi} \cdot \mu}{8760} \quad (6)$$

Для двох паралельно включених елементів i і j еквівалентний блок характеризується тільки показниками надійності, оскільки одночасні планові простоювання елементів передбачаються неприпустимими. Показники надійності еквівалентного блоку:

$$\omega = \omega_i (K_{Bj}) + \omega_j (K_{Bi}) \quad (7)$$

$$T_{Bi} = \frac{K_{Bi}}{\omega_i} \quad (8)$$

Якщо пропускна спроможність окремих зв'язків між споживачем і джерелами живлення або потужність окремих джерел не може забезпечити повного постачання споживача електроенергією, то окрім перерв електропостачання, визначуваних показниками надійності результуючого блоку (наприклад, блок IV рисунок 3,г), необхідно враховувати режими, в яких відбувається обмеження електропостачання [5]. Так, якщо в схемі на рисунку 1 пропускної спроможності ліній Л4 і Л5 або потужність джерела живлення ДЖЗ менше навантаження споживача, то можливі обмеження споживача, математичні сподівання і тривалість яких визначаються показниками надійності і планових простоїв блоку III (рисунок 3,в).

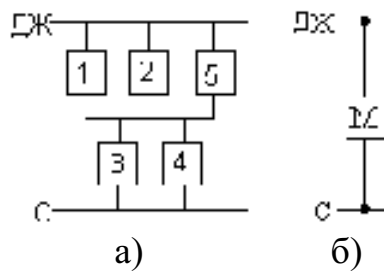


Рис. 4. Еквівалентування схеми електричної мережі з перемичкою:
а) загальна схема; б) кінцевий варіант.

Для блок-схем з перемичками (рисунки 3,а і 3,б) розраховуються характеристики еквівалентних блоків для двох схем, що одержуються з початкової, а саме: першої (рисунок 4,а), в якій в перемичці немає блоку, тобто без урахування вимушених і планових простоїв блоку; другий (рисунок 5), в якій перемичка взагалі відсутня.

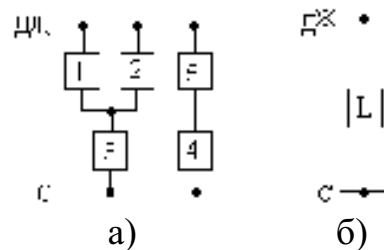


Рис. 5. Еквівалентування схеми електричної мережі без перемички:
а) загальна схема; б) кінцевий варіант.

За одержаними показниками надійності цих схем ω_i ; T_{BM} (рисунок 4,б) і ω_L ; T_{BL} (рисунок 5,б) і відомим коефіцієнтам вимушеного і планового простоїв блоку перемички K_{Bi} і K_{Pi} обчислюються результуючі показники надійності електропостачання:

$$\omega = \omega_M (1 - K_{Bi} - K_{Pi}) + \omega_L (K_{Bi} + k_\omega \cdot K_{Pi}) \quad (9)$$

$$T_B = \frac{1}{\omega} [\omega_M \cdot (1 - K_{Bi} - K_{Pi}) T_{BM} + \omega_L \cdot (K_{Bi} + k_m \cdot K_{Pi}) T_{BL}] \quad (10)$$

Як приклад, проведемо розрахунок математичного сподівання перерв електропостачання і їх середньої тривалості для схеми варіанту №7, приведеної на рисунку 6.

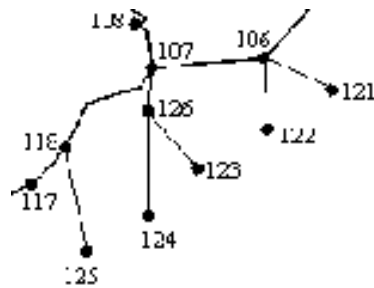


Рис. 6. Вхідна схема мережі варіанту №7.

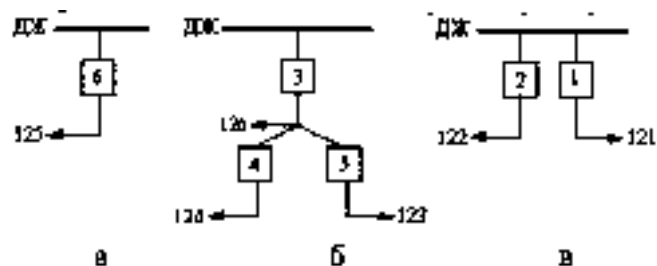


Рис. 7. Блок-схема мережі варіанту.

Еквівалентування проводимо відносно кожного вузла.

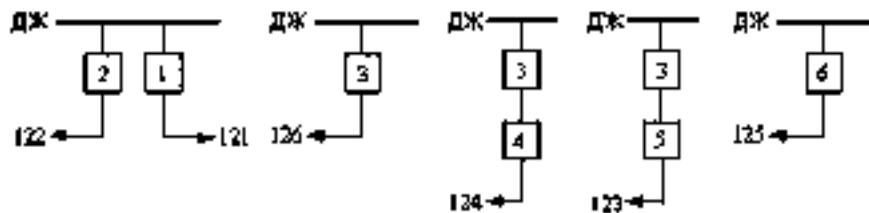


Рис. 8. Еквівалентування блок-схеми мережі даного варіанту.

Параметри ліній електропередачі і їх показники надійності подані в таблиці 1. Можливість проведення планових ремонтів ліній в періоди із сприятливими кліматичними умовами врахована коефіцієнтом $k_{\omega} = 0,5$.

Таблиця 1 Параметри ліній електропередачі і їх показники надійності.

Лінія	Напруга, кВ	Довжина, км	ω , відмов/рік	T_v , год.	ω_{Π} , простоїв/рік	K_{Π} , в.од.
1	35	11,5	0,161	0,001	9	0,004
2	35	14	0,196	0,001	9	0,004
3	35	4,9	0,069	0,001	9	0,004
4	35	10,94	0,153	0,001	9	0,004
5	35	14,9	0,209	0,001	9	0,004
6	35	14,3	0,2	0,001	9	0,004

Висновок. Оцінка надійності електричних мереж є ключовим аспектом забезпечення безперебійного постачання електроенергії. Врахування надійності при проектуванні, експлуатації та модернізації мереж дозволяє значно знизити ймовірність відмов, що, в свою чергу, сприяє підвищенню стабільності та ефективності роботи енергетичних систем. Важливою частиною процесу оцінки надійності є використання сучасних методів, таких як детерміновані, стохастичні, імовірнісно-невизначені та дифузно-невизначені методи, які дозволяють з високою точністю прогнозувати потенційні відмови і розробляти стратегії їх попередження.

Різноманітність існуючих методів оцінки надійності електричних мереж дає змогу вибирати оптимальні варіанти залежно від умов експлуатації та специфіки мережі. Завдяки інтеграції таких підходів можна не лише підвищити ефективність роботи мереж, а й знизити ризики, пов'язані з перебоями в електропостачанні, що особливо важливо для споживачів першої категорії.

Загалом, впровадження та вдосконалення методів оцінки надійності електричних мереж безпосередньо впливають на забезпечення стабільного і безперебійного електропостачання, що є необхідною умовою для розвитку економіки та підтримки соціальної інфраструктури. У майбутньому доцільно зосередити увагу на інтеграції новітніх технологій моніторингу та управління надійністю, що дозволить створювати більш адаптивні та стійкі енергетичні системи.

Список використаної літератури

1. Савченко В.Ф., Жук О.В. Технологія переробки зернових культур: посібник. Київ: Аграр Медіа Груп. 2019. 312 с.
2. Іванов І.А. Надійність електричних мереж: теорія та практика: навчальний посібник. Київ: Наукова думка. 2017. 224 с.
3. Коваленко І.І. Основи надійності енергетичних систем: підручник. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2018. 190 с.
4. Петрова М.А. Методи розрахунку надійності електричних мереж: посібник. Львів: Світ. 2020. 160 с.
5. Мельник С.І. Основи енергетики: теорія і практика: навчальний посібник. Одеса: Одеський національний університет. 2021. 240 с.
6. Жук О.В., Савченко В.Ф. Оцінка надійності електричних мереж в умовах змінних навантажень. *Електротехніка та енергетика*: науковий журнал. 2019. Т. 6, Вип. 3. С. 44-56.
7. Іванова І.О. Методи аналізу надійності енергетичних систем. *Журнал енергетики*: науковий журнал. 2020. Т. 12. Вип. 2. С. 121-134.
8. Сидоренко Л.В. Теоретичні основи надійності енергетичних мереж: підручник. Київ: Техніка. 2019. 312 с.
9. Козак А.В. Вплив аварійних ситуацій на надійність електричних мереж. *Технічні науки та технології*: науковий журнал. 2021. Т. 8. Вип. 1. С. 33-45.
10. Мельник В.С. Оцінка надійності і безпеки електричних мереж: монографія. Київ: Ліра. 2022. 270 с.

11. Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О., Методичні вказівки по оформленню дипломних робіт магістра для студентів ОКР «Магістр» спеціальності 8.10010101 «Енергетика сільськогосподарського виробництва» та студентів ОС «Магістр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка». Вінниця: ВНАУ. 2016. 64 с.

Олександр МЕЛЬНИК²,
студент 4-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ТЕСТУВАННЯ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ З ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ДЕФЕКТИВ МЕТОДОМ ІМПУЛЬСНОГО РЕФЛЕКТОМЕТРУ

Анотація. У статті розглядається імпульсна рефлектومتрія як ефективний метод діагностики кабельних ліній, що дозволяє локалізувати пошкодження без демонтажу. Проаналізовано принцип роботи методу, його переваги та фактори, що впливають на точність визначення дефектів.

Ключові слова: імпульсна рефлектومتрія, діагностика кабельних ліній, математичне моделювання, аналіз рефлектogram, локалізація пошкоджень, автоматизовані системи, електромагнітні імпульси.

Annotation. The article examines pulse reflectometry as an effective method for diagnosing cable lines, enabling fault localization without dismantling. The principle of the method, its advantages, and factors affecting the accuracy of defect detection are analyzed.

Key words: pulse reflectometry, cable line diagnostics, mathematical modeling, reflectogram analysis, fault localization, automated systems, electromagnetic pulses.

Вступ. Кабельні лінії відіграють ключову роль у передачі електроенергії та сигналів у різних галузях промисловості та енергетики. Їх надійність і безперебійна робота є критично важливими для забезпечення ефективності виробничих процесів, безпеки електромереж та запобігання можливим аварійним ситуаціям. Проте у процесі експлуатації кабельних ліній можуть виникати різноманітні пошкодження та дефекти, які призводять до втрат енергії, зниження ефективності систем та навіть до повної відмови електрообладнання. Саме тому розробка ефективних методів діагностики та виявлення несправностей у кабельних лініях є актуальною науковою та інженерною задачею.

²Науковий керівник – Штуць А.А., старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Одним із найпоширеніших та ефективних методів тестування кабельних ліній є імпульсна рефлектометрія. Цей метод базується на аналізі відбитих електромагнітних імпульсів, що дає змогу визначати місця пошкоджень та характер дефектів у кабелях. Основна ідея імпульсної рефлектометрії полягає у тому, що короткий електричний імпульс подається в кабельну лінію, а потім аналізується відбитий сигнал, що виникає внаслідок змін імпедансу на пошкоджених ділянках. Метод широко застосовується для діагностики високовольтних і низьковольтних кабельних мереж, у телекомунікаційних системах та для контролю ізоляції кабелів.

Математичне моделювання процесу діагностики кабельних ліній методом імпульсної рефлектометрії дає змогу отримати теоретичні залежності, які можуть бути використані для розробки алгоритмів аналізу рефлектограм, автоматизації діагностичних систем та підвищення точності локалізації несправностей. Зокрема, створення моделей, що описують взаємодію імпульсного сигналу з локальними дефектами, є важливим напрямом досліджень у галузі електротехніки та інформаційних технологій.

Таким чином, розробка математичної моделі процесу тестування кабельної лінії з зосередженими дефектами методом імпульсної рефлектометрії є важливою науковою задачею, що дозволяє підвищити точність і ефективність діагностичних процедур. У даній статті розглядається математична модель, яка описує поведінку імпульсного сигналу в кабельній лінії з дефектами, враховує відбиття та загасання сигналу, а також дає можливість визначати параметри пошкоджень. Запропонований підхід дозволяє покращити методи аналізу рефлектометричних даних та сприяє розробці високоточних автоматизованих систем діагностики кабельних мереж.

Метою даної статті є дослідження процесу тестування кабельної лінії з зосередженими дефектами методом імпульсної рефлектометрії.

Виклад основного матеріалу. У сучасних умовах розвитку промисловості зростає роль кабельних ліній (КЛ) в мережах зв'язку і системах електропостачання споживачів. На жаль, в даний час частина відомих КЛ на 50-80% морально і фізично зношені [1], що є однією з головних причин їх аварійних відмов. Підприємствам електричних мереж, які мають розгалужені і розкидані по всьому місту і за його межами мережі зв'язку і електропостачання, необхідно мати як універсальний технічне оснащення, так і кваліфікований персонал. З технічної точки зору в структурі такого підприємства повинно бути спеціалізований підрозділ, наприклад, лабораторія, в якій сконцентровано необхідне для діагностики і випробування обладнання, призначене для якісного обслуговування і ремонту будь-яких КЛ передачі: як КЛ електропередачі напругою 6-10 кВ, так і симетричного або коаксіального кабелю зв'язку (КС). Відомо, що запас міцності КЛ розраховується на стадії проектування, а при їх виготовленні його величина приймає конкретне значення. Це і визначає рівень надійності роботи КЛ в умовах експлуатації.

Збільшення рівня експлуатаційної надійності КЛ можна досягти вдосконаленням технології виробництва, застосуванням нових ізоляційних

матеріалів, конструкцій і оболонок кабелів. Створити абсолютно надійне кабельний виріб неможливо. Тим самим, основним завданням при експлуатації КЛ є збереження його запасу міцності або підтримання рівня надійності, закладеної заводом-виготовлювачем на що розраховується термін.

У реальних умовах експлуатації на рівень експлуатаційної надійності КЛ впливає безліч руйнівних чинників, що веде до зниження їх надійності. Для збереження нормативного ресурсу або для підвищення експлуатаційної надійності КС і КЛ електропередачі напругою 6-10 кВ до необхідного рівня використовуються різні заходи. До них можна віднести: створення захисних кабельних споруд (кабельна каналізація і траншея, тунелі і канали, кабельні естакади і шахти і т.д.); підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу; підвищення технічної оснащеності служб, що займаються профілактикою, монтажем та ремонтом КЛ.

Незважаючи на це, всі перераховані заходи не виключають можливості виникнення відмов КЛ через старіння ізоляції і можливої наявності в них заводських дефектів, так як при серійному виробництві і масовому застосуванні кабелів підвищується ймовірність появи в їх ізоляції дефектів різного роду помилок, що виникають в процесі їх виготовлення, транспортування, монтажу, під час експлуатації. Тим самим, щоб істотно знизити ймовірність аварійного пошкодження ізоляції КЛ електропередачі напругою 6-10 кВ, використовується система контролю їх стану.

Якщо аналізувати статистику відмов КЛ електропередачі різних напруг і ступінь їх впливу на виникаючі збитки, то найбільші збитки виникають при відмовах КЛ електропередачі напругою 6-10 кВ, на які припадає понад 70% всіх порушень електропостачання споживачів [17].

Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є заміна КЛ, що виробили свій ресурс, але заміна всіх КЛ протягом двох або трьох років потребує великих фінансових витрат. Отже, заміну необхідно проводити поступово протягом кількох років. Тоді виникає питання про надійність існуючих КЛ, їх ресурсі для подальшої роботи.

Виходом з цього положення є вдосконалення методів діагностики, які дозволять класифікувати КЛ по їх залишковим ресурсу і створити план поступової заміни старих кабелів, що може реально збільшити термін служби КЛ понад нормативних термінів і з більшою економією витрат забезпечить їх технічне обслуговування та ремонт.

Одним з таких методів є розглянутий метод імпульсної рефлектометрики.

Імпульсна рефлектометрія - це область вимірювальної техніки, яка ґрунтується на отриманні інформації про вимірювану лінію з аналізу її реакції на зондуєчий вплив. Імпульсна рефлектометрія може бути застосована як для силових кабелів усіх типів, так і для волоконно-оптичних кабелів зв'язку. Метод імпульсної рефлектометрики дозволяє визначити зону пошкодження (в межах похибки вимірювання) і застосувати окремі трасові методи на невеликих ділянках траси, що дозволяє істотно скоротити час точного визначення місця

дефекту.

Складемо математичну модель узагальненої кабельної лінії з зосередженим дефектом [2]. Розглянемо двох проводну лінію з розподіленими параметрами R, L, G, C довжиною L , розімкнутої на кінці. На відстані L_1 , від початку лінії існує деякий дефект, який має зосереджений характер, який описується чотириполосником з відомими A -параметрами. В деякий момент часу, який приймається нами за нульовою відлік, на вході лінії починає діяти джерело ЕРС, описуваний функцією $P(t)$, його внутрішній опір одно хвильовому.

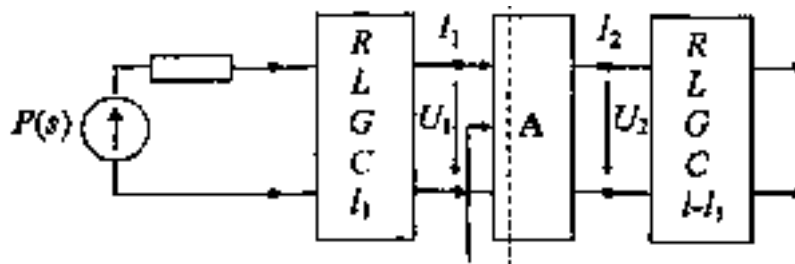


Рис. 1. Досліджувана двох кабельна лінія.

Необхідно визначити закон, за яким в даній лінії будуть поширюватися хвилі напруги і струму, за умови відсутності таких хвиль до початку дії джерела ЕРС. Рішення задачі моделювання процесу поширення імпульсного сигналу в КЛ з зосередженої неоднорідністю розіб'ємо на дві підзадачі:

1. Визначення хвиль напруги $u_1(x, t)$ і струму $i_1(x, t)$, що поширюються на ділянці лінії $0 \leq x < L_1$ внаслідок дії джерела ЕРС, їх відображення при набіганні на чотириполосник і відображає переломлений чотириполосником хвилі від розімкнутого кінця лінії.

2. Визначення хвиль напруги $u_2(x, t)$ і струму $i_2(x, t)$, що поширюються на ділянці лінії $L_1 \leq x \leq l$, внаслідок проникнення хвиль $u_1(x, t)$ і $i_1(x, t)$ через чотириполосник і відображення від розімкнутого кінця лінії.

Рівняння буде мати наступний вигляд:

$$u(x, t) = \begin{cases} u_1(x, t), & \text{при } 0 \leq x < l_1 \\ u_2(x, t), & \text{при } l_1 \leq x \leq l \end{cases} \quad (1)$$

$$i(x, t) = \begin{cases} i_1(x, t), & \text{при } 0 \leq x < l_1 \\ i_2(x, t), & \text{при } l_1 \leq x \leq l \end{cases}$$

Запишемо в операторній формі граничні умови для $U_1(x, s)$, $I_1(x, s)$, враховуючи, що внутрішній опір джерела $P(s)$ прийнято рівним хвильовому, тобто $Z_H(s) = Z_B(s)$. Для цього в схемі, замінимо ділянку лінії $l_1 \leq x \leq l$ еквівалентним чотириполосником $A_{\text{ЕКВ2}}$,

$$U_1(0, s) + Z_H(s)I_1(0, s) = P(s),$$

$$U_1(l_1, s) = Z_{\text{нх}}(s)I_1(l_1, s) \quad (2)$$

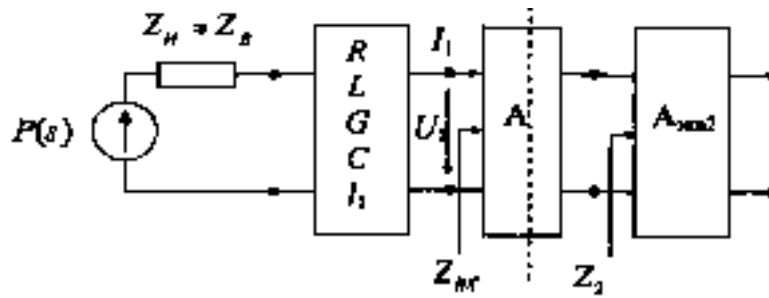


Рис. 2. Еквівалентна схема заміщення (для ділянки $l_1 \leq x \leq l$)
 $Z_{BX}(s)$ можна виразити через відомі А-параметри і $Z_B(s)$.

$$Z_{BX}(s) = \frac{A_{11}Z_2(s) + A_{12}}{A_{21}Z_2(s) + A_{22}}, \quad (3)$$

де $Z_2(s)$ - вхідний опір чотириполіусника A_{EKB2} , яке визначається з наступного вираження:

$$Z_2(s) = Z_H(s) \frac{Z_{H2}(s) + Z_B(s) \operatorname{th} \Gamma(l - l_1)}{Z_H(s) + Z_{H2}(s) \operatorname{th} \Gamma(l - l_1)} \quad (4)$$

Так як за умовою завдання лінія на кінці розімкнута,

$$Z_2(s) = \lim_{Z_{H2}(s) \rightarrow \infty} Z_H(s) \frac{Z_{H2}(s) + Z_B(s) \operatorname{th} \Gamma(l - l_1)}{Z_H(s) + Z_{H2}(s) \operatorname{th} \Gamma(l - l_1)} = \frac{Z_B(s)}{\operatorname{th} \Gamma(l - l_1)} \quad (5)$$

Значення для $U_1(x, s)$, $I_1(x, s)$ з урахуванням (3) підставимо в (2):

$$\begin{aligned} \epsilon_1(s) + \epsilon_2 - \epsilon_2(s) + \epsilon_2 &= P(s), \\ \epsilon_1(s)e^{j\omega l} + \epsilon_2 e^{-j\omega l} &= \frac{A_{11}Z_B(s) + A_{12}}{A_{21}Z_B(s) + A_{22}} \left(\frac{-\epsilon_1(s)e^{j\omega l} + \epsilon_2 e^{-j\omega l}}{Z_H(s)} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Отримаємо рівняння:

$$\begin{cases} U_1(x, s) = \frac{P(s)}{2} (e^{j\omega x} + k_{\text{ref}} e^{j\omega x - 2\gamma(l-x)}), \\ I_1(x, s) = \frac{P(s)}{2Z_H(s)} (e^{j\omega x} - k_{\text{ref}} e^{j\omega x - 2\gamma(l-x)}) \end{cases} \quad (7)$$

Запишемо в операторній формі граничні умови для $U_2(x, s)$, $I_2(x, s)$

$$\begin{aligned} U_1(l_1, s) &= A_{11}U_2(l_1, s) + A_{12}I_2(l_1, s), \\ I_2(l, s) &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Значення для $U_2(x, s)$, $I_2(x, s)$ підставимо в (8), отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{P(s)}{2} e^{j\omega l_1} (k_{\text{ref}} + 1) &= A_{11} [\epsilon_1(s)e^{j\omega l_1} + \epsilon_2 e^{-j\omega l_1}] + \frac{A_{12}}{Z_H(s)} [-\epsilon_1(s)e^{j\omega l_1} + \epsilon_2 e^{-j\omega l_1}] \\ \epsilon_2(s) &= \epsilon_1(s) e^{2j\omega l_1} \end{aligned} \quad (9)$$

Як наслідок, отримаємо вирази для хвиль напруги і струму:

$$\begin{cases} U_2(x,s) = \frac{P(s)(k_{\text{оп}} + 1)Z_B(s)(e^{t_1(x-t_2-2t)} + e^{-t_1(x-t_1)})}{2[(A_{11}Z_A(s) - A_{12})e^{2t_1(x-t_1-1)} + A_{11}Z_B(s) - A_{12}]} \\ I_2(x,s) = \frac{P(s)(k_{\text{оп}} + 1)(e^{-t_1(x)} - e^{t_1(x-2t)})}{2[(A_{11}Z_B(s) - A_{12})e^{2t_1(x-t_1-1)} + A_{11}Z_A(s) + A_{12}]} \end{cases} \quad (10)$$

В результаті в операторній формі спільне рішення буде виражатися наступним чином:

$$\begin{aligned} U(x,s) &= \begin{cases} U_1(x,s), & \text{при } 0 \leq x < t_1 \\ U_2(x,s), & \text{при } t_1 \leq x \leq t \end{cases} \\ I(x,s) &= \begin{cases} I_1(x,s), & \text{при } 0 \leq x < t_1 \\ I_2(x,s), & \text{при } t_1 \leq x \leq t \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

Якщо прийняти, що $p(t)$ являє собою імпульс величиною K до тривалістю τ , то описуємо наступним виразом:

$$\begin{cases} U_2(x,s) = \frac{P(s)(k_{\text{оп}} + 1)Z_B(s)(e^{t_1(x-t_2-2t)} + e^{-t_1(x-t_1)})}{2[(A_{11}Z_A(s) - A_{12})e^{2t_1(x-t_1-1)} + A_{11}Z_B(s) - A_{12}]} \\ I_2(x,s) = \frac{P(s)(k_{\text{оп}} + 1)(e^{-t_1(x)} - e^{t_1(x-2t)})}{2[(A_{11}Z_B(s) - A_{12})e^{2t_1(x-t_1-1)} + A_{11}Z_A(s) + A_{12}]} \end{cases} \quad (12)$$

де $1(t)$ - одинична функція Хевісайда.

Представлене рішення буде моделювати процес тестування КЛ методом імпульсної рефлектометрії

Розроблена математична модель узагальненої кабельної лінії передачі з зосередженої неоднорідністю, представленої у вигляді чотириполосника, дозволяє моделювати процеси в реальних кабельних лініях передачі при їх діагностиці методом імпульсної рефлектометрії.

При цьому використання даної моделі дозволяє реально збільшити термін служби КЛ понад нормативний термін і з більшою економією витрат забезпечити їх технічне обслуговування та ремонт.

Висновок. Розроблена математична модель процесу тестування кабельної лінії з зосередженими дефектами методом імпульсної рефлектометрії дозволяє більш точно оцінювати стан кабельних систем та ідентифікувати місця пошкоджень. Врахування розподілених параметрів і зосереджених неоднорідностей дає змогу підвищити достовірність діагностики та оптимізувати процес технічного обслуговування.

Запропонована модель дозволяє:

- Визначати основні параметри поширення електромагнітних хвиль у кабельній лінії з врахуванням дефектів;
- Знаходити локалізацію пошкоджень на основі аналізу відбитих імпульсів;
- Використовувати операторні рівняння для опису поширення хвиль напруги та струму в системі з зосередженими неоднорідностями;
- Моделювати процес тестування КЛ із застосуванням імпульсного рефлектометру для різних типів кабельних ліній.

Застосування імпульсної рефлектометрії як діагностичного інструменту дозволяє суттєво скоротити час і фінансові витрати на пошук та усунення пошкоджень кабельних ліній, підвищити рівень експлуатаційної надійності та забезпечити ефективну експлуатацію електромереж. Використання розробленої математичної моделі у практичних дослідженнях сприятиме подальшому вдосконаленню методів діагностики та обслуговування КЛ, що є важливим для підвищення надійності електропостачання та комунікаційних систем.

Список використаної літератури

1. Калетнік Г. М., Чусов М. Г., Швайко В. М. та ін. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2010. 616 с.
2. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М. та ін. Технічна механіка: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2011. 340 с.
3. Калетнік Г.М., Кулик М.Ф., Петриченко В.Ф., Петриченко В.Д. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва: посібник. Вінниця: ВНАУ. 2007. 584 с.
4. Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О. Методичні вказівки по оформленню дипломних робіт магістра для студентів спеціальностей «Енергетика сільськогосподарського виробництва» та «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка». Вінниця: ВНАУ. 2016. 64 с.
5. Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Теоретичні основи електротехніки: навчальний посібник. Вінниця: ВНА. 2017. 83 с.
6. Стаднік М.І., Рубаненко О.О., Скалецький Д.І. Автоматизація технологічних процесів на теплових електричних станціях: тези доповідей. Вінниця: ВНАУ. 2016. 95 с.
7. Правила безпечної експлуатації електроустановок: посібник. Київ: Мінпаливенерго України. 1998. 138 с.
8. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Середнюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: посібник. Вінниця: ВДТУ. 2001. 219 с.
9. Головатюк М.О., Остапчук Ж.І., Бобчук Н.В. Розподільні електричні мережі: лабораторний практикум. Вінниця: ВНТУ. 2001. 57 с.
10. Рубаненко О.Є., Гуменюк О.І. Високовольтні вводи. Конструкція, експлуатація, діагностика і ремонт: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2011. 183 с.

Микола НЕЗБУТНІЙ³,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОЦІНКА ВПЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ ТА СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ

***Анотація.** У статті досліджено вплив сільськогосподарської техніки на стан дорожнього покриття та підходи до підвищення ефективності його використання. Проаналізовано сучасні виклики, зумовлені зростанням навантаження від великогабаритних транспортних засобів та сільськогосподарської техніки.*

***Ключові слова:** сільськогосподарська техніка, дорожнє покриття, жорстке покриття, навантаження на дороги.*

***Annotation.** The article examines the impact of agricultural machinery on the condition of road surfaces and approaches to improving the efficiency of its use. The article analyzes modern challenges caused by the increase in the load from large vehicles and agricultural machinery.*

***Keywords:** agricultural machinery, road surface, hard surface, road load.*

Вступ. В Україні ринок техніки формують як вітчизняні заводи-виробники, так і зарубіжні фірми та їхні представники. Це сприяє великій різноманітності машин. Наприклад, тільки зернозбиральних комбайнів на полях України працює понад 20 марок виробництва різних фірм-виробників. На жаль, такою самою кількістю фірмових центрів технічного обслуговування Україна похвалитися не може. Відтак, увесь тягар щодо обслуговування машин лягає на власників техніки.

Розвиток сільського господарства надалі відбуватиметься на основі послідовної інтенсифікації. У зв'язку з цим головною умовою розвитку продуктивних сил аграрного сектора економіки є широке впровадження у виробництво досягнень науково-технічного прогресу.

Впровадження комплексної механізації й автоматизації виробництва передбачає створення високопродуктивних і досконалих систем машин з урахуванням особливостей галузей сільського господарства. Особливого значення набуває підвищення якості і надійності сільськогосподарської техніки, що є основою високої ефективності її використання.

У процесі інтенсифікації сільського господарства передбачається використання найбільш сучасних систем машин і обладнання, здатних значно

³Науковий керівник – Паладійчук Ю.Б. к.т.н, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

підвищити продуктивність праці й ефективність виробництва. В сільськогосподарських підприємствах країни на ручних роботах у рослинництві і тваринництві зайнято досить багато працівників цих галузей. Тому створення системи машин і завершення комплексної механізації в рослинницьких і тваринницьких галузях є основою інтенсифікації сільського господарства.

В минулих роках сільськогосподарські транспортні засоби були виключені з обмежень на максимальне навантаження під час руху по дорогах, що було частиною стратегічних досліджень автомобільних доріг. Спеціалізовані сільськогосподарські машини, які є основним обладнанням в одній з найбільших галузей промисловості України, призначені для перевезення великих вантажів і відчутно важчі за звичайні автомобілі.

У зусиллях зробити сільське господарство більш продуктивним, виробники сільськогосподарської техніки зробили своє обладнання більшим для покращення транспортування більшої кількості продукції з більшою ефективністю. Проте цей перехід до більшого обладнання викликав хвилю обурення в суспільстві, оскільки є побоювання, що великі та важкі транспортні засоби завдають шкоди дорожньо-асфальтовому покриттю.

Чинним пунктом 22.5. Правил дорожнього руху України визначено граничні вагові та осьові навантаження транспортних засобів, які не повинні перевищувати: для фактичної маси – понад 40 т. (для контейнеровозів – понад 44 т., на встановлених Укравтодором і Державтоінспекцією для них маршрутах – до 46 т), навантаження на одиночну вісь – 11 т (для автобусів, тролейбусів – 11,5 т), здвоєні осі – 16 т, строєні – 22 т (для контейнеровозів навантаження на одиночну вісь – 11 т, здвоєні осі – 18 т, строєні – 24 т).

Зазначені параметри встановлено з урахуванням найменшого руйнівного впливу на дорожнє покриття таких транспортних засобів під час їх руху автомобільними дорогами загального користування.

Незважаючи на наявність подібних статутів, їх дуже складно виконувати, і вони не вповній мірі, контролюють навантаження сільськогосподарської техніки на дорожнє покриття.

Виклад основного матеріалу. Дорожнє покриття є верхнім шаром дорожнього одягу та включає в себе твердий матеріал, який використовується для покриття доріг з метою полегшення руху і транспортування вантажів. На сучасних автомагістралях найчастіше використовують асфальтобетон, бетон та щебінь. У минулі століття, наприклад, під час Австро-Угорської імперії, популярним видом дорожнього покриття була бруківка [1-5].

Історично, необхідність у будівництві доріг виникла дуже давно, ще до винайдення колеса чи навіть раніше. Освоєння територій, де було обмаль необхідних ресурсів, призвело до необхідності торгівлі та, відповідно, транспортування товарів [1-5]. Водні шляхи, такі як моря та річки, не завжди були доступними, тому з'явилася потреба у сухопутних дорогах. Оскільки колесо добре рухається лише по рівній поверхні, людство поступово вивчило мистецтво будувати дороги.

Давні римляни досягли значних успіхів у будівництві доріг. Їхні навички в

цій справі дозволили створити велику і могутню імперію. Римські дороги часто були побудовані складною технологією: спочатку в землю викопували глибокі ями (до 30 см), в які клали великі камені [1-5]. Потім проміжки між каменями заповнювалися дрібним щебенем, галькою та гравієм. Все це трамбувалося, створюючи міцну та стійку поверхню, придатну для транспортування товарів до узбережжя, звідки їх можна було доставити до Риму [1,2]. Римські дороги існували довгий час, і протягом епохи феодалізму нових кам'яних доріг практично не будували.

Потреба в подальшому розвитку мережі доріг із твердим покриттям виникла в період промислової революції. На початку XIX століття були винайдені нові методи будівництва доріг, такі як бруківка, брущатка та макадам.

Справді, загальний принцип будівництва дорожнього покриття залишається незмінним у сучасний час, але матеріали та технології зазнали значних змін [1,2]. Використання тесаного каменю для бруківки, яке було популярним у 20-х і 30-х роках минулого століття, виявилось занадто трудомістким, і були розроблені більш дешеві та технологічні матеріали та покриття, зокрема асфальтобетон і бетон, які дозволили побудувати широку мережу шляхів, доріг, магістралей, шосе і автобанів по всьому світу [1,2].

У випадку асфальтобетону, бітум виконує функцію зв'язку та надає пластичну деформацію (рис. 1). Однак недоліками асфальтових покриттів є їх відносно швидке зношування, яке виникає внаслідок втоми матеріалу від постійних навантажень [1,2]. Тому асфальтні дороги потребують постійного обслуговування та ремонту. Зазвичай асфальтне покриття кладуть на щебеневу основу, хоча іноді будують дороги з повнотовстим асфальтовим шаром над природною основою. У випадках, коли природна основа дуже м'яка, наприклад, глиниста, може бути необхідним використовувати глибокий шар щебеню або навіть бетонну підкладку [1-5]. Деякі країни також використовують полімерні матеріали, такі як полістирол, для поліпшення морозостійкості доріг.



Рис. 1. Основний шар асфальтобетону.

З 60-х років XX століття до асфальтових сумішей часто додають старий подрібнений гумовий матеріал із використаних шин, що допомагає зменшити шум та підвищити стійкість дорожнього покриття.

Асфальтні дороги зазвичай будуються там, де є високий рівень автомобільного руху, який перевищує 1200 автомобілів на день. Існують певні переваги та недоліки асфальтних покриттів [1-5].

Переваги асфальтного покриття включають [2,3]:

1. Порівняно низький шум: Асфальт зазвичай гасить шум автотранспорту, що сприяє зниженню звукового забруднення навколишнього середовища.

2. Порівняно невисока вартість: Виробництво та укладання асфальтобетону є відносно дешевими процесами порівняно з іншими матеріалами для дорожнього покриття.

3. Порівняно легкість ремонтних робіт: Ремонт асфальтового покриття зазвичай вимагає менше часу і затрат у порівнянні з іншими типами дорожніх покриттів.

Недоліки асфальтного покриття включають:

1. Порівняно невисока стійкість: Асфальтний шар може зноситися швидше від постійних навантажень, що викликає втому матеріалу.

2. Менша пружність: Асфальт не такий пружний, як бетон, і це може призводити до пошкоджень при важких навантаженнях.

3. Розм'якшування в спеку: Висока температура може призвести до розм'якшування асфальтного покриття, особливо в спекотний період.

4. Забруднення навколишнього середовища: Внаслідок зносу асфальту може викидатися нафта та інші забруднюючі речовини в навколишнє середовище.

Жорсткі дорожні покриття використовують цементобетон або асфальтобетон як матеріали для покриття [2,3]. Вони мають свої переваги та недоліки:

Переваги жорстких дорожніх покриттів:

1. Вища міцність і витривалість: Вони зазвичай мають довший строк служби та меншу вразливість до зносу.

2. Можливість створення шорсткої поверхні: На жорстких дорожніх покриттях можна нарізати жолобки, що забезпечують більшу стійкість та безпеку на дорозі.

Недоліки жорстких дорожніх покриттів:

1. Вищі затрати на будівництво: Вони зазвичай вимагають більше часу та коштів для будівництва.

2. Специфічний догляд: Дороги з жорстким покриттям потребують спеціального догляду, включаючи фрезування поверхні, герметизацію тріщин, та інші заходи.

3. Вищий рівень шуму: Жорсткі дорожні покриття можуть бути більш шумними через текстурну поверхню та стики.

На практиці, вибір матеріалу для дорожнього покриття залежить від конкретних умов і вимог, таких як обсяг транспортного руху, кліматичні умови, бюджет та інші фактори [2].

За результатами досліджень, проведених ДП "ДерждорНДІ", встановлено, що вимоги до проектування та будівництва автомобільних доріг були вперше визначені в 1962 році і практично залишилися без змін протягом десятиліть [2-6]. Проте, з 2006 року на дорогах України спостерігається значний приріст кількості вантажних транспортних засобів в 2,36 рази та напівпричепів в 2,65 рази, що призвело до збільшення навантаження на дорожнє полотно [2-6]. Значна

частина пошкоджень доріг припадає на напівпричепи, що становлять 90% всіх випадків.

Враховуючи ці обставини, стає очевидною необхідність впровадження програмно-аналітичних комплексів, які, використовуючи тривимірні цифрові моделі доріг та мостів, можуть виявити розбіжності між проектними та фактичними навантаженнями на дорожнє полотно [2-6]. Це, в свою чергу, дозволить оптимізувати витрати на ремонт і утримання доріг.

Trinity-Group, як постачальник інноваційних рішень в Україні, пропонує впровадження системи SiWIM, яка надає комплексну інформацію про навантаження на дорожнє полотно та дозволяє оптимізувати витрати на дослідження [2-6]. Серед переваг системи SiWIM варто виділити оперативний збір інформації та швидку генерацію звітів. Встановлення та демонтаж системи займає від кількох годин до двох днів, в залежності від складності мостових конструкцій і не вимагає пошкодження дорожнього покриття.

Під час оцінки навантаження на дороги та мости Trinity-Group надає докладну інформацію про транспортні засоби, які рухаються по дорогах України [3,4]. Ця інформація включає загальну вагу, кількість осей, відстань між ними, навантаження на кожную вісь, тип та клас автомобіля, швидкість руху, полосу руху з фіксацією часу та дати моніторингу.

Мостова система зважування у русі SiWIM®, розроблена компанією Cestel у 1999 році, є потужним інструментом для аналізу та порівняння даних про навантаження на дороги [3,4]. Вона дозволяє прогнозувати термін експлуатації дорожнього покриття для правильного проектування, оптимізації витрат на ремонт і визначення винних у порушенні вагового контролю.

В сучасних умовах розвитку та відновлення дорожньої інфраструктури, розуміння передбачуваного навантаження на дорожнє полотно є надзвичайно важливим. Дослідження в країнах Європи, зокрема в Республіці Словенія, показали, що використання даних системи SiWIM при проектуванні та будівництві дорожнього покриття призводить до збільшення вартості будівництва на 7%, проте зменшує експлуатаційні витрати на 75% протягом наступних 18 років, зекономивши середньо 360 000 € [3,4].

Система SiWIM забезпечує детальну інформацію про транспортні засоби, що рухаються по дорогах, включаючи загальну вагу, кількість осей, відстань між ними, навантаження на кожную вісь, тип і клас автомобіля, швидкість руху і навіть полосу, по якій рухається транспортний засіб [3-5].

Основні переваги системи SiWIM включають в себе мобільність, яка дозволяє використовувати систему на різних об'єктах в різний час, невидимість для водіїв (не позначається на русі транспорту), високу точність, швидку установку, надійність, відсутність впливу на дорожнє покриття, відсутність необхідності перекривати дорогу під час монтажу і низькі експлуатаційні витрати [3-5]. Система також може використовуватися в широкому діапазоні швидкостей, від 20 км/год до 200 км/год.

У відміну від традиційних систем зважування, які вимагають монтажу в дорожнє покриття і призводять до заторів та витрат на відновлення дороги,

система SiWIM встановлюється під мостом без додаткових витрат на встановлення [3-5]. Ця система активно використовується в країнах Європи, Азії, США, Канаді та інших регіонах.

За останні 5–7 років спостерігалися значні зміни в інтенсивності та складі транспортних потоків на магістральних дорогах України [4-6]. Щорічно інтенсивність руху зростала в середньому на 2%, і в цей період у складі транспортних потоків з'явилися автомобілі з вантажопідйомністю до 40 тонн. Ця ситуація змусила у процесі проектування м'яких дорожніх покриттів використовувати більш критичне розрахункове навантаження, яке становить 130 кН на кожен вісь [4-6].

Конструктори транспортних засобів вирішили відповісти на це виклик, намагаючись знизити навантаження на окремі вісі автомобілів шляхом розробки багатоколісних (багатовісних) конструкцій. Це було спробою обійти нормативні обмеження на вагу. Внаслідок цього виникає ситуація, коли важко визначити тип розрахункового навантаження, що може призвести до значних похибок при оцінці міцності та тривалості служби м'яких дорожніх покриттів.

Під час проектування м'яких дорожніх покриттів виникає значна проблема – визначення параметрів розрахункового навантаження, яке еквівалентно впливає на напружено-деформований стан конструкції [4-6].

Відповідно до вимог ДБН В.2.3-4-2015, для розрахунку міцності дорожнього одягу необхідно проектувати його для розрахункового навантаження, яке припадає на найбільш завантажену вісь дорожньо-транспортного засобу [4-6]. Для доріг I та II категорій це розрахункове навантаження відповідає групам A1 і A2 і складає 130 кН для A1 та 115 кН для A2. Такий підхід застосовується в нормативах інших країн також.

У складі транспортного потоку вантажних транспортних засобів великий обсяг складають багатовісні транспортні засоби, які мають навантаження на вісь від 80 до 125 (127) кН. Враховуючи відстань між осями, ця багатовісність приводиться до дії розрахункового навантаження [4-6].

З цілого ряду дійсних обмежень на масу та навантаження, встановлених правилами дорожнього руху, можна виділити такі:

- Для транспортних засобів із довжиною маршруту не більше 25 м та масою до 38 тонн, статичне навантаження на одиночну вісь становить 10 тонн, на здвоєні осі – 16 тонн, на строєні – 22 тонни.

- На деяких законодавчо визначених маршрутах, маса може сягати до 40 тонн, і для контейнеровозів на погоджених маршрутах – до 44 тонн. В цих випадках, навантаження на одиночну вісь складає 11 тонн, на здвоєні осі – 18 тонн, на строєні – 24 тонни.

- Визначається, що осі вважаються здвоєними або строєними, якщо відстань між ними (суміжними) не перевищує 2,5 метри.

Аналіз складався з чотирьох основних схем розрахункових навантажень, які включають типи A, B, C і D. Ці схеми враховують колісні бази, тобто відстані між сусідніми осями, які були прийняті як мінімальні (найневигідніші) серед всіх розглянутих варіантів [4,5].

Інформацію про багатовісні автомобілі, що пересуваються по автодорогах України, було зібрано на основі даних, наданих відділом штучних споруд Департаменту розвитку мережі доріг Укравтодору, інформації від ДержДорНДІ [7], а також даних, отриманих з обстежень транспортних потоків на магістральних дорогах України [5].

Технічні характеристики сидельних тягачів і напівпричепів були проаналізовані на основі "Краткого автомобільного справочника НИИАТ" та технічних паспортів [5]. В цьому аналізі були враховані як автомобілі виробництва країн СНД (КамАЗ, МАЗ, Урал), так і іноземних країн (Iveco, Renault, Mercedes-Benz, Volvo, Trailor, Frue-Hauf, Schmitz та інші).

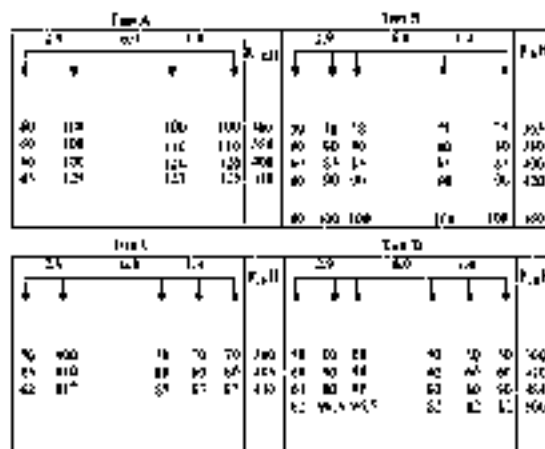


Рис. 2. Прийняті розрахункові схеми навантажень.

Для загальної оцінки інтенсивності навантажень було проведено порівняння впливу цих схем на дорожні покриття з використанням розрахункового навантаження 115 кН (чисельник) та 130 кН (знаменник) (табл. 1) [4-6].

Таблиця 1. Еквівалентна (у кількості розрахункових осей) сумарна дія сучасних транспортних засобів.

Тип т.з. за табл. 1	№ т.з. за табл. 1	Кількість розрахун- кових осей за 1 транспорт. т.з.	Загальна вага транс- портного засобу, т
А	1	1.8/1.05	36
	2	2.4/1.39	38
	3	3.3/1.92	40
	4	4.7/2.73	44
Б	1	0.9/0.524	36.5
	2	1.0/0.582	38.0
	3	1.2/0.698	40
	4	1.6/0.931	42
	5	2.4/1.397	46
С	1	1.0/0.582	36
	2	1.7/0.99	41
	3	2.3/1.34	44
Д	1	0.8/0.35	36
	2	1.0/0.582	42
	3	1.7/0.99	48.4
	4	1.9/1.11	50.0

Навантаження на осі було розглянуто в контексті як нормативних значень (відповідно до довідника), так і враховуючи можливе перенавантаження (на основі статистичних даних, наданих відділом штучних споруд Департаменту

розвитку мережі доріг Укравтодору). Загальна маса багатовісних вантажних автомобілів, залежно від прийнятих схем, становить наступне: для 4-вісних від 36 до 44 т; для 5-вісних від 36 до 46 т; для 6-вісних від 36 до 50 т.

Проведений аналіз транспортних потоків на дорогах [5,6], дозволяє визначити наявність транспортних засобів із надзвичайно великим навантаженням на вісь, конкретно в діапазоні 110-130 кН. Наприклад, серед цих транспортних одиниць можна відзначити тягач Мерседес-Бенц 2528, який притягнутий до причепа Kassboh загальною масою понад 40 т. У таких випадках навантаження на задню вісь тягача становить 130 кН, а на вісь причепа – 125 кН.

Другий приклад – тягач МАЗ (моделі 533702, 364229-028) з причепом або напівприцепом МАЗ-938602 з загальною масою до 35 т, і навантаженням на вісь в діапазоні 110-130 (іноді навіть 150) кН. Значення навантажень на вісь таких транспортних засобів у розрахунку на великі навантаження досягають 130 кН і навіть вище [6]. Підсумовуючи, ці вантажні одиниці, з навантаженням на вісь від 110 кН і більше, становлять значну частину транспортного потоку – до 7-9%. Для загальної оцінки інтенсивності навантаження за прийнятими схемами, необхідно перерахувати їх значення на розрахункове навантаження, яке становить 130 кН [6].

Висновки. Під час проектування доріг, призначених для руху багатовісних транспортних засобів та спеціалізованих автомобільних поїздів з великими вантажами, необхідно враховувати найбільше колісне навантаження (розрахункове навантаження Q_e), яке відображає вплив групи коліс, розташованих поряд.

Дані щодо цих навантажень, які діють на дорожнє покриття через автомобілі, автопоїзди сідельного типу, сільськогосподарську техніку, представлені в нормативній літературі та включають коефіцієнти для перетворення їх в розрахункові навантаження.

Список використаної літератури

1. Дорожнє покриття: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%96%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82_AASHO (дата звернення 15.03.25).
2. Жорсткий дорожній одяг: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%96%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82_AASHO (дата звернення 15.03.25).
3. Дорожній тест AASHO: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%96%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82_AASHO (дата звернення 15.03.25).
4. Порядок здійснення габаритно-вагового контролю транспортних засобів. URL: <https://wiki.legalaid.gov.ua/index>. (дата звернення 28.03.25).
5. Про затвердження Вимог до технічного стану тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо-будівельних і меліоративних машин, сільськогосподарської техніки, інших механізмів: веб-сайт. URL: https://ips.ligazakon.net/document/view/re16478?an=534&ed=2010_12_06 (дата звернення 28.03.25).

6. Ряпухін В.М. Обґрунтування розрахункового навантаження на магістральних дорогах України. *Вісник ХНАДУ*. 2019. вип. 86. С. 63-68.

В'ячеслав ОСАВОЛЮК⁴,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ АГРОІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ СУШІННЯ ГНОЮ ТА ПОСЛІДУ

Анотація. У статті проведено енергетичний аналіз технології сушіння гною та посліду. Досліджено основні енергетичні витрати процесу сушіння, визначено ефективність різних методів сушіння та їх вплив на якість кінцевого продукту. Особливу увагу приділено використанню відновлюваних джерел енергії для зменшення енергетичних витрат.

Ключові слова: енергетичний аналіз, сушіння гною, сушіння посліду, енергетичні витрати, методи сушіння.

Annotation. The article presents an energy analysis of the technology of drying manure and litter. The main energy costs of the drying process are investigated, the efficiency of various drying methods and their impact on the quality of the final product are determined. Particular attention is paid to the use of renewable energy sources to reduce energy costs.

Key words: energy analysis, manure drying, manure drying, energy costs, drying methods.

Вступ. Використання побічних продуктів тваринництва останнім часом привертає велику увагу в усьому світі через серйозний вплив на забруднення навколишнього середовища та економічні витрати [1].

За сучасних умов утримання та вирощування свійської птиці від однієї птахофабрики середньої потужності (400 тис. курей-несучок або 6 млн. курчат-бройлерів) на рік надходить до 40 тис. тонн пташиного посліду [2]. Така сама ситуація і на комплексах ВРХ. К утилізації такої кількості органічної маси сільгосппідприємства не підготовлені, через що гній/послід накопичується поблизу них, втрачає свої цінні якості та становить серйозну екологічну небезпеку для довкілля. серйозну екологічну небезпеку для навколишнього середовища. Ще одна проблема пов'язана зі зниженням обсягів внесення в ґрунт належним чином відферментованого гною і посліду. За даними Союзу тваринників Росії, понад 45% сільгоспвиробників не закладають гній у ґрунт [2].

⁴Науковий керівник – Єленич А.П., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК

Головні причини - довга підготовка до використання, необхідність у спеціальній техніці, а також не настільки швидкий ефект, як при використанні мінеральних добрив. Також застосування без обробки може стати небезпечним для довкілля та людей, оскільки таке застосування може призвести до поширення хвороб і забруднення ґрунту та ґрунтових вод. Використання гною/помету з високим вмістом вологи чинить найбільший негативний вплив на навколишнє середовище через збільшення викидів парникових газів, неприємного запаху та фільтрату.

Одним з ефективних рішень може стати сушіння і зниження вмісту води в гної/пометі, що допоможе вирішенню екологічних проблем, а також скоротить витрати на логістику, зберігання і застосування для сільгосппідприємств. Технології сушіння відіграють важливу роль у зниженні вмісту вологи в побічних продуктах тваринництва, що необхідно для екологічної стійкості та безпеки. Термічне сушіння швидко видаляє вологу з побічних продуктів тваринництва, запобігаючи гідролізу і біологічному розкладанню [3].

Сушіння - це термодинамічний процес, що включає тепло- і масоперенос і високу потребу в енергії для зниження вологості [4-8].

В даний час застосовуються дві технології сушіння гною/помету, пов'язані з використанням теплової енергії. Аналіз отриманих результатів вимірювань показав (таблиця 2), що вологість свіжого гною під час сушіння змінилася з 92% до 48,67%, маса сировини - з 16,78 кг до 2,68 кг, вологість твердої фракції - з 75% до 4,25%, маса - з 12,12 кг до 3 кг. Вологість свіжого посліду під час сушіння змінилася з 71% до 34%, маса сировини - з 20,98 кг до 8,06 кг, вологість підстилкового посліду - з 16% до 5%, маса - з 9,67 кг до 8,01 кг.

На малюнках 1 і 2 представлено діаграми споживання енергії та питомих енерговитрат під час сушіння свіжого гною ВРХ. Споживання енергії під час сушіння свіжого гною ВРХ змінювалося від 0,8235 до 3,319 кВт-год (рис. 1).

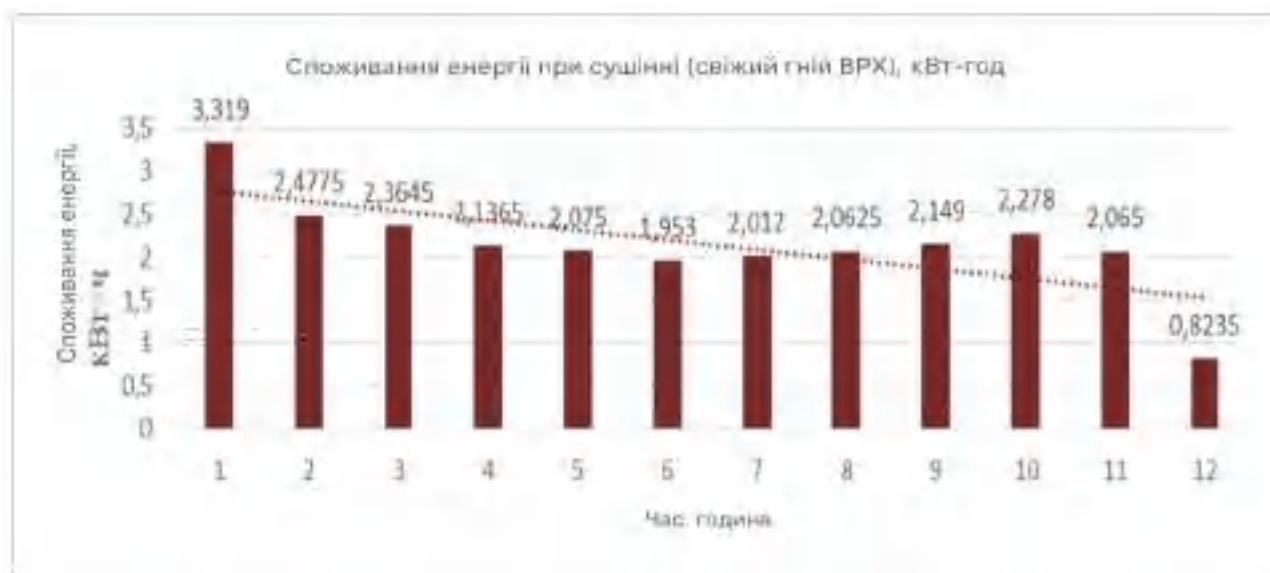


Рис. 1. Споживання енергії під час сушіння свіжого гною ВРХ.

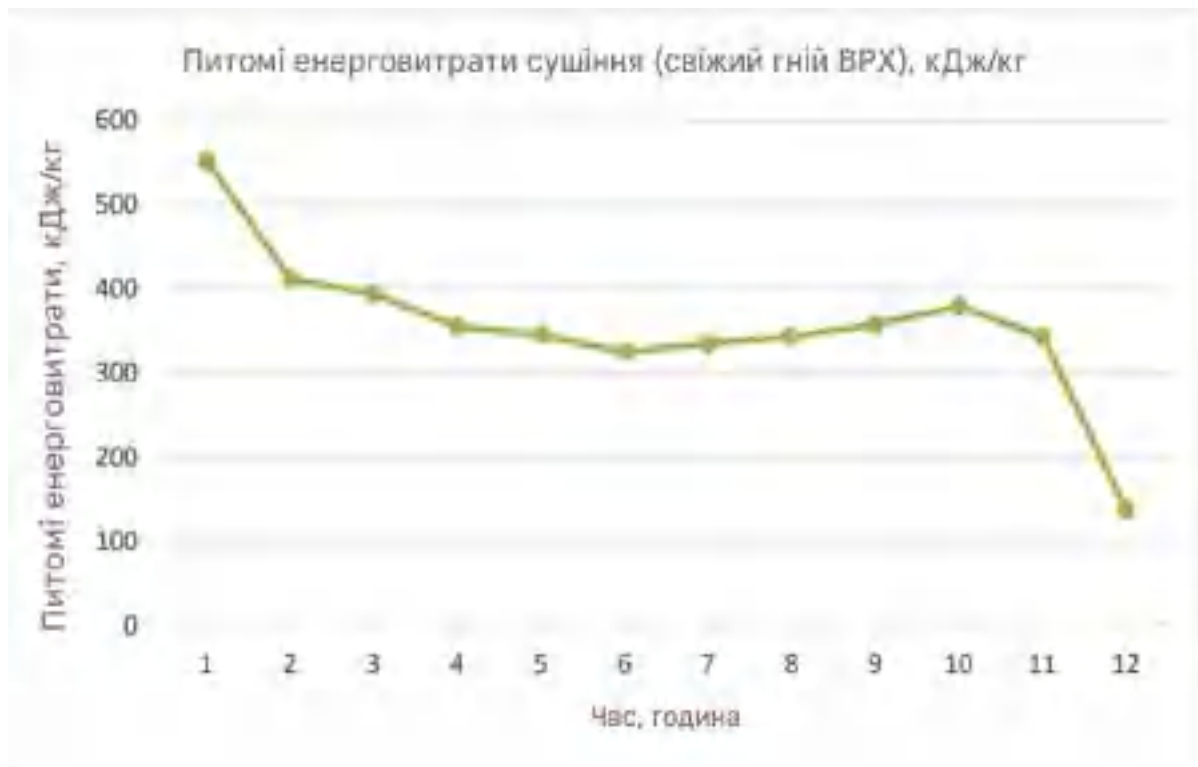


Рис. 2. Питомі енерговитрати сушіння свіжого гною ВРХ на кг видаленої вологи.

Питомі енерговитрати сушіння свіжого гною ВРХ на кг видаленої вологи змінювалися від 551 кДж/кг до 137 кДж/кг. На малюнках 3 і 4 представлено діаграми споживання енергії та питомих енерговитрат під час сушіння твердої фракції гною ВРХ.

Споживання енергії під час сушіння твердої фракції гною ВРХ змінювалося від 1,64 до 3,425 кВт-год (рис.3)

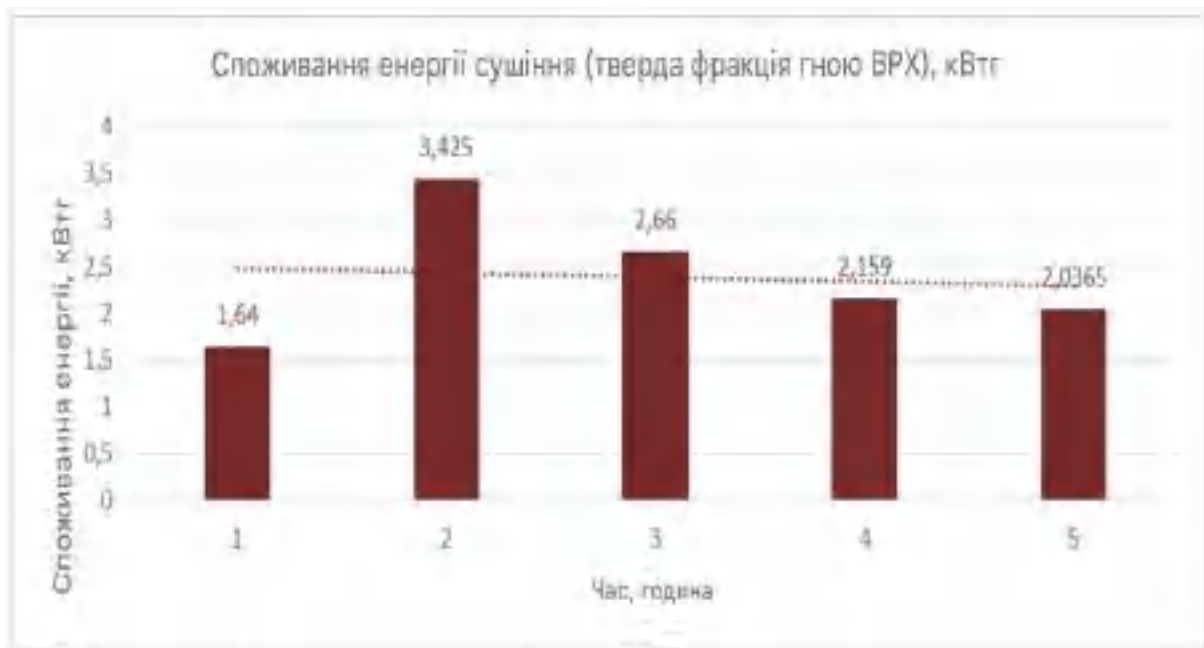


Рис. 3. Споживання енергії під час сушіння твердої фракції гною ВРХ.

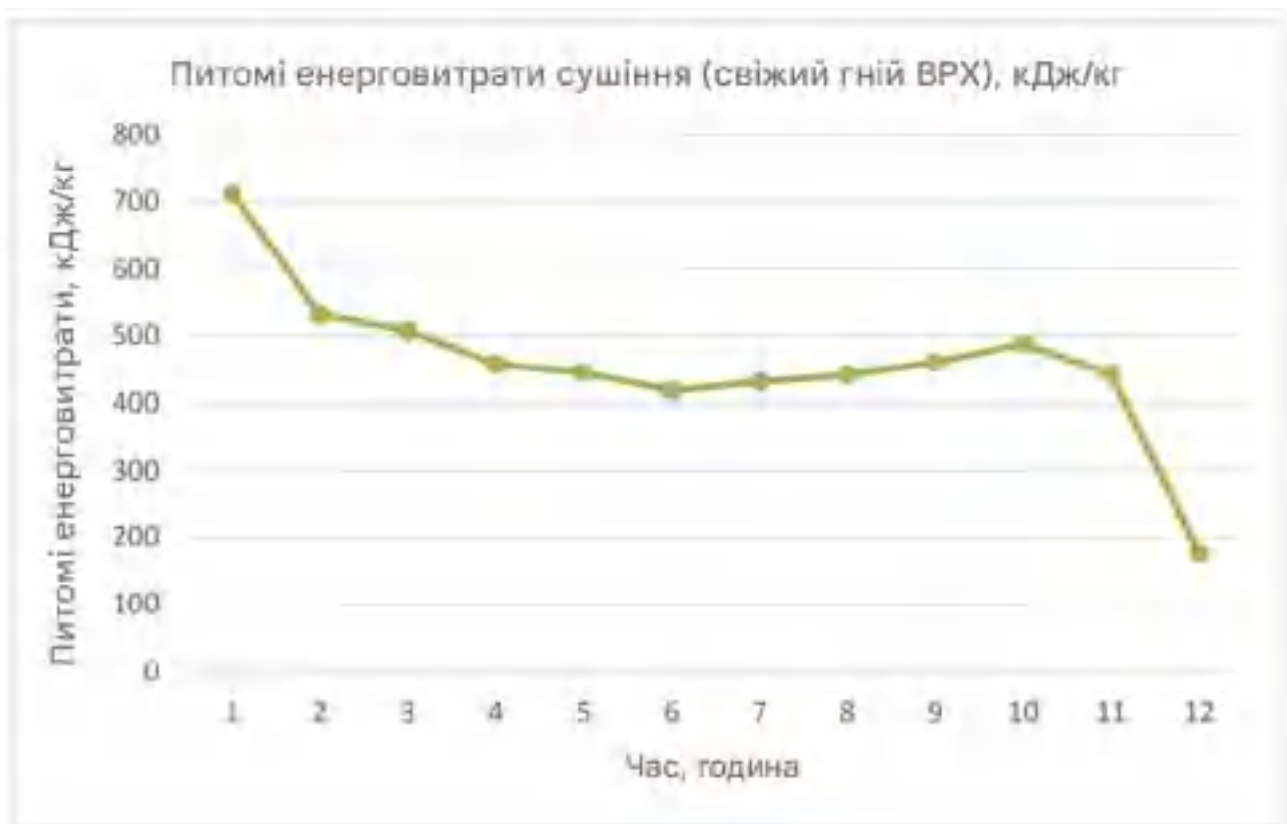


Рис. 4. Питомі енерговитрати сушіння твердої фракції гною ВРХ на кг видаленої води.

Питомі енерговитрати сушіння твердої фракції гною ВРХ на кг видаленої води змінювалися від 487 кДж/кг до 1017 кДж/кг.

На малюнках 5 і 6 представлено діаграми споживання енергії та питомих енерговитрат під час сушіння свіжого посліду. Споживання енергії під час сушіння підстилкового посліду змінювалося від 0,067 до 2,96 кВт-год (рис. 5)

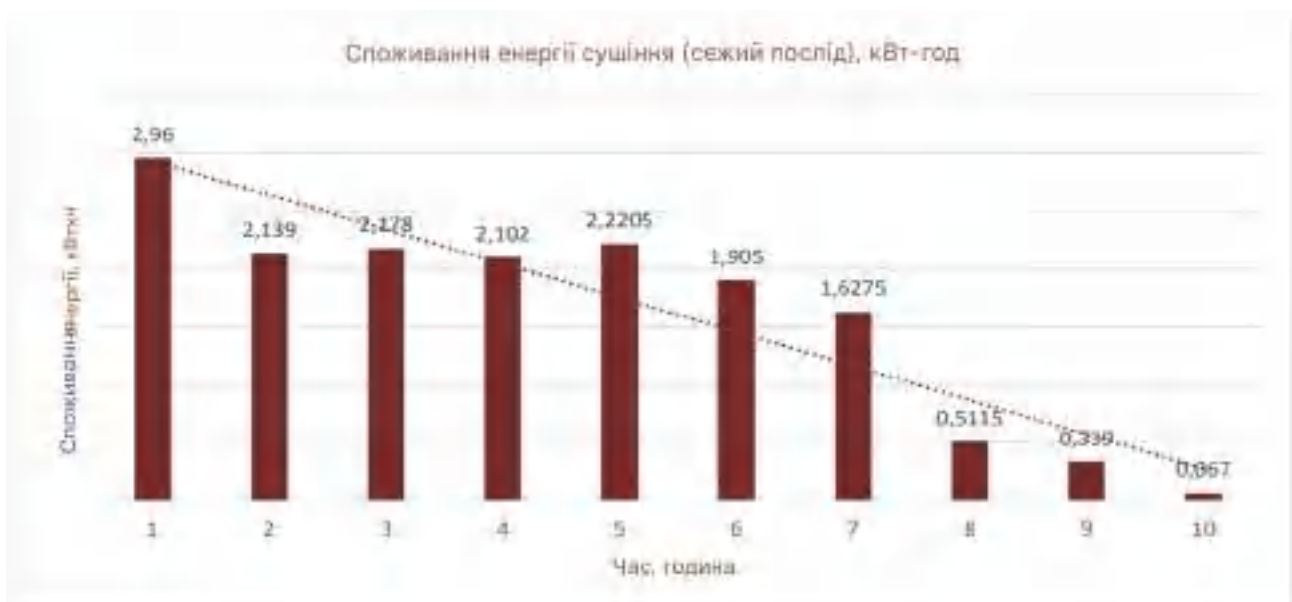


Рис. 5. Потребление энергии при сушке свежего гною.

Дослідження показали, що суттєвий вплив на тривалість сушіння має

початкова вологість сировини і, відповідно, вище споживання електроенергії при сушінні більш вологих побічних продуктів. Тривалість сушіння побічних продуктів становила від 3 годин для твердої фракції гною ВРХ і до 12 годин для свіжого гною ВРХ.

Для всіх досліджених зразків питомі енерговитрати сушіння спочатку становили максимальні значення і знижувалися до кінця процесу.

Залежно від вологості, пористості, липкості, сипучості та інших фізико-хімічних показників вихідного матеріалу в середньому питомі витрати на усушку 1 кг води установка споживала від 1,19 до 1,3 кВт-год/кг електричної енергії. На сушіння свіжого гною ВРХ з 92% до 49% установка споживала в середньому 1,3 кВт-год/кг електричної енергії. На сушіння свіжого курячого посліду з 71% до 36% установка споживала в середньому 1,19 кВт-год/кг електричної енергії.

Під час сушіння гною і посліду з вологістю понад 70% відбувається налипання і пригорання матеріалу на стінках нагрівального контуру. Наявний у конструкції сушарки шнек не очищає стінки, що своєю чергою призводить до зупинки процесу сушіння (свіжий гній у дослідженні досяг вологості 49%, свіжий послід - 36%).

Досушування сировини до нижчої вологості можливе під час повторного завантаження. Щоб цього не відбувалося, необхідний більш ефективний пристрій для очищення внутрішніх стінок сушарки. На сушіння твердої фракції гною ВРХ з 75% до 4% питомі енерговитрати склали 1,29 кВт-год/кг. Зниження витрат електроенергії можливе шляхом організації поточного режиму роботи установки без повного охолодження нагрівального контуру.

Висновок. Це дослідження демонструє можливість використання автоматизованої сушарки замкнутого типу для сушіння побічних продуктів тваринництва (на прикладі гною ВРХ та посліду). Особливістю установки є наявність конденсації викидів, практично повна відсутність викидів забруднювальних речовин і кліматично активних речовин в атмосферу в процесі сушіння матеріалу без застосування додаткової системи їх очищення на відміну від тунельних або барабанних сушильних установок. Було проведено вимірювання витрат енергії під час сушіння побічних продуктів тваринництва.

Значне споживання енергії здебільшого здійснювалося на початковому етапі сушіння. Питомі енерговитрати на зневоднення матеріалу становили: для свіжого гною ВРХ - 1,3 кВт-год/кг; для твердої фракції гною ВРХ - 1,29 кВт-год/кг; для свіжого курячого посліду - 1,19 кВт-год/кг. Найбільш доцільним бачиться розгляд застосування автоматизованої сушарки при вирішенні завдань сушіння побічних продуктів тваринництва сушарки при вирішенні завдань сушіння побічних продуктів тваринництва вологістю не понад 72% із завданням подальшої їх доробки (грануляції, пелетування, брикетування тощо).

Список використаної літератури

1. Розборський В.В. Дослідження процесу сушіння зерна в сушарках періодичної дії: Дипломна робота. Вінниця. 2017. 110 с.

2. Погожих М.І., Потапов В.О., Пак А.О., Жеребкін М.В. Енергоефективні технології та техніка сушіння харчової сировини: навчальний посібник. Харків. ХДУХТ. 2016. 234 с.

3. Сінченка В.М. Енергетична верба: технологія вирощування та використання: навчальний посібник. Вінниця: ТОВ «НіландЛТД». 2015. 340 с.

4. Журавель С.В., Кравчук М.М., Кропивницький Р.Б. та ін. Органічні добрива: навчальний посібник. Житомир: Вид-во Поліського ун-ту. 2020. 200 с.

5. Савченко Д.В. удосконалення технології електрознезаражування підстилкового гною під час отримання органічного добрива: кваліфікаційна робота. Житомир. 2023. 40 с.

6. Сучасна технологія переробки гною і посліду бактеріями: веб-сайт. URL: <https://vodograi.org/uk/library/farm/technology/> (дата звернення 07.03.2025).

Максим ПРИТОЛЮК⁵,

студент 1 курсу,

інженерно-технологічний факультет,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна.

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗНАЧЕННЯ У СУЧАСНОМУ СВІТІ

Анотація. У статті розглядається сонячна енергетика як екологічно чисте та перспективне джерело енергії. Описуються основні напрями використання сонячного випромінювання для отримання тепла й електроенергії, зокрема геліотермальна енергетика, використання теплових машин та фотогальванічних модулів.

Ключові слова: сонячна енергетика, геліотермальна енергетика, фотогальванічні модулі, відновлювані джерела енергії, енергоефективність.

Annotation. The article examines solar energy as an environmentally friendly and promising energy source. It describes the main directions of solar radiation utilization for heat and electricity production, including heliothermal energy, the use of thermal machines, and photovoltaic modules.

Keywords: solar energy, heliothermal energy, photovoltaic modules, renewable energy sources, energy efficiency.

Вступ. Сонячна енергетика – це спосіб використання сонячного світла для виробництва електроенергії або тепла. Вона задіює сонячну радіацію для продукування тепла й електроенергії за допомогою сонячних електростанцій і геліосистем. Ці технології екологічно чисті та можуть бути використані на

⁵Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

протязі довгого часу. Головна мета полягає у безперервному поліпшенні технологій збору та зберігання сонячної енергії.

Сонячну енергетику можна розділити за такими напрямками:

1. Геліотермальна енергетика використовує пряме перетворення сонячного випромінювання в теплову енергію для нагрівання теплоносія, який потім використовується для опалення та забезпечення гарячої води.

2. Електроенергія отримується через використання теплових машин, які працюють від сонячного тепла, що нагріває робоче середовище.

3. Виробництво електроенергії з використанням сонячних модулів або акумуляторів, котрі перетворюють сонячні промені.

Україна має великий потенціал для розвитку сонячної енергетики, що стає надзвичайно важливим у зв'язку з проблемами, пов'язаними з використанням звичних джерел енергії. Застарілі технологічні процеси та обладнання, виснаження ресурсів основних засобів виробництва електроенергії та тепла, а також низька ефективність використання палива спричиняють значні викиди в навколишнє середовище.

Тому перехід до джерел енергії, які є ефективними з точки зору енергоспоживання й екологічно безпечними, як-от сонячна, виглядає найбільш багатообіцяючим рішенням для країни.

Виклад основного матеріалу. Типи сонячних батарей. Для перетворення сонячного випромінювання в теплову або електричну енергію використовують спеціальні пристрої, які називають сонячними панелями. Сонячна панель – це конструктивний елемент, що складається з фотомодулів, які у свою чергу містять фотоелементи або фотоелектричні перетворювачі.

Сонячний елемент (фотоелемент, фотоелектричний перетворювач) – це напівпровідниковий пристрій, призначений для перетворення світлової енергії в електричну. Перетворення сонячного випромінювання в енергію базується на принципі фотоелектричного ефекту.

Будь-яка сонячна електростанція оснащена фотомодулями. Ці компоненти можуть бути двох основних типів:

1. Полікристалічні — виготовляються з переплавлених фрагментів кристалів.

2. Монокристалічні — створюються з цілісного кристала кремнію [1].

Монокристалічні сонячні батареї. Монокристалічні сонячні панелі - це високотехнологічні пристрої, розроблені для перетворення сонячної енергії та забезпечення об'єктів чистою безкоштовною електроенергією. Ця інноваційна технологія радикально змінила сферу фотоенергетики і на сьогоднішній день є найбільш передовою на ринку сонячних батарей. Монокристалічні панелі виготовляються з монокристалів кремнію, які вирощуються у спеціальних вакуумних печах. Чистота молекулярної структури такого кристала сягає 99,99%, що призводить до підвищення коефіцієнта корисної дії [2]. Монокристалічні сонячні панелі мають ряд переваг, які важливо враховувати при їх використанні. Переваги:

1. Високі показники роботи завдяки високому ступеню очищення кремнію.

2. Високий рівень продуктивності, що зазвичай становить від 18 до 23% , що робить їх дуже популярними серед споживачів.

3. Здатність функціонувати з високою віддачею навіть за умов поганого освітлення, зокрема значної хмарності.

4. Компактність, що дозволяє ефективно використовувати обмежений простір для розміщення панелі, забезпечуючи при цьому високу продуктивність.

5. Тривалий термін служби, адже гарантований період експлуатації монокристалічної панелі становить від 25 до 30 років [3].

Недолік:

Головним недоліком є їхня висока ціна, що може вимагати значних інвестицій для встановлення, особливо в порівнянні з полікристалічними елементами.

Полікристалічні сонячні батареї.

Полікристалічні сонячні панелі – це тип сонячних панелей, які виготовляються з кремнію, але, на відміну від монокристалічних панелей, вони використовують кремній, що існує у вигляді кристалів з нижчим ступенем очищення. Сонячні панелі з полікристалічного кремнію містять кілька кристалів кремнію, поєднаних в одному фотоелектричному модулі.

Кремнієві частинки сплавляються разом та формують пластини для таких сонячних панелей.

Розглянемо переваги полікристалічних батарей: 1. Полікристалічні сонячні панелі вважаються більш екологічними, оскільки їх виробництво не потребує індивідуальної обробки та розміщення кожного кристала, а також значна частина кремнієвого матеріалу переробляється під час виробництва. 2. Низька вартість пов'язана з використанням методу виготовлення цих панелей, який не вимагає значних витрат.

Недоліки: 1. Низький показник продуктивності. Він становить від 14 до 18%. Це є наслідком низького рівня чистоти кремнію. 2. Чутливість до перепадів температури. Такі панелі мають певний поріг температурного режиму [3].

На рис. 1. зображено монокристалічну та полікристалічну сонячні панелі.

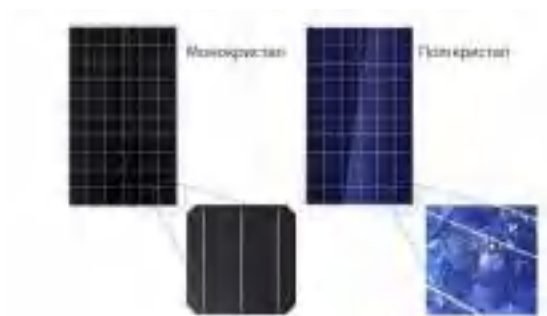


Рис. 1. Монокристалічна та полікристалічна сонячна панель.

Види сонячних електростанцій. Зростання цін на енергоресурси, постійні відключення електроенергії та залежність від централізованого постачання - ці питання знайомі майже кожному власникові оселі.

Одним з альтернативних шляхів для тих, хто прагне до ефективного та

екологічного рішення, є застосування сонячної енергії. Сонячні електростанції для приватних будинків набирають популярності в Україні, і наш проєкт – одна з таких пропозицій. Сонячна система, також відома як фотоелектрична (PV) система, — це технологія, що перетворює сонячне випромінювання на електрику за допомогою сонячних панелей.

Сучасні сонячні станції, розташовані на дахах будинків, можуть бути відмінним рішенням, що забезпечує опалення, гарячу воду та електропостачання для всього будинку. Їх функціональність та можливості можуть варіюватися в залежності від пори року, проте переваги їх використання безсумнівні [4].

Сонячні електростанції поділяються на кілька видів: автономні, мережеві та гібридні. Розглянемо, чим вони відрізняються.

Автономна сонячна електростанція - це складний механізм, що трансформує сонячні промені в електричну енергію, гарантуючи стабільне постачання електрики без приєднання до централізованої мережі. Основна задача такої системи – генерування електроенергії для забезпечення потреб будівлі. Такі системи використовують, щоб забезпечити енергією окремі об'єкти незалежно від доступності чи надійності централізованої електромережі. Акумулятори накопичують надлишок енергії, який використовується під час періодів низької сонячної активності або вночі. Ключовий принцип функціонування автономної станції полягає в перетворенні сонячного світла в електричний струм за допомогою сонячних панелей, збереженні енергії в батареях, а потім перетворенні постійного струму в змінний за допомогою інверторів. Типовий устрій такої системи складається з сонячних панелей, контролера заряду, акумуляторів та інверторів.

Гібридні сонячні електростанції вміло об'єднують сильні сторони обох попередніх систем. Вони здатні функціонувати як з акумуляторними батареями, так і з електричною мережею, миттєво перемикаючись між цими джерелами для гарантування безперебійного електроживлення. Крім того, подібні станції можна налаштовувати індивідуально, наприклад, для регулювання підігріву води або заряджання електромобіля з урахуванням періоду доби та наявності сонячної енергії [1].

Гібридна сонячна електростанція. Гібридна сонячна електростанція – це технічний пристрій, створений для генерації електрики через пряме перетворення сонячного випромінювання. Ця установка є складною системою, яка поєднує в собі можливості мережевої та автономної електростанцій. Гібридна сонячна електростанція використовує сонячну енергію для виробництва електроенергії. Завдяки своїм особливостям, гібридна СЕС може використовуватися також для продажу виробленої електрики до мережі за Зеленим тарифом.

На рис. 2 зображено схему гібридної СЕС на даху будинку.

Гібридні сонячні фотоелектричні системи з можливістю резервного живлення знайшли своє застосування там, де є доступ до централізованої електромережі, але її функціонування не відрізняється стабільністю. Ці резервні установки дають можливість забезпечувати споживачів електроенергією у

випадках відключення централізованої мережі або ж нездатності задовольнити поточні потреби.



Рис. 2. Схема гібридної сонячної електростанції на даху будинку [9].

Вироблена сонячними панелями енергія поступає в гібридний інвертор, що перетворює її на напругу 220В чи 380В, після чого енергія подається безпосередньо в електромережу будинку.

До складу гібридної СЕС включено:

1. Сонячні панелі - це фотоелектричні модулі, що використовуються для перетворення сонячного світла на електричний струм постійного значення. Найбільш вживані пристрої працюють на основі кристалічного кремнію: монокристалічні та полікристалічні сонячні батареї.

2. Гібридний інвертор - це пристрій, основне завдання якого - зміна постійного струму, що генерується сонячними панелями, на змінний струм, придатний для забезпечення електроживленням побутових приладів. Гібридний інвертор постійно відстежує та регулює виробіток електроенергії, контролює поточний стан мережі. Вбудовані захисні механізми спрацьовують у разі перевантаження або інших негативних умов експлуатації.

3. Акумулятор - це пристрій, який використовується для накопичення та зберігання електричної енергії, отриманої від сонячних панелей. Вони забезпечують можливість використання електроенергії тоді, коли сонячного світла немає, наприклад, вночі або в періоди хмарної погоди.

4. Контролер - пристрій, відповідальний за захист акумуляторної батареї від перезарядження, що може статися через надмірну потужність, що надходить від сонячних панелей. Крім того, він відстежує точку максимальної потужності сонячних панелей, щоб оптимізувати їхню ефективність та забезпечити максимально продуктивну роботу всієї сонячної енергетичної системи.

На рис. 3 візуально зображені всі пристрої, що входять до складу гібридної СЕС.

До гібридних сонячних електростанцій можна підключити всі доступні джерела енергії: сонячні панелі, зовнішню електромережу та за потреби резервний електрогенератор. Головним джерелом живлення в таких системах, все ж таки, є сонячні модулі.



Рис. 3. Структурна схема гібридної сонячної електростанції.

У сонячні дні вони забезпечують дім електроенергією, паралельно заряджаючи акумуляторні батареї. Коли небо хмуре, або ж вночі, коли потужності сонячних модулів не вистачає, а акумулятори розряджені, інвертор автоматично перемикає живлення на зовнішню мережу, щоб забезпечити будинок електрикою і зарядити батареї до необхідного рівня. Якщо сонячні панелі не виробляють достатньо електроенергії, а акумулятори розрядилися, система автоматично перемикається на зовнішню мережу через інвертор, щоб забезпечити дім енергією. Зарядження акумуляторів від зовнішньої мережі відбувається до моменту досягнення ними необхідного рівня.

Переваги та недоліки гібридної сонячної електростанції. Переваги:

1. Безперебійне електроживлення: завдяки автоматичному переключенню між накопичувачами енергії та електричною мережею, гібридна СЕС гарантує стабільне живлення, забезпечуючи безперебійну роботу всієї системи.

2. Рациональне використання акумуляторів: гібридна станція накопичує надлишок сонячної енергії в акумуляторах для застосування у періоди низької сонячної активності.

3. Гнучкість та прибуток: гібридна сонячна система може взаємодіяти з електромережею, передаючи надлишкову енергію для отримання фінансової вигоди. Це дає можливість гнучко використовувати сонячну енергію та стимулює економічну доцільність.

4. Індивідуальне налаштування: гібридні сонячні станції дозволяють визначати пріоритети споживання сонячної енергії для різних задач, що робить систему максимально адаптованою до потреб.

5. Тривалий термін експлуатації: щонайменше 25 років. Тривала робота гібридної станції гарантує стабільне та результативне виробництво електроенергії протягом тривалого періоду часу, що позитивно впливає на фінансову вигоду та зменшення шкідливих викидів у повітря.

6. Енергетична незалежність: гібридні системи збільшують автономність енергозабезпечення, забезпечуючи резервне живлення навіть за умов недостатньої сонячної активності або перебоїв в роботі електромережі.

Негативний аспект: Значні стартові витрати: для встановлення та налаштування гібридних установок потрібні чималі фінансові вкладення.

Гібридний інвертор. Сонячна енергія здобуває популярність як відновлюване джерело енергії, оскільки багато хто бачить у ній шанс зменшити рахунки за електроенергію та скоротити викиди вуглецю. Інверторна технологія

відіграє центральну роль у сонячних системах. Гібридні сонячні інвертори стають привабливим вибором, об'єднуючи переваги обох типів систем – мережевих і автономних[6-8].

Гібридний інвертор - це спеціалізований пристрій, що перетворює електричну енергію постійного струму, згенеровану фотомодулями або збережену в батареях, у змінний струм для власного споживання чи передачі до мережі. Також він може приймати змінний струм з мережі для заряджання акумуляторів. Гібридний сонячний інвертор інтегрує функції мережевих та автономних інверторів. Це дозволяє споживачу підключати сонячні панелі до мережі та накопичувати надлишок енергії в акумуляторах для використання під час відключень електроенергії або вночі. Гібридні інвертори - це практичний та ефективний спосіб використання сонячної енергії. Вони дають можливість заощаджувати на рахунках за електроенергію та забезпечувати безперебійне електропостачання. [5-6] Загалом, гібридні інвертори сприяють більш гнучкому та керованому використанню енергії, а також допомагають знизити негативний вплив споживання електроенергії на навколишнє середовище, завдяки ширшому застосуванню альтернативних джерел енергії.

Принцип роботи: 1. Під дією сонячного проміння сонячні панелі виробляють постійний струм (DC). 2. Постійний струм від сонячних панелей надходить до інвертора. 3. Інвертор трансформує постійний струм у змінний струм (AC), що можна використати для живлення електроприладів та електроніки. 4. Зайвий змінний струм можна спрямувати для заряджання акумуляторної батареї. 5. Інвертор також здатен перетворювати постійний струм з акумуляторів у змінний струм, якщо електромережі немає. 6. Відповідно до налаштувань, інвертор може продавати надлишкову електроенергію до мережі, за наявності попиту.

На рис.4. показано схему підключення гібридного інвертора.

Переваги гібридного сонячного інвертора у порівнянні зі звичайним мережевим:

1. Накопичення енергії: Найбільша перевага гібридного інвертора - його здатність зберігати енергію. Він вміє акумулювати надлишки сонячної енергії, виробленої вдень, щоб використовувати її у періоди низької сонячної активності чи вночі, коли генерація менша.

2. Резервне живлення: Гібридний сонячний інвертор може працювати як резервне джерело живлення, що є його важливою перевагою у випадку збоїв у електромережі. На відміну від мережевих інверторів, він здатний забезпечити незалежне живлення при відключенні електрики, використовуючи запаси сонячної енергії або енергії з акумуляторів.

3. Гнучкість та модульність: Гібридний сонячний інвертор розроблений як гнучка та модульна система, що дозволяє нарощувати та модернізувати вашу енергетичну установку.

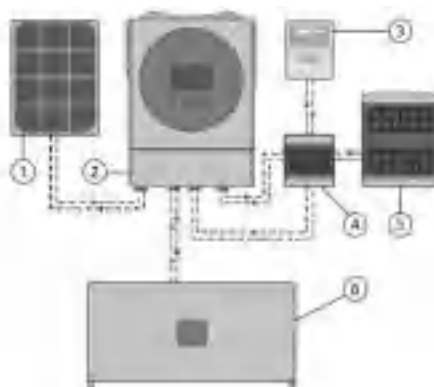


Рис. 4 . Схема підключення інвертора у гібридній СЕС [11]:

1 – фотомодулі; 2 – гібридний інвертор; 3 – лічильник; 4 – розподільний щит інвертора; 5 – розподільний щит будинку; 6 – акумулятор.

4. Висока енергоефективність: Гібридні сонячні інвертори мають високу енергоефективність, оскільки вони здатні виконувати дві основні функції: перетворювати постійний струм, згенерований сонячними панелями, у змінний струм для живлення вашого будинку, а також перетворювати змінний струм у постійний для зберігання в батареях.

5. Більший контроль: Гібридний сонячний інвертор надає більшу свободу у керуванні споживанням енергії. Ви можете самостійно вирішувати, коли використовувати енергію з сонячних панелей, коли зберігати її в батареях, а коли брати енергію з мережі.

Недоліки гібридного інвертора:

1. Ціна: початкова вартість гібридних сонячних інверторів вища, через наявність додаткових опцій, наприклад, вбудованого контролера заряду та системи керування акумулятором. Також слід враховувати витрати на акумулятори, які використовуються разом із цими інверторами.

2. Складність монтажу: Установка гібридних сонячних інверторів може виявитися складнішою порівняно зі звичайними моделями через необхідність інтеграції контролера заряду та системи управління акумулятором, що може збільшити обсяг монтажу проводки та потребувати налаштувань. Така складність може ускладнити процес встановлення та може потребувати послуг кваліфікованого фахівця з монтажу сонячних панелей.

Висновок. Сонячна енергетика є ключовим напрямом у сфері відновлюваних джерел енергії. Вона має значний потенціал для розвитку завдяки екологічним перевагам та технічному прогресу. В Україні існують сприятливі умови для розширення сонячних електростанцій, що сприятиме енергетичній незалежності країни.

Список використаної літератури

1) Види сонячних фотопанелей: веб-сайт. URL: <https://www.atmosfera.ua/media/tipisonyachnih-elektrostantsij> (дата звернення 14.03.2025).

- 2) Монокристалічні сонячні панелі: веб-сайт. URL: https://hexagonenergy.com.ua/ua/monokristallicheskie_paneli (дата звернення 14.03.2025).
- 3) Переваги та недоліки різних типів сонячних панелей: веб-сайт. URL: https://solarsystem.com.ua/yaki-sonyachni-paneli-krashhi-monokrystalichni_chypolikrystalichni/ (дата звернення 14.03.2025).
- 4) Сонячні електростанція. Види та відмінності: веб-сайт. URL: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/sonyachna-elektrostantsiya-vydyta-vidminnosti> (дата звернення 14.03.2025).
- 5) Сонячна електростанція під «зелений тариф» : веб-сайт. URL: <https://solensy.com.ua/zelenyj-taryf/> (дата звернення 14.03.2025).
- 6) Гібридна сонячна електростанція: веб-сайт. URL: https://sun-energy.com.ua/solarpower/solar-power-plants/gibrydna_sonyachna_elektrostantsia_elit_6kwt (дата звернення 14.03.2025).
- 7) Гібридні сонячні електростанції: веб-сайт. URL: <https://alteco.in.ua/ua/hibrydnisoniachni-elektrostantsii> (дата звернення 14.03.2025).
- 8) Підключення інвертора у гібридній СЕС: веб-сайт. URL: <https://sontsedaruie.com.ua/gibridna-sonyachna-elektrostantsiya/> (дата звернення 14.03.2025).

Maksym STEPANENKO⁶,

2nd year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

USE OF MODERN AUTOMATED TECHNOLOGIES IN FARMING

Annotation. *The article examines the automation system in the agricultural sector. The advantages and disadvantages of automation are considered, as well as its impact on increasing productivity, reducing costs and reducing physical labor. Automation is an important direction that contributes to the progress and efficiency of agriculture.*

Key words: *automation, efficiency, quality, accuracy, development, productivity, minimization.*

Анотація. *У статті досліджується система автоматизації в аграрному секторі. Розглянуто переваги й недоліки автоматизації, а також її вплив на підвищення продуктивності, зменшення витрат і скорочення фізичної праці. Автоматизація є важливим напрямком, що сприяє прогресу та ефективності сільського господарства.*

⁶Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу

Ключові слова: автоматизація, ефективність, якість, точність, розвиток, продуктивність, мінімізація.

Introduction. Efficient distribution of water, fertilizers, plant protection products, rational use of human resources, saving time - all this will be possible with farm automation.

Automation in agriculture plays an important role in the cultivation and processing of agricultural products. However, the full integration of automated solutions into farms faces a number of challenges, such as the high cost of implementing new technologies, the need to train specialists to work with them, and the adaptation of existing infrastructures. Let's analyze the impact of automation on agricultural work, drones, irrigation and feeding systems, as well as ways to reduce the impact on the environment.

In today's context, climate change, growth of food needs and cost optimization, automation in the agricultural sector becomes extremely relevant. The use of intellectual management systems allows to achieve stable yields, reduce losses, optimize the use of resources (water, fertilizers, energy) and minimize the impact of the human factor. In this regard, research of automation systems is a priority direction of modern agrarian science.

The goal is to introduce the latest technologies in agriculture that allow for significantly reducing physical effort and significantly increasing productivity by automating all processes.

Presentation of the main material. Farm automation processes help to solve many problems. When using innovative robotic technology, it is worth noting the accuracy of the operation of such devices. A variety of sensors allow you to achieve accuracy in performing tasks, carry out all processes qualitatively and in a timely manner [1].

Moreover, automated devices are able to work indefinitely to complete current tasks. Unlike humans, robots cannot get tired, get sick, or take sick leave.

Among the main benefits of automation for farmers are:

- hidden opportunities – if a farmer has this system, then all work processes are accessible and convenient for banking;
- possibility of remote control;
- reduction of the number of human labor by 10-15;
- economic benefit.

Automation increases the time utilization factor by depicting statistics, thanks to which it is possible to optimize the cultivation technology, improving the quality and quantity of the harvest [2, 3].

Monitoring is a key component of automation systems, and it is provided:

- collecting and analyzing real -time data (soil temperature, humidity level, leaf apparatus, pest, etc.);
- prompt response to adverse conditions;
- prediction of yields and biotic threats;
- optimization of costs for production means;

– improving the quality of agricultural products due to accurate adherence to agrotechnological parameters.

The size of the investment depends on a number of factors, including the size of the installation, the location of the farm, the available energy sources and their prices, as well as the final design of the entire installation.

Improving the operation of agricultural machinery to automate field work. To optimize field work, new agricultural machinery is actively used, the main feature of which is connection to specialized GPS positioning systems. Thanks to these functions, each enterprise manager has the opportunity to track the location of the equipment and familiarize himself with the operation it is performing at a specific time [3].

The use of GPS for tractors has been recognized as particularly effective, as installing this system in this agricultural machinery opens up a lot of possibilities. Thanks to GPS, the tractor automatically plots the optimal route through the field during tillage, sowing or harvesting, which helps to avoid overlaps and omissions, reducing fuel costs and equipment wear [4].

Field mapping. As a tractor moves across a field, it automatically records terrain data, including information on soil moisture and type, topography, and other parameters that can be used to optimize field cultivation, irrigation, or fertilizer application [4].

Sectional control of equipment. GPS in the tractor can be used to automatically control the on and off of sections of processing equipment, such as fertilizer spreaders or sprayers. This helps to avoid overlapping and moving processing areas [4].

In addition to installing the GPS system, other improvements to agricultural machinery are also being made. Thus, the Egritech company is constantly updating its agricultural machinery, keeping up with all the technical innovations. For example, Egritech storage bunkers are already designed in such a way that they can be operated independently by the tractor driver, and there is no need to involve an additional person to work with the bunker (Fig. 1) [1].



Fig. 1 Agrotech storage and reloading bunkers [1].

The main types of automation in farming include:

1. Autonomous machinery. Unmanned tractors and combines can perform tasks without a driver, such as plowing, sowing, tilling, and harvesting. Drones are used to monitor crops, apply fertilizers, and apply pesticides.

2. Robotization. Robotic systems for harvesting, especially for complex crops (berries, fruits), which are difficult to automate with traditional methods. Milking robots in dairy farms that automate the process of milking cows.

3. Precision farming systems. The use of GPS technology, moisture sensors, and other sensors to precisely control agricultural operations such as sowing, watering, and fertilizing.

4. Yield maps and soil maps allow you to determine the most optimal areas for cultivation.

5. Internet of Things (IoT). Smart sensors in the fields that monitor soil conditions, moisture levels, temperatures, and CO₂ levels help manage farming processes in real time. Irrigation management systems allow for precise adjustment of water supply, saving resources and increasing yields.

6. Livestock automation. Automatic feeding systems that dose feed depending on the needs of animals. Monitoring animal health using sensors that track activity, weight, and general condition.

7. Agriinformatics. Using Big Data to analyze large amounts of information from fields and livestock complexes in order to optimize production processes. Forecasting yield and other indicators using artificial intelligence.

These technologies contribute to increased productivity, reduced resource use, and improved product quality [2, 7]

Agrodrone are being introduced to automate the processes of growing and processing agricultural products, and can perform tasks such as sowing, harvesting, and tilling. They operate continuously and without fatigue, which allows for increased productivity and reduced labor costs (Fig. 2) [7].



Fig. 2. Agrodrone: DJI Agras T16 [7].

Automation in agriculture also includes the use of irrigation and feeding systems. Modern irrigation systems can regulate the amount of water supplied to the fields,

depending on the needs of the plants and weather conditions. This helps to reduce water consumption and ensure irrigation efficiency.

Plant feeding systems are used to precisely apply fertilizers and various chemicals to the soil. This allows for optimizing crop growth and increasing yields. In addition, this automation helps reduce environmental pollution, as fertilizers and chemicals are applied accurately and in limited quantities (Fig. 3) [4].



Fig. 3. Polina system [4].

Automation in agriculture also helps reduce environmental impact. The use of precision irrigation and feeding systems reduces the consumption of resources such as water and fertilizer. This helps conserve natural resources and reduces pollution of soil and water sources.

Drones and agricultural robots help grow more produce in smaller areas, which allows preserving natural ecosystems and land resources. Thus, automation in agriculture contributes to sustainable and environmentally friendly production.

Conclusion. Farming automation opens up new opportunities for increasing the efficiency and productivity of agricultural enterprises.

The use of modern technologies, such as robotics, artificial intelligence, the Internet of Things and unmanned aerial vehicles, allows you to significantly optimize production processes, minimize the impact of the human factor and reduce resource consumption.

As a result of the implementation of such technologies, product quality increases, crop losses are reduced, and control over the condition of crops and animals is improved, which generally contributes to the sustainable development of agriculture.

Automation and monitoring in agriculture is an integral part of modern agrarian transformation. They provide flexibility, predictability and constancy of production, which is especially important in the conditions of unstable climate and global economic challenges. Further research in this area will facilitate the construction of an intellectual agro -sector of the future.

References

1. Storage bunkers and reloaders from Egritech: website. [URL: https://egritech.org/wp-content/uploads/2020/11/1080_1080_BNP](https://egritech.org/wp-content/uploads/2020/11/1080_1080_BNP)(date of access 18.03.2025p.)

2. Agricultural automation for efficiency: website. URL: <https://ua.kinsealhmi.com/info/agricultural-automation-for-efficiency-99296518.html> (date of access 18.03.2025p.).
3. Development directions of machines for preparation and application of fertilizers. Agricultural machinery: electronic manual: website. URL: <https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/2/2.htm#%D1%94215> (date of access 18.03.2025p.).
4. Application of herbicides using UAVs: website. URL: <https://roboticagrosystems.com/vnesennya-dobriv/> (date of access 18.03.2025p.).
5. Kholodyuk O.V. Global navigation satellite systems and their role in precision farming technologies. Engineering, energy, transport of the agricultural complex: scientific journal. Vinnytsia. 2020. No. 2(109). P. 71-87.
6. Improvement of agricultural machinery and automation of field work: website. URL: <https://egritech.org/uk/korisna-informaciya/vdoskonalennya-agrotehniky-ta-avtomatyzacziya-robit-u-poli/> (date of access 18.03.2025p.).

Олександр СВІДЕРСЬКИЙ⁷,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ІНЕРЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ПНЕВМАТИЧНОГО НАВАНТАЖУВАЧА КОНЮШИНИ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню роботи інерційного сепаратора пневматичного навантажувача конюшини. Проаналізовано принцип його дії, ефективність відокремлення домішок та вплив конструктивних і технологічних параметрів на продуктивність. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації процесів очищення насіння.

Ключові слова: терка для конюшини, інерційний сепаратор, ступінь легких домішок, повітряний потік.

Anotation. The article is devoted to the study of the operation of the inertial separator of a pneumatic clover loader. The principle of its operation, the efficiency of separating impurities, and the influence of design and technological parameters on productivity are analyzed. The results obtained can be used to optimize seed cleaning processes.

Key words: clover grater, inertial separator, degree of light impurities, air flow.

⁷Науковий керівник – Кравець С.М., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК

Вступ. Для підвищення ефективності очищення протертого насіння і надійності технологічного процесу терки для конюшини доцільно обладнати її відстійною камерою (сепаратором), яка буде видаляти легкі домішки з живильного матеріалу (пижі) у відходи з допустимими втратами насіння і бобів з насінням.

Сепаратори для відокремлення матеріалу, що транспортується з потоку аеросуміші, поділяються за принципом дії на об'ємні (гравітаційні), інерційні та відцентрові (інерціально-гравітаційні). Об'ємні сепаратори характеризуються низьким гідравлічним опором (50... 200 Па), великі габаритні розміри і сприяють осадженню найважчих частинок матеріалу. Жалюзійні сепаратори, в залежності від призначення і конструктивних особливостей, мають гідравлічний опір 100... 1000 Па не здатні осадити менш пружні і дрібні частинки. Відцентрові сепаратори (циклони) мають більш високу ефективність осадження в порівнянні з іншими пристроями, але їх гідравлічний опір досягає 1200 Па і більше.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження конструктивних параметрів інерційного сепаратора пневматичного навантажувача для терки конюшини була виготовлена дослідна установка, яка включає завантажувальний пристрій, пневмотранспортний канал, інерційний сепаратор, циклон, радіальний вентилятор з електродвигуном, тканинний фільтр, регулятор повітряного потоку, приймачі фракцій (рис. 1).

Матеріалом для дослідів послужила купа пиріг конюшини луговий з вологістю 12... 14%, з яких попередньо виділено більшу частину світлих, великих, дрібних домішок і вільних від шерсті насіння. Склад вади: 57,4% бобів з насінням; 16,6% безкоштовного насіння; 25,0% легких домішок; 1,0% важких домішок. Норма плаваючих легких домішок становила 0,1... 3,3 м/с, боби з насінням – 3,3... 6,0 м/с, насіння конюшини – 4,2... 7,6 м/с, важкі домішки – понад 10,0 м/с.

Експериментальна установка працює наступним чином. Одержувана після сушіння і очищення купи від великих і дрібних домішок завантажувється в приймальний бункер 5, з якого за допомогою ворушилки 4 і живильного ролика 3 подається через вхідне вікно 2 в пневмотранспортний канал (ПТК) 1. Повітряний потік, створюваний радіальним вентилятором 12, надходить в ПТК 1 з атмосфери, діє на брід з певною швидкістю і переміщує його по крану 6 через вхідне вікно 8 до інерційного сепаратора 10. При цьому важкі домішки з ПТК потрапляють вниз в приймач 24 (фракція І). В інерційному сепараторі повітряний потік з ватом переміщується по жалюзійної перегородці 9 в осадову камеру 7 і в нижній її частині розгортається вгору. При цьому важкі боби конюшини і насіння під дією інерції і сили тяжіння опускаються на дно осадової камери - в нагнітальну трубу 20, закриту вентилем 19 в початковому положенні. Легкі домішки, що містять дрібні частинки суцвіть і стебел рослин, проходять разом з потоком повітря через жалюзійну решітку 9 і зазор між її нижнім кінцем і похилою стінкою камери в вихідне вікно 11 інерційного сепаратора і надходять в циклон 15. Під дією інерції і сили тяжіння легкі домішки осідають вниз по конічній частині циклону 15, закритій в початковому положенні клапаном 18, а

повітряний потік з пилом всмоктується вентилятором 12 і насосається через вихідний отвір 14 в тканинний фільтр 16. Повітря проходить через тканину, очищається від пилу і видаляється в атмосферу. Уловлений пил осідає в нижній частині фільтра, що закривається в робочому положенні засувкою 17. Мінімально необхідна швидкість повітряного потоку в ШК встановлюється поворотом дросельної заслінки 13, розташованої на виході з циклону 14. Регулювання подачі матеріалу здійснюється зміною швидкості обертання живильного ролика 3 за допомогою частотного перетворювача.

Після закінчення експерименту всі фракції матеріалу I, II, III, IV збирають в приймачі 24, 23, 22, 21 і зважують. У фракціях III і IV визначають вміст насіння (втрати).

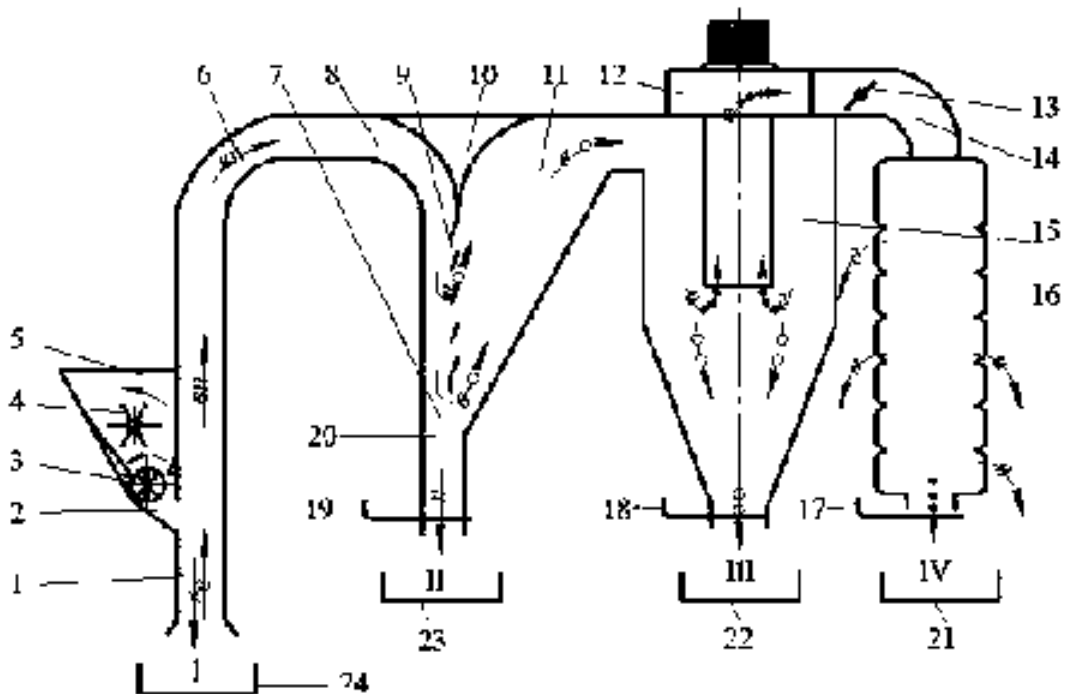


Рис. 1. Технологічна схема експериментальної установки для дослідження інерційного сепаратора пневматичного навантажувача подрібнювача конюшини:

1 – пневмотранспортний канал; 2 – вікно входу матеріалу; 3 – подає ролик; 4 – воружилка; 5 – приймальний бункер; 6 – втягування; 7 – осадова камера інерційного сепаратора; 8 – вхідне вікно інерційного сепаратора; 9 – жалюзійна решітка; 10 – інерційний сепаратор; 11 – вихідне вікно інерційного сепаратора; 12 – радіальний вентилятор; 13 – дросельна заслінка; 14 – скидання циклону; 15 – циклон; 16 – тканинний фільтр; 17, 18, 19 – засувки; 20 – напірний патрубок; 21, 22, 23, 24 – приймачі фракцій.

Щоб уникнути втрат повноцінного насіння у відходах з максимальним видаленням легких домішок необхідно вирівняти повітряний потік у вихідному вікні 11 інерційного сепаратора і знизити його середню швидкість до мінімальної швидкості ширяння насіння в бобах (3,3 м/с). Так як швидкість повітряного потоку при транспортуванні початкової купи пища становить 10,0... 15,0 м/с, то ця проблема вирішується перевищенням висоти вікна виходу 11 в 4... У 5 разів більше глибини ПТК 1 і регулювання кількості повітря, що проходить через жалюзійну перегородку 9 і нижню частину відстійної камери 7 шляхом оптимізації їх конструктивних параметрів. При цьому мінімальна висота h_v

вхідного вікна (рис. 2) інерційного сепаратора конструктивно приймається рівною глибині h_T ПТК – 70 мм, максимальна висота h_W вихідного вікна – 350 мм. Максимальна довжина L_R жалюзійної решітки з урахуванням максимальної глибини осадової камери $H_K = 900$ мм, з міркувань компоновання, може становити до 600 мм. крок $S = 40$ мм; довжина $L_G = 50$ мм; Кут установки плит $\beta = 30^\circ$. Верхній край жалюзійної решітки встановлюється на стику вхідних і вихідних вікон. Нижня кромка жалюзійної решітки розташована над нагнітальним патрубком на відстані $Y = 200$ мм. Висота h_P розвантажувального сопла відстійної камери дорівнює висоті завантажувальної горловини терки конюшини КС-0,2 і становить 120 мм.

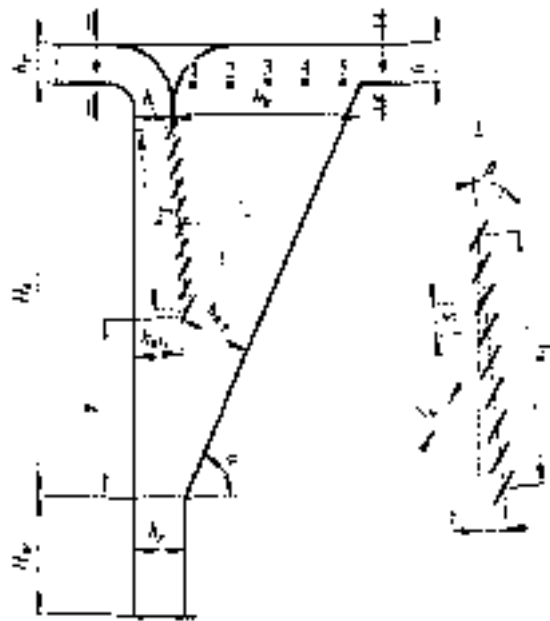


Рис. 2. Схема експериментального інерційного сепаратора пневматичного навантажувача терки для конюшини.

Необхідно вивчити положення нижньої кромки жалюзійної решітки щодо стінок відстійної камери, що визначається висотами h_{WG} і h_{WP} випускних вікон жалюзі і протиточних очисників (кут нахилу передньої поверхні решітки γ відношенню до зустрічного потоку аеросуміші). Необхідно також визначити довжину L_R жалюзійної решітки, глибину вхідного і вихідного вікон інерційного сепаратора h_V і h_W , глибину H_W нагнітального трубопроводу відстійної камери.

Параметри h_{WG} і h_{WP} змінювалися переміщенням нижнього кінця жалюзійної сітки з урахуванням довжини L_R жалюзійної сітки і габаритних розмірів осадової камери в межах 50... 265 і 10... 225 мм відповідно. Довжина L_R жалюзійної решітки регулювалася кількістю жалюзійних пластин і встановлювалася на чотирьох рівнях: 210, 360, 480, 600 мм. Глибина H_W нагнітального сопла встановлювалася на трьох рівнях (400, 485, 570 мм), виходячи із загальної схеми горловини конюшини. Висоту h_V вхідного вікна збільшили до 120 і 170 мм за рахунок зменшення висоти h_W вікна виходу до 300 і 250 мм (при постійному габаритному розмірі по довжині осадової камери).

Ефективність роботи інерційного сепаратора конюшинної терки

оцінювали за ступенем поділу легких домішок у відходи (E_L , %), втрат повноцінних насінин (у вільному і в бобах) у відходи (a , %) та їх гідравлічного опору (P_{SV} , Па) в наступних термінах:

$$E_L = (m_{\text{Ц}}/m_{\text{І}}) \cdot 100\% \quad (1)$$

$$a = (m_{\text{СЦ}}/m_{\text{СІ}}) \cdot 100\% \quad (2)$$

$$P_{SV} = P_{V2} - P_{V1}, \text{ Па} \quad (3)$$

де $m_{\text{Ц}}$ і $m_{\text{СЦ}}$ - маса легких домішок і насіння в циклоні і тканинному фільтрі, г; $m_{\text{І}}$ і $m_{\text{СІ}}$ - маса легких домішок і насіння в вихідному матеріалі, г; P_{V1} і P_{V2} - сумарний тиск на вході і виході з інерційного сепаратора, Па. При рівній площі входних і вихідних отворів інерційного сепаратора його гідравлічний опір визначали за різницею статичних тисків в поперечних перерізах 1-1 і 2-2: $P_{SV} = P_{SV2} - P_{SV1}$. Якість повітряного потоку у вихідному вікні сепаратора оцінювали за коефіцієнтом μ зміною середньої швидкості.

У порівняльній оцінці роботи інерційного сепаратора найбільш важливими є показники E_L і a , які відображають ефективність процесу, і P_{SV} , що враховує енергетичну ефективність. Коефіцієнт μ відображає рівномірність повітряного потоку у вихідному вікні і є допоміжним показником.

Експеримент проводився в такій послідовності. В інерційному сепараторі 10 (рис. 1) розрахункові параметри були встановлені на заданих рівнях. Певна кількість відсортованої вади завантажувалася в приймальний бункер 5. Агрегат був введений в роботу з закритими клапанами 17, 18, 19 (спочатку вентилятор 12, потім привід живильного ролика 3 і ворушилки 4). Змінюючи частоту n обертання живильного ролика 3, встановлювалася подача матеріалу $q = 0,3 \pm 0,02$ т/год, в положенні дросельної заслінки 13 була швидкість повітряного потоку в ПТК VT = $9,8 \pm 0,1$ м/с.

У процесі проходження пижа вимірювали статичний тиск ПСВ1 і ПСВ2 на вході і виході сепаратора, а також динамічний тиск P_{dV} в центрах п'яти рівних прямокутників (1, 2, 3, 4, 5) у вихідному вікні сепаратора на ділянках 1-1 і 2-2. Після проходження пижів відкривали клапани 17, 18, 19, збирали масу фракцій І, ІІ, ІІІ, ІV в приймачах 21, 22, 23, 24 і зважували з точністю до 0,1 г. Потім, відповідно до ГОСТ 12036-85, з фракції ІІ брали пробу масою 100 г, а з фракції ІІІ - пробу масою 25 г. Грубі фракції подрібнювали на лабораторній тертці для конюшини КПЛ-100 [9], дрібні фракції обробляли на пневматичному класифікаторі К-293 при швидкості повітряного потоку $3,3 \pm 0,1$ м/с і визначали масу легких домішок і насіння в осадовій камері, циклоні і тканинному фільтрі. З урахуванням масового вмісту фракцій І і ІV (важкі домішки і пил) були проведені розрахунки по визначенню E_L і a , а також P_{SV} і коефіцієнта зміни швидкості руху μ повітря у вихідному вікні сепаратора. Досліди проводилися в трикратному повторі.

Змінюючи частоту n обертання живильного ролика 3, встановлювалася подача матеріалу $q = 0,3 \pm 0,02$ т/год, в положенні дросельної заслінки 13.

Результати дослідження впливу конструктивних параметрів інерційного сепаратора на показники продуктивності його роботи наведені в таблиці.

Таблиця. 1. ККД інерційного сепаратора при різному поєднанні конструктивних параметрів.

№ дослідів	Значення змінних розрахункових параметрів інерційного сепаратора, мм					Показники ефективності			
	L_R	h_{WG}	h_{WP}	H_W	h_V	$E_{Л}, \%$	$a, \%$	$P_{SV}, \text{Па}$	μ
1	600	50	130			31,3	5,5	235	0,38
2		65	110			20,9	2,5	204	0,46
3		95	85			16,7	0,8	120	0,65
4		110	65			24,6	4,7	161	0,27
5	480	50	130			25,0	3,0	239	0,97
6		65	110			18,6	1,0	226	1,03
7		95	85			16,1	0,8	157	0,55
8		150	40			22,9	2,1	184	0,04
9	360	50	140			18,1	0,8	239	0,99
10		155	45			20,1	0,3	193	0,16
11*	360	50	140	400	-	25,6	1,8	232	0,72
12*				485	-	25,8	1,2		-
13*				570	-	26,1	0,7		-
14	Без решітки	570	-	16,8	0,1	95	-		
15	210	50	225	570	70	25,1	0,3	226	0,99
16		165	110		70	25,2	0,1	259	0,99
17		215	60		120	36,5	0,8	261	1,10
18		265	10		170	51,1	4,2	285	0,93
19		195	80		120	33,6	0,8	196	0,95
20		175	100		120	26,9	0,3	165	0,80

У першому варіанті те, що відбувається за рахунок підвищення ефективності очищувача жалюзі за рахунок підтримки постійної швидкості руху аеросуміші в ньому і високої швидкості руху повітря між пластинами жалюзі.

У другому варіанті E_L і збільшення за рахунок збільшення швидкості повітряного потоку на виході протитечійного очищувача, і зменшення гідравлічного опору сепаратора за рахунок зменшення опору жалюзійного очищувача.

Довжина решітки жалюзі L_R має незначний вплив на ефективність роботи сепаратора. При меншій довжині решітки спостерігаються більш низькі значення E_L і a , гідравлічний опір збільшується, але не значно. Зазначеним вимогам щодо втрати повноцінного насіння до відходів та гідравлічного опору відповідають дослідів № 3, 5, 10.

Висновок. Конструктивні параметри інерційного жалюзі-протитечійного лушильника терки для конюшини визначаються в першому наближенні: довжина жалюзійної решітки становить 210 мм; крок, довжина, кут установки

жалюзі – 40 мм, 50 мм, 30° відповідно; висота вхідного та вихідного патрубків сепаратора – 70 мм; висота вхідних і вихідних вікон сепаратора – 120 і 300 мм; висота вихідних вікон жалюзі і очищувачів протитечії становить 190 і 80 мм; глибина осадової камери – 660 мм; Глибина залягання напірної труби осадової камери становить 570 мм. При цих параметрах кількість ізольованих важких домішок становить 100%, легких домішок – 33,6%; втрати повноцінного насіння у відходи – 0,8%; гідравлічний опір – 196 Па.

Список використаної літератури

1. Руткевич В., Остапенко О., Залогін Р. Підвищення ефективності роботи навантажувача з гідравлічним приводом вирізного механізму для вивантаження силосу із траншейних сховищ. *Технічні науки: вісник Хмельницького національного університету*. Хмельницький. 2024. Вип. 2, №337, ч.2. С.109-114.
2. Іванов М.І., Подолянин І.М., Шаргородський С.А., Руткевич В.С. Шляхи підвищення ефективності фронтального навантажувача на вивантажені консервованих кормів. *Технічні науки: збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. №9. С. 53-61.
3. Томчук В.В. Розробка математичної моделі продуктивності подачі насіння розподільчо–дозуючою системою пневматичної сівалки: магістерська кваліфікаційна робота. Вінниця. 2019. 81 с.
4. Цуркан О.В., Герасимов О.О., Полевода Ю.А. Риман Т.І. Станіславчук О.В. Узагальнення кінетики першого періоду фільтраційного зневоднення свіжоочищеного насіння гарбуза з вібраційно-пневматичною активацією. *Наукові праці НУХТ: науковий журнал*. Т. 21. Київ: НУХТ. 2015. №2. С.151-159.
5. Руткевич В.С. Сертифікат про участь у міжнародній науково-технічній конференції XXII АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика». URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/30388.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

Андрій БЛАЩУК⁸,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗБОРУ ВРОЖАЮ

***Анотація.** Комбайн John Deere S7 є передовою моделлю в лінійці сільськогосподарської техніки, розробленою для забезпечення високої продуктивності та ефективності збору врожаю. Завдяки впровадженню інноваційних технологій, комбайн S7 дозволяє значно підвищити ефективність*

⁸Науковий керівник – Швець Л.В., кандидата технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу

роботи на полях.

Ключові слова: *Комбайн John Deere S7, Інновації в сільському господарстві, Технології обмолоту.*

Annotation. *The John Deere S7 combine is an advanced model in the line of agricultural machinery, designed to provide high productivity and efficiency of harvesting. Thanks to the introduction of innovative technologies, the S7 combine allows you to significantly increase the efficiency of work in the fields.*

Key words: *John Deere S7 combine, Innovations in agriculture, Threshing technologies.*

Вступ: Сільське господарство є важливою складовою економіки багатьох країн, і розвиток ефективної техніки для збору врожаю є ключовим фактором для підвищення продуктивності та зменшення витрат. Комбайн John Deere S7 є однією з найбільш інноваційних моделей в сфері сільськогосподарської техніки, яка об'єднує передові технології та високі стандарти ефективності. Цей комбайн розроблений для того, щоб задовольняти потреби сучасних аграріїв, які прагнуть підвищити продуктивність при одночасному зниженні витрат на паливо та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. У цьому контексті John Deere S7 виступає важливим інструментом для оптимізації процесу збору врожаю, забезпечуючи високу якість обмолоту, ефективне очищення зерна та комфорт оператора. У статті будуть розглянуті основні інновації та технології, які дозволяють цьому комбайну досягати таких високих результатів.

Виклад основного матеріалу. Комбайн John Deere S7 є результатом багаторічних розробок та інновацій в галузі сільськогосподарської техніки. Ця модель поєднує в собі низку передових технологій, спрямованих на підвищення ефективності збору врожаю, зменшення витрат пального та покращення умов для оператора. Основними аспектами, які виділяють S7 серед інших моделей, є потужність двигуна, інноваційні системи обмолоту та очищення, а також інтегровані технології для покращення управління технікою.

1. Потужність та двигун.

Комбайн John Deere S7 оснащений потужним двигуном JD14 з номінальною потужністю до 543 к.с., що дозволяє працювати з високими навантаженнями без втрати ефективності. Така потужність забезпечує надійність при збиранні різних культур, включаючи кукурудзу та пшеницю, навіть у складних умовах. Завдяки вдосконаленим системам споживання пального, комбайн S7 допомагає знизити витрати на паливо, що є важливою перевагою для великих аграрних підприємств.



Рис. 1. John Deere S7 700.

2. Система обмолоту TriStream™.

Одна з ключових інновацій John Deere S7 — це система обмолоту TriStream™, яка використовує три потоки матеріалу для досягнення максимального ефекту обмолоту при мінімальному опорі. Це дозволяє зменшити ризик пошкодження зерна і підвищити ефективність обмолоту, що особливо важливо для збирання вологих або складних культур. Завдяки такій технології, комбайн демонструє високу продуктивність навіть при високих швидкостях роботи.

3. Система очищення Dyna-Flo™ Plus.

Система очищення Dyna-Flo™ Plus є ще однією важливою характеристикою комбайна John Deere S7. Вона забезпечує ефективне та рівномірне очищення зерна завдяки покращеній двоступеневій системі, що знижує рівень пилу та інших забруднень у зерні. Це дозволяє досягти високої якості зібраного врожаю, що важливо для подальшої обробки зерна на переробних підприємствах.

4. Зручності для оператора.

Оператори комбайнів часто працюють в складних та іноді екстремальних умовах, тому John Deere приділяє особливу увагу комфорту і безпеці водія. John Deere S7 оснащений просторою кабіною з сучасними ергономічними системами управління, що дозволяє оператору працювати без значного фізичного навантаження навіть протягом довгих годин. Також система JDLink™ забезпечує дистанційний моніторинг техніки, що дозволяє здійснювати контроль над станом комбайна та ефективністю роботи.



Рис. 2. Кабіна оператора John Deere S7.

5. Економічність та екологічність

Однією з важливих переваг John Deere S7 є його екологічність. Завдяки вдосконаленим технологіям зниження викидів та покращеному використанню пального, комбайн знижує свій вуглецевий слід, що відповідає сучасним вимогам щодо охорони навколишнього середовища. Зменшення витрат пального дозволяє аграріям економити кошти, одночасно знижуючи вплив техніки на довкілля.



Рис. 3. Приклад комбайна в роботі.

6. Підтримка та обслуговування.

Компанія John Deere надає комплексну підтримку та обслуговування своїм клієнтам через широкую мережу дилерів і сервісних центрів, що дозволяє забезпечити безперебійну роботу техніки та її довговічність. Система John Deere Parts забезпечує швидке постачання запчастин, що дозволяє мінімізувати час простою техніки.

Висновок. John Deere S7 є відмінним прикладом інноваційної сільськогосподарської техніки, що поєднує високу продуктивність, зручність для

оператора, економічність та екологічність. Завдяки використанню передових технологій, таких як TriStream™ роторна система обмолоту, Dyna-Flo™ Plus система очищення та інтеграція з інтелектуальними технологіями, комбайн S7 стає незамінним інструментом для сучасного юагрія, допомагаючи забезпечити ефективний та якісний збір врожаю.

Список використаної літератури

1. Макаренко М., Мельник О. Комбайни зернозбиральні: навч. посібн. Київ: Грамота. 2023. 256 с.
2. S7. Нові цифрові комбайни. Погляд на збирання з майбутнього: веб-сайт. URL: <https://www.deere.ua/uk/%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%97/s7-c%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B8/> (дата звернення 20.03.2025).
3. Бойко А.І., Новицький А.В., Попик П.С. Основи керування зернозбиральними комбайнами john deere: методичні вказівки до виконання лабораторної роботи. НУБіП. Київ. 2017. 30 с.
4. Кравчук Д.О. Підвищення надійності зернозбиральних машин: кваліфікаційна робота. Житомир. 2020. 24 с.
5. Зенін О. Обґрунтування засобів механізації для збирання незернової частини врожаю в умовах фг «Маяк» якимівського району запорізької області: пояснювальна записка до дипломної роботи. Мелітополь. 2021. 60 с.

Максим ЯЦЮК⁹,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

КОМБІНОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МІСЦЕВОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ В ТВАРИННИЦЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ

***Анотація.** Продуктивність корів залежить від температурних і вологісних показників навколишнього середовища. На фермах з безприв'язним утриманням корів з місцевою примусовою вентиляцією доцільно управляти нею за клініко-фізіологічними показниками стану корів.*

***Ключові слова:** утримання корови, параметри мікроклімату, температурно-вологісний режим, температурний стрес, місцева вентиляція, частота серцевих скорочень,*

⁹Науковий керівник – Бурлака С. А., старший викладач кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

Annotation. *The productivity of cows depends on the temperature and humidity indicators of the environment. On farms with free-range keeping of cows with local forced ventilation, it is advisable to manage it according to the clinical and physiological indicators of the condition of cows.*

Key words: *cow keeping, indoor climate parameters, temperature and humidity parameters, temperature stress, local ventilation, heart rate*

Вступ. Створення сприятливих умов для утримання великої рогатої худоби залишається важливим завданням сучасного тваринництва. Традиційним вирішенням цієї проблеми є забезпечення науково обґрунтованих параметрів мікроклімату, закріплених у зооефірних нормативах і включають необхідні значення температури і вологості повітря. Сучасні конструкції молочних ферм практично позбавлені теплоізоляції і містять відкриті стінові прорізи і вентиляційний коник. В результаті температура і вологість повітря всередині таких конструкцій сильно залежать від параметрів навколишнього середовища, що є причиною порушення встановлених норм. [1-2]

Відомо, що перевищення температури повітря в пташнику для худоби всього на 1 ... 2 градуси 25°C обумовлює зниження добового надою на 1 літр. Негативний вплив перевищення температури на організм тварин має особливе значення в літній період, і головним чином в південних регіонах країни. Можна відзначити, що підвищення відносної вологості повітря від 85 до 95% призводить до зниження надоїв на 9... 12%.

Для профілактики теплового стресу у корів, а також для забезпечення необхідного складу повітря використовується активна вентиляція приміщень. Кількісні характеристики активної вентиляції (наприклад, продуктивність вентилятора, розташування його в просторі, алгоритм включення і тривалість роботи) підбираються відповідно до умов утримання тварин. Як правило, рішення цієї проблеми зводиться до здійснення управління за закритим принципом, при якому формується керуючий вплив з метою створення сприятливих параметрів мікроклімату. Функціональна схема такої системи управління представлена на рисунку 1.

Для досягнення сприятливих умов керуючий вплив U формується в разі відхилень в 1 ε і 2 ε , що перевищують задані допуски. Однак такий підхід не може враховувати реальну реакцію тварин на параметри мікроклімату. Крім того, централізована активна вентиляція не здатна забезпечити рівномірне відведення зайвої теплової енергії по всьому приміщенню, створюючи різні температурно-вологісні умови для окремих тварин. [1-2]

Прогресивним напрямком підвищення ефективності систем штучного мікроклімату на фермах з безприв'язним утриманням корів є застосування місцевої примусової вентиляції, контрольованої 1 Стандартами технологічного проектування тваринницьких підприємств. про клініко-фізіологічні показники стану корів. В результаті розвідувальних досліджень було встановлено, що такими показниками можуть бути частота серцевих скорочень і частота дихання тварин.

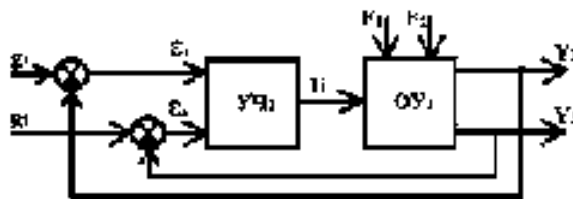


Рис. 1. Функціональна схема системи контролю мікроклімату в приміщенні для худоби.

Виклад основного матеріалу. Вихідними матеріалами стали результати експериментальних досліджень динаміки зміни частоти серцевих скорочень і частоти дихання корів при одиничних ступінчастих впливах температури і вологості навколишнього середовища, зооветеринарних нормативів утримання тварин, а також інформація з класичної теорії контролю. У роботі використано метод активного експерименту та метод оптимізації замкнутих систем керування. Для проведення досліджень було сформовано дві групи тварин-аналогів та створено кліматичну камеру, що забезпечує формування заданих значень температури, відносної вологості та швидкості повітряного потоку. У процесі експерименту було зафіксовано клініко-фізіологічні показники корів і параметри мікроклімату в кліматичній камері. [3-4]

Кліматична камера являє собою спеціальний ізольований бокс для трьох корів, що складається з дерев'яного каркаса, обтягнутого прозорою поліетиленовою плівкою. Кліматична камера оснащена теплогенератором, пристроями примусової вентиляції і зволоження повітря, а також комплектом контрольно-вимірювальних приладів.

Мікрокліматичні параметри вимірювалися на різних висотах в різних зонах камери і корівника. Для вимірювання температури, відносної вологості, швидкості повітряного потоку та атмосферного тиску використовувався електронний реєстратор «Метеоскоп-М». Температуру тіла тварини вимірювали ректально термометром зі значенням поділки $0,1^{\circ}\text{C}$. Частоту серцевих скорочень вимірювали пальпацією вени в хвості корови. Частоту дихання тварини оцінювали візуально за руховими рухами грудної клітки.

Температурно-вологісний режим відіграють вирішальну роль у забезпеченні умов для ефективного тваринництва. Перевищення температури і відносної вологості повітря в тваринницькому пташнику понад допустимі значення викликає зміну клініко-фізіологічних показників тварин, і в першу чергу, частоти серцевих скорочень і дихання.

Експериментально встановлено, що при відносній вологості повітря 50% зміна температури середовища від 15 до 35°C викликала почастішання пульсу тварини на 32,7% (з 64,3 до 85,3 ударів за 1 хвилину). При відносній вологості повітря 65% аналогічні зміни температури визначали почастішання пульсу на 41,2% (від 65,7 до 92,7 ударів в хвилину). Нарешті, при відносній вологості повітря 80% це збільшення досягло 64,0% (з 63 до 103,3 ударів в хвилину). Аналогічні спостереження були зроблені і щодо частоти дихання. Відмічено, що при відносній вологості повітря 50% підвищення температури від 15 до 30°C викликало збільшення частоти дихання в середньому на 65,70% (з 20,7 до 34,3

дихальних рухів за 1 хвилину). При відносній вологості повітря 65% цей показник становив 84,82% (від 19,1 до 35,3 вдихів за 1 хвилину), при 80% – 116,23% (від 19,1 до 41,3 вдихів за 1 хвилину). Більш повна інформація про залежність частоти серцевих скорочень і частоти дихання від приросту температури при різних значеннях відносної вологості повітря представлена в таблицях 1, 2. [3-4]

Таблиця 1. Зміна частоти серцевих скорочень тварин при різних температурах і відносній вологості повітря, %.

Відносна вологість повітря, %	Температура повітря, °C								
	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0
50	64,30	64,30	68,70	68,30	75,00	78,30	79,00	83,70	85,30
55	65,30	65,30	69,70	72,30	74,30	76,70	80,00	85,30	87,70
60	63,00	65,30	65,70	67,30	72,00	77,30	79,70	86,00	88,30
65	65,70	64,00	70,30	72,30	76,70	80,30	84,30	89,70	92,70
70	66,30	65,30	69,70	74,30	75,30	82,00	86,70	91,30	95,00
75	63,30	63,30	67,30	74,00	75,30	80,70	86,00	93,30	100,70
80	63,00	65,30	68,30	71,70	76,30	82,70	88,70	98,30	103,30

Таблиця 2. Зміна частоти дихальних рухів тварин при різних температурах і відносній вологості повітря, %.

Відносна вологість повітря, %	Температура повітря, °C								
	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0
50	20,7	22,1	23,2	23,2	25,3	26,1	28,2	30,2	34,3
55	19,3	21,4	23,2	24,1	25,3	27,2	29,2	30,4	34,1
60	19,7	20,2	22,3	24,2	26,3	28,3	30,2	32,1	35,7
65	19,1	22,1	23,2	25,1	27,2	29,2	32,3	34,2	35,3
70	19,3	21,0	24,0	24,1	29,3	31,0	34,2	35,2	37,3
75	19,3	23,2	24,2	26,2	32,1	35,2	36,1	38,3	39,2
80	19,1	23,3	26,2	28,1	33,2	36,3	38,1	39,2	41,3

Так, частота серцевих скорочень і дихання тварин збільшується при підвищенні температури повітря. При цьому, чим вище відносна вологість повітря, тим інтенсивніше змінюються ці показники. Примітно, що завдяки природній терморегуляції ці зміни практично не супроводжуються підвищенням ректальної температури.

Для забезпечення стаціонарного теплового стану тварини необхідно дорівнювати кількості теплової енергії, що виробляється в організмі, і тепла, що віддається в навколишнє середовище. При підвищеній температурі повітря тепловий баланс тварини може стабілізуватися або за рахунок зниження вироблення теплової енергії, або за рахунок збільшення тепловіддачі. З

економічних міркувань перший спосіб виявляється не вигідним. Реалізація другого підходу вимагає використання примусового повітрообміну за допомогою активного провітрювання приміщення.

В результаті експерименту з камерою примусової вентиляції було встановлено, що при включенні вентилятора і впливі повітряного потоку на потік повітря у корів спостерігається зниження частоти серцевих скорочень і частоти дихання. При швидкості повітряного потоку 1 м/с, що діє на тварин протягом 40 хвилин, зниження частоти серцевих скорочень при відносній вологості повітря 50% і температурі 35°C становило в середньому 32,7%. При цьому при відносній вологості повітря 80% спостерігалось зниження частоти серцевих скорочень на 43,47%. [5]

Виходячи з відповідних залежностей, представлених на рисунку 2, можна зробити висновок, що при швидкості руху повітря 1 м/с і відносній вологості повітря 50... 55, 60... 65, 70... Частота серцевих скорочень 75 і 80% наближається до нормальних значень за 15, 20, 25, 35 і більше ніж 40 хвилин відповідно. Графіки зниження частоти дихання мають дуже схожий вигляд (рис. 3).

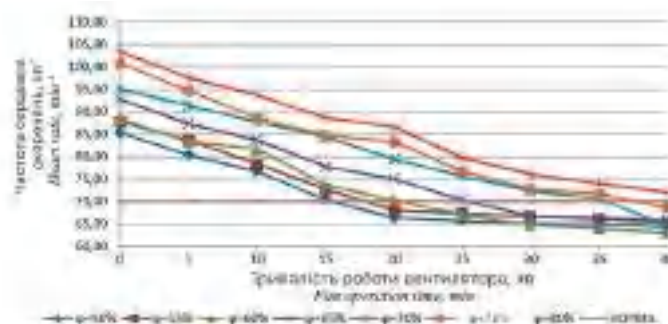


Рис. 2. Залежність частоти серцевих скорочень від тривалості роботи вентилятора при різних відносній вологості повітря.

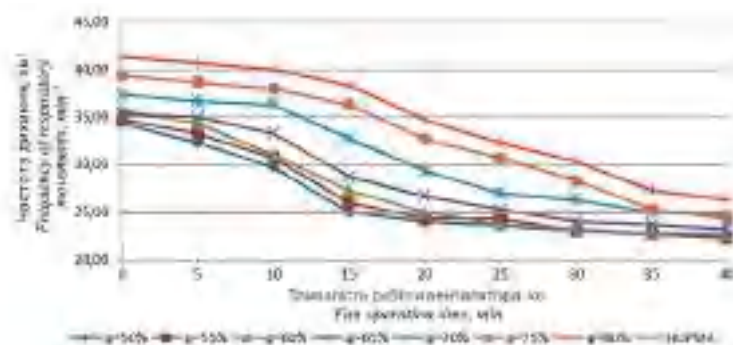


Рис. 3. Залежність частоти дихання від тривалості роботи вентилятора при різних відносній вологості повітря.

З метою підвищення ефективності управління мікрокліматом пропонується здійснювати формування керуючого впливу комбінованим способом. Функціональна схема комбінованої системи управління параметрами місцевої вентиляції та мікроклімату наведена на рисунку 4. [5]

Згадані вище припущення стосуються тонкої кривизни перехідних процесів (рис. 2, 3), що спостерігається при 20-хвилинному часі роботи

вентилятора. Якщо в подальших дослідженнях ці кривизни будуть визнані значущими, то з метою підвищення точності обчислень розглянуті залежності можуть бути переведені в розряд функцій другого порядку. Однак у зв'язку з незначністю зазначених викривлень ці маніпуляції не зіграють вирішальної ролі.



Рис. 4. Функціональна схема системи комбінованого контролю параметрів місцевої вентиляції та мікроклімату.

Таким чином, контур контролю за відхиленням параметрів мікроклімату виконує страхову функцію, забезпечуючи випереджувальне досягнення сприятливої умови і запобігаючи явним порушенням зооветеринарних нормативів.

Згадані вище припущення стосуються тонкої кривизни перехідних процесів (рис. 2, 3), що спостерігається при 20-хвилинному часі роботи вентилятора. Якщо в подальших дослідженнях ці кривизни будуть визнані значущими, то з метою підвищення точності обчислень розглянуті залежності можуть бути переведені в розряд функцій другого порядку. Однак у зв'язку з незначністю зазначених викривлень ці маніпуляції не зіграють вирішальної ролі.

Висновок. Перевищення температури і відносної вологості повітря в тваринницькому пташнику понад допустимі значення викликає зміну клініко-фізіологічних показників тварин, що супроводжується збільшенням частоти серцевих скорочень і частоти дихання.

Вплив на параметри температурно-вологісного режиму в тваринницькому приміщенні шляхом управління централізованою вентиляцією характеризується надмірною інерційністю і здійснюється без урахування індивідуальних особливостей тварин.

Створення сприятливих умов для утримання корів доцільно відповідно до комбінованого принципу пріоритетного контролю місцевої примусової вентиляції легенів по частоті серцевих скорочень і дихання тварин, контролю температури і вологості в тваринництві по їх відхиленню від заданих значень.

Для формування командного коефіцієнта для активації місцевої примусової вентиляції може бути використана функція множення масштабованих відхилень значень частоти серцевих скорочень і дихальних рухів від їх нормованих значень.

Для забезпечення стабільного і якісного контролю місцевої припливної вентиляції зв'язок керуючого впливу з командним фактором може здійснюватися відповідно до пропорційно-диференціального закону, реалізованого

періодичним обертанням вентиляторів.

Список використаної літератури

1. Ракшун А.В. Підвищення ефективності функціонування вентиляційної системи тваринницьких ферм: дипломна робота. 2024. с. 25-56.
2. Калетнік Г.М., Яропуд В.М. Фізико-математична модель вентиляційної системи нагнітання чистого повітря у тваринницьких приміщеннях. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2021. № 3(114). С. 4-15.
3. Калетнік Г.М., Яропуд В.М. Результати чисельного моделювання геотермального охолодження у вентиляційній системі тваринницьких приміщень. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2022. №3(106). С. 5-12.
4. Іваніцька Т.Г. Обґрунтування режимних параметрів комбінованої електроустановки вентиляційної системи приміщень для утримання птиці: дипломна робота. 2023. с. 46-67.
5. Довгополук О.І. Розробка електропривода вентилятора в технологічному процесі сушки цукру в псевдо розрідженому стані: дипломна робота. 2024. с. 20-47.

Артур Кожухар¹⁰,
студент 3-го року навчання,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Публікація присвячена питанням розробки конструкції сушарки зерна із застосуванням вібраційного приводу та одночасним нагріванням поверхні контакту зернового матеріалу. Застосування наведених вище заходів, дозволить підвищити швидкість сушіння, а контроль температурного режиму, забезпечить якість сушіння.

Ключові слова: сушарки, зерно, вібраційні приводи, нагрівання поверхні контакту.

Annotation. The publication is devoted to the issues of developing the design of a grain dryer with the use of a vibration drive and simultaneous heating of the contact surface of the grain material. The use of the above measures will allow to increase the drying speed, and the control of the temperature regime will ensure the quality of

¹⁰Науковий керівник: доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Сергій Шаргородський.

drying.

Key words: *dryers, grain, vibration drives, contact surface heating.*

Вступ. Сільськогосподарське виробництво на сьогодні є однією із ключових галузей економіки нашої держави. Тому що забезпечення населення продуктами відноситься до стратегічних питань і його вирішення впливає на безпеку і обороноздатність нашої держави. Отже питання зберігання вирощеного врожаю та забезпечення його якості є актуальною задачею.

Сушіння зерна – це один із ключових етапів післязбиральної обробки, що спрямований на зниження його вологості до безпечного рівня для зберігання. Процес сушіння запобігає самозігріванню, розвитку грибків та мікроорганізмів, що можуть спричинити псування зерна.

Виклад основного матеріалу. Відомі наступні методи сушіння зерна:

Природне сушіння – відбувається за рахунок сонячної енергії та циркуляції повітря. Використовується рідко через залежність від погодних умов.

Штучне сушіння – здійснюється за допомогою сушарок, які використовують теплову енергію для зниження вологості зерна. Основні види:

Конвективне - із застосуванням гарячого повітря.

Контактне - тепло передається від нагрітих поверхонь.

Сублімаційне - використовується для спеціальних сортів зерна.

Процес сушіння можна поділити на наступні етапи:

1. Підготовка зерна (очищення від домішок).
2. Основне сушіння (зниження вологості до необхідного рівня).
3. Остаточне охолодження та відлежування перед зберіганням.

Сучасні технології сушіння спрямовані на збереження якості зерна та мінімізацію енергетичних витрат. Використання автоматизованих сушарок дозволяє точно контролювати температурний режим і зменшувати ризики пошкодження зерна.

Запропонована класифікація сушарок представлена на рис. 1.

Дана класифікація включає п'ять основних груп установок: по інтенсифікації процесу сушіння; за формою поверхні, що гріє; по виду нагрівального елемента; по виду транспортуючого робочого органу; по кількості робочих секцій.

У свою чергу, за інтенсифікацією процесу сушіння зерна, контактні зерносушарки можна підрозділити по 5 основних критеріях:

1) ворушіння - це перемішування матеріалу, що висушується, для рівномірності його обробки, що дозволяє одержати якісно просушене зерно;

2) комбінований спосіб теплопідведення - видалення вологи із зерна за допомогою підведення до нього теплого повітря й нагрітої поверхні одним прийманням. Такий спосіб дозволяє добитися необхідної вологості при невеликих витратах часу;

3) чергування процесу сушіння й охолодження зерна полягає в тому, що матеріал, що спочатку висушується, піддають тепловому впливу, а після нагрівання зерно проохолоджують;

4) зміна кута нахилу поверхні, що гріє, з метою забезпечення оборотності зерна, що у свою чергу підвищить якість продукту по закінченню операції сушіння;

5) застосування віброприводу робочого органу призначено для повідомлення робочому органу механічних коливань, амплітуда яких близька до положення рівноваги;

6) повідомлення зворотно-поступальних рухів робочому органу для приведення його в коливання, що сприяє рівномірному сушінню зерна за рахунок постійного перемішування.

Відомі конструкції сушарок, мають певні недоліки, а саме значну енергоємність, значне травмування зерна і т.д.

У зв'язку із цим запропонована конструкція нового пристрою для сушіння зерна, за рахунок якого буде можливим знизити рівень енерговитрат, а також поліпшити рівномірність обробки і якісні властивості зерна в процесі видалення надлишкової вологи при заданій пропускній здатності. Найбільш відповідним способом для виготовлення зерносушарки, який дозволить дотримати всіх зазначених вище умов, є контактний.

Застосування зазначеного вище способу найбільше раціонально в запропонованому нами пристрої для сушіння зерна (рисунок 2).



Рис. 1. Класифікація контактних зерносушарок.

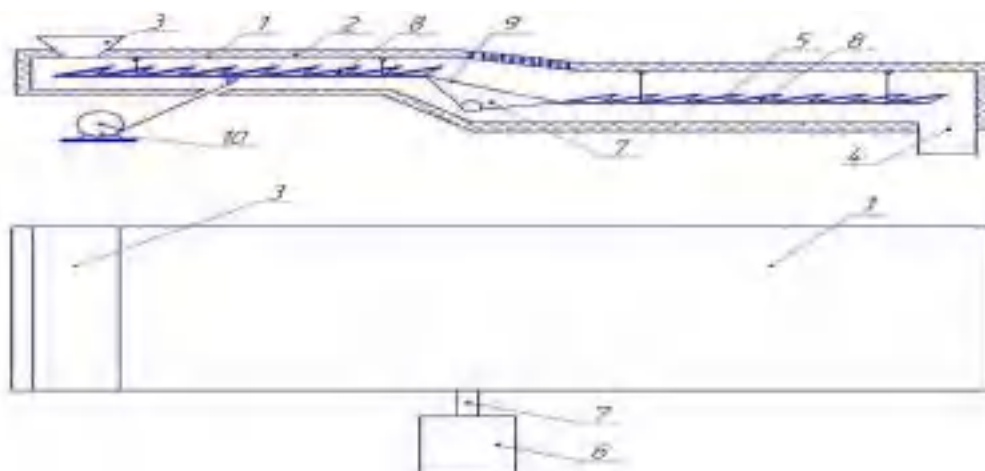


Рис. 2. Пристрій для сушіння зерна.

Його особливістю є використання коливального транспортуючого робочого органа, завдяки якому здійснюється постійне переміщення зерна по нагрітій поверхні, що сприяє підвищенню якості сушіння.

На рис.2. зображений загальний вид пристрою. Воно включає кожух 1, поверхня якого покрита шаром теплоізолюючого матеріалу 2. Усередині кожуха розташований транспортуючий робочий орган 8, виконаний у вигляді короба зі східчастою поверхнею й можливістю повідомлення йому коливань.

Коливання у свою чергу повідомляються за допомогою привода 10. Транспортуючий робочий орган виконаний багатосекційним, причому секції розташовані послідовно один за одним таким чином, що кожна наступна секція встановлена нижче попередньої. Між секціями транспортуючого робочого органа встановлена скатна дошка 9, виконана перфорованою. Розмір отворів скатної дошки не перевищує мінімального розміру зерна. Крім цього, перфорацію виконують у верхній частині кожуха, що перебуває над скатною дошкою. З нижньої сторони скатної дошки 9 підведено повітряпровід 7, через який подається повітря за допомогою вентилятора 6. Нагрівання робочої поверхні транспортуючого робочого органа здійснюється за допомогою нагрівальних елементів 5, які розташовані в нижній її частині. Подачу зерна роблять через завантажувальний бункер 3, розташований на початку першої секції транспортуючий робочий орган, а його вивантаження через вивантажувальне вікно 4.

Робота пропонованого пристрою відбувається в такий спосіб. У першу чергу необхідно включити нагрівальні елементи пристрою для нагрівання робочої поверхні транспортуючий робочий орган до необхідної температури. Після цього включають привод, який приводить у рух транспортуючий робочий орган, і вентилятор. Вологе зерно засинають у завантажувальний бункер, після чого висипають на 1-у секцію транспортуючий робочий орган, за рахунок якого оброблюваний продукт рухається до вивантажувального вікна. Маючи контакт із нагрітою поверхнею 1-ої секції транспортуючий робочий орган, зерно також підвищує температурне значення, втрачає надлишки вологи. Потім нагріте зерно з першої секції транспортуючий робочий орган падає на скатну дошку, де, переміщаючись, втрачає частину вологи при його охолодженні повітряним потоком, створюваним вентилятором, що й направляються ним у повітряпровід. Повітряний потік проходить через шар зерна, що перебуває на скатній дошці, до верхньої перфорованої частини кожуха, через яку зволожене повітря віддаляється назовні. Охолоджене й частково висушене зерно надходить на нагріту поверхню другої секції транспортуючий робочий орган, де повторно нагрівається під час руху в напрямку вивантажувального вікна. При цьому зерно досушується до кондиційної вологості й наприкінці останнього циклу сушіння віддаляється із пристрою через вивантажувальне вікно.

Для того, щоб було можливим сушити інші культури, регулюють температуру нагрівання поверхонь секцій транспортуючий робочий орган за допомогою нагрівальних елементів з метою уникнути локального перегріву оброблюваного матеріалу. Крім того, зазначену мету можна досягти за допомогою зміни частоти коливань транспортуючий робочий орган і швидкості повітряного потоку, що проходить через перфоровану скатну дошку.

Закономірності руху по вібруючій поверхні частки, яку можна представити у вигляді матеріальної крапки, становлять інтерес не тільки для теорії вібро транспортування та вібро сепарації тіл малих розмірів, але також і для опису більш складних процесів вібраційного поділу сипучих сумішей, транспортування й сепарації з використанням вібрації шару сипучого матеріалу. Диференціальні рівняння руху часток по вібруючій поверхні відіграють у теорії цих процесів фундаментальну роль, подібну ролі рівняння руху маятника в загальній теорії коливань.

Розглянемо переміщення частки по вібруючій плоскій поверхні, яка робить поступальні коливання, а поле діючих на частку сил є однорідним і являє собою поле сили ваги (рисунок 3).

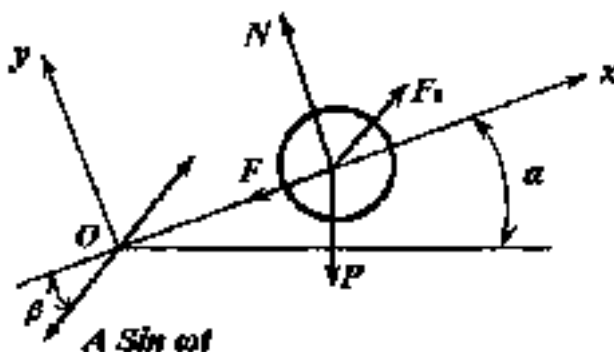


Рис. 3. Схема руху матеріальної частки по вібруючій площині.

Диференціальні рівняння відносного руху частки запишемо у прямокутній системі координат Oxy , жорстко пов'язаної з вібруючою площиною (у розглянутому випадку вісь Ox спрямована уздовж площини, а вісь Oy - нормально площини):

$$m\ddot{x} = mA\omega_u^2 \cos(\beta) \sin(\omega_u t) - mg \sin(\alpha) + F \quad (1)$$

$$m\ddot{y} = mA\omega_u^2 \sin(\beta) \sin(\omega_u t) - mg \cos(\alpha) + N \quad (2)$$

де m - маса частки, кг; A та ω_u - відповідно амплітуда й частота коливань, м і Гц; β - кут нахилу траєкторії коливань щодо площини (кут вібрації), град.; α - кут нахилу площини до обрію, гради.; g - прискорення вільного падіння, м/с²; N - нормальна реакція, Н; F - сила опору руху частки, яку на початку будемо вважати силою сухого тертя, Н.

При русі частки по вібруючій поверхні ($y = 0$)

$$F = \begin{cases} -fN & \text{при } \dot{x} > 0 \\ fN & \text{при } \dot{x} < 0 \end{cases} \quad (3)$$

де f - коефіцієнт тертя ковзання.

Нормальна реакція визначається з (2):

$$N = N(t) = mg \cos(\alpha) - mA\omega_u^2 \sin(\beta) \sin(\omega_u t) \quad (4)$$

При русі частки без відриву від поверхні («без підкидання»),

$$N = N(t) > 0,$$

$$g \cos(\alpha) - A\omega_u^2 \sin(\beta) \sin(\omega_u t) > 0 \quad (5)$$

А якщо ні, то в деякий момент часу t_0 , коли $N = 0$, відбудеться відрив частки від площини й виникне режим руху з підкиданням. Тоді

$$\sin(\omega_q t) = \frac{g \cos(\alpha)}{A\omega_q^2 \sin(\beta)} = K_p \quad (6)$$

Параметр K_p називають характеристикою режиму, і він являє собою відношення проекцій прискорення вільного падіння й максимального прискорення віброуючої площини на нормаль до площини.

Тому що максимальне прискорення віброуючої площини при гармонійних коливаннях рівно A ш, (, те реакція плин усього часу руху частки буде позитивному, тоді

$$g \cos(\alpha) > A\omega_q^2 \sin(\beta), \quad (7)$$

тобто $K_p > 1$.

У цьому випадку рух буде без підкидання.

При русі частки з підкиданням повинні мати місце негативні реакції. Тоді

$$g \cos(\alpha) < A\omega_q^2 \sin(\beta) \quad (8)$$

тобто $K_p < 1$. При русі часток з підкиданням можна одержати більш високі швидкості їх переміщення. При цьому частки можуть рухатися в режимі підкидання із проковзуванням або в режимі безперервного підкидання.

Оптимальними значеннями характеристики режиму слід уважати такі, при яких забезпечується задана швидкість зерна при збереженні впорядкованого потоку без підкидання.

При русі частки без відриву від поверхні (без підкидання), $N = N(t) > 0$,

$$\omega = \frac{1}{K_p} = \frac{A\omega_q^2 \sin(\beta)}{g \cos(\alpha)} \leq 1. \quad (9)$$

Параметр w , дорівнює відношенню амплітуди поперечної складовий переносної сили інерції $mA\omega_q^2 \sin(\beta)$ до поперечної складової сили ваги $mg \cos(\alpha)$, називають параметром перевантаження. При відносному спокої частки на поверхні ($x = 0$, $y = 0$) сила сухого тертя $F = F^{(0)}$ не визначається із системи (3), а визначається з формули (1):

$$F = F^0(t) = mg \sin(\alpha) - mA\omega_q^2 \cos(\beta) \sin(\omega_q t) \quad (10)$$

Стан відносного спокою при цьому зберігається доти, поки виконується умова:

$$-f_1 N(t) < F^0(t) < f_1 N(t) \quad (11)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя спокою, $f_1 \geq f$.

Рівняння ковзання частки по поверхні ($y = 0$)

$$\ddot{x} = A\omega_q^2 \cos(\beta) \sin(\omega_q t) - g \sin(\alpha) - fg \cos(\alpha) + A\omega_q^2 \sin(\beta) \sin(\omega_q t) \quad (12)$$

Використовуючи тригонометричні перетворення, одержимо:

$$\ddot{x} = -g \frac{\sin(\alpha \pm \rho)}{\cos(\rho)} + A\omega_q^2 \frac{\sin(\alpha \mp \rho)}{\cos(\rho)} \sin(\omega_q t) \quad (13)$$

де $\rho = \arctg(f)$ - кут тертя ковзання; верхні знаки відповідають ковзанню частки вперед ($x > 0$), а нижні - назад ($x < 0$).

Такі режими назвемо регулярними. режими, що *встановилися*, $K_p = 1,83$ характерні, переважно, для значних кутів нахилу плоскої поверхні до обрію. У цих режимах незмінне значення зберігає середнє за період прискорення частки W_m .

На рис. 4 наведені результати розрахунків для вібротранспортера з характеристиками: $f = 0,5$ - коефіцієнт тертя частки про похилу поверхню; $\beta = -15^\circ$ - кут нахилу траєкторії коливань щодо площини (кут вібрації); $\alpha = 15^\circ$ - кут нахилу площини до горизонту $A = 0,05$ м - амплітуда коливань поверхні; $\omega_{\text{ч}} = 20 \text{ с}^{-1}$ і 25 с^{-1} - частота коливань поверхні.

Обчислимо характеристику режиму K_p . При заданих значеннях кутів і амплітуди вібротранспортера та при частоті коливань $\omega = 20 \text{ с}^{-1}$ характеристика режиму $K_p = 1,83$, а при частоті коливань $\omega = 25 \text{ с}^{-1}$ $K_p = 1,17$. Отже характеристика режиму змінюється в межах $1,17 > K_p < 1,83$, значить у досліджуваному діапазоні частот від $\omega_{\text{ч}} = 20 \text{ с}^{-1}$ до $\omega_{\text{ч}} = 25 \text{ с}^{-1}$ $K_p > 1$. У цьому випадку зерно (частка) по віброповерхні буде переміщуватися без підкидання.

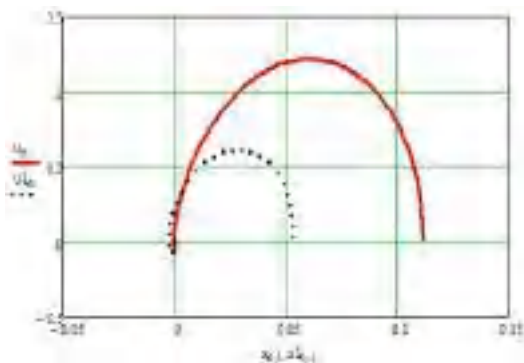


Рис. 4. Фазова траєкторія швидкості v від переміщення частки x при різній частоті коливань $\omega_{\text{ч}}$.

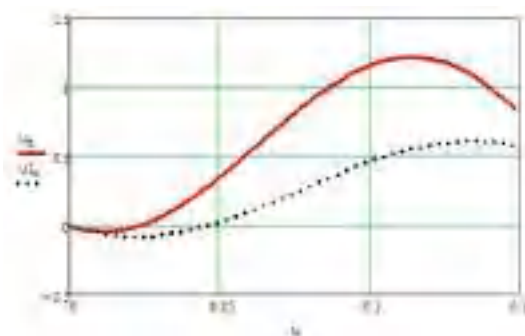


Рис. 5. Залежності швидкості v переміщення частки від часу t при різній частоті коливань ω .

Фазову траєкторія швидкості v від переміщення частки x при різній частоті коливань $\omega_{\text{ч}}$ представлено На рис. 4.

Відповідно залежності швидкості v частки від часу t при різній частоті коливань $\omega_{\text{год}}$ представлено на рис. 5.

У результаті вивчення даних залежностей можна встановити особливості руху й час переміщення частки по віброуючій поверхні при різній частоті коливань ω .

Усталені режими при відсутності підкидання, тобто рух частки без відриву від віброуючої поверхні може мати місце лише при виконанні умови, що параметр перевантаження $w = 1/K < 1$, що й отримане в результаті дослідження.

Отже, усі можливі режими, що встановилися, руху частки при відсутності підкидання стійкі у всій області їх існування, за винятком, можливо, їхні границі. Більш складна картина характерна для випадку руху з підкиданням, коли області стійкості режимів, що встановилися, руху не збігаються з областями їх існування.

Висновок. Проведений аналіз технологій і пристрою для сушіння зерна показав перспективність використання в невеликих підприємствах пристроїв з контактним способом підведення теплоти до продукту, що висушується. При цьому можливо висушити зерно з меншими енерговитратами при збереженні якісних показників процесу.

Запропонований пристрій для сушіння зерна контактного типу. Воно містить у собі кожух, поверхня якого покрита шаром теплоізолюючого матеріалу.

У результаті теоретичних досліджень сформульовані рівняння, що дозволили обґрунтувати основні конструкційні параметри запропонованої зерносушарки: габарити пристрою; висоту бортів транспортуючого робочого органа; довжину, висоту й кут нахилу сходів транспортуючого робочого органа; тип і товщину теплоізоляції.

Список використаної літератури

1. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering: scientific journal*. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.
2. Іванов М.І., Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Гідравліка: навч. посіб. Вінниця. 2019. 222 с.
3. Руткевич В.С. Адаптивний гідравлічний привод блочно-порційного відокремлювача консервованого корму. *Техніка енергетики транспорт АПК: науковий журнал*. 2017. №4(99). С. 108–113.

Марія МИХАЙЛОВСЬКА¹¹,

студентка 2 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Анотація. Проаналізовано негативний вплив вихлопів автотранспорту на довкілля та людський організм. З'ясовано найбільш небезпечні хімічні речовини, які утворюються при згорянні палива в дизельних та бензинових двигунах, та їх вплив на живі істоти.

Ключові слова: автотранспорт, навколишнє середовище, хімічні речовини, шкідливі викиди, екологічна проблема.

Annotation. The negative impact of vehicle exhaust on the environment and the human body has been analyzed. The most dangerous chemicals formed during the

¹¹Науковий керівник – Ніщак І.В., асистент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

combustion of fuel in diesel and gasoline engines and their impact on living beings have been identified.

Key words: *transport, environment, chemicals, harmful emissions, environmental problem.*

Вступ. Автомобільний транспорт є одним із основних джерел забруднення навколишнього середовища та фактором, що безпосередньо впливає на здоров'я людини. Викиди, які утворюються внаслідок згоряння пального, містять численні шкідливі хімічні сполуки, що потрапляють в атмосферу, спричиняючи забруднення повітря та зміну клімату. Найбільш поширеними токсичними елементами є вуглеводні, оксиди азоту, сажа та інші забруднювачі, які можуть мати негативний вплив на дихальну систему людини та екосистеми [1, 2].

Особливу увагу слід приділити різниці у викидах між дизельними та бензиновими двигунами. Дослідження показують, що хоча дизельні двигуни мають більший вміст сажі у викидах, вони здатні забезпечувати ефективніше згоряння пального, що зменшує рівень викидів деяких токсичних газів, таких як вуглекислий газ. Водночас дизельні двигуни можуть бути менш ефективними з точки зору викидів вуглеводнів, що свідчить про необхідність подальших інновацій у технологіях згоряння пального та очищення відпрацьованих газів.

Враховуючи ці фактори, вирішення проблеми шкідливих викидів автотранспорту потребує комплексного підходу, що включає впровадження нових екологічних стандартів, розвиток альтернативних видів пального, а також модернізацію існуючих автопарків. Окрім того, важливу роль відіграє громадська активність, зокрема залучення молоді до екологічних ініціатив, що сприятиме формуванню культури сталого споживання та транспортування.

Виклад основного матеріалу. Автомобільний транспорт, незважаючи на свої численні переваги, є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря. Викиди, що утворюються при згорянні пального в бензинових і дизельних двигунах, містять широкий спектр шкідливих хімічних сполук, які спричиняють негативний вплив на довкілля і здоров'я людини. Основними компонентами таких викидів є вуглекислий газ (CO_2), оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (НС), сажа та інші токсичні сполуки, які можуть бути небезпечними для дихальних шляхів і сприяти розвитку серцево-судинних захворювань [2].

Викиди бензинових і дизельних двигунів.

Згідно з дослідженнями, викиди дизельних двигунів мають значно вищий вміст часток сажі порівняно з бензиновими двигунами. Ці частки є дуже дрібними, що дозволяє їм проникати в легені та кровообіг, спричиняючи серйозні проблеми зі здоров'ям, такі як астма, хронічні бронхіти та рак легенів. Однак, незважаючи на більшу кількість сажі в дизельних викидах, дизельні двигуни все ж ефективніші в плані зниження викидів вуглекислого газу, що робить їх більш вигідними з точки зору боротьби зі зміною клімату.

Що стосується бензинових двигунів, то вони відрізняються більшим вмістом вуглеводнів у викидах, що є результатом неповного згоряння пального. Викиди вуглеводнів здатні сприяти утворенню озону в нижніх шарах атмосфери,

що, у свою чергу, може призводити до смогу та погіршення якості повітря, особливо в міських агломераціях [1-3].

3-поміж цих джерел головним є відпрацьовані гази, що містять складний хімічний склад. У відпрацьовані гази входять понад 1000 різноманітних шкідливих речовин, що негативно впливають на людину та довкілля, 200 з них ідентифіковано. Основні: оксид вуглецю (CO), вуглеводні (загальна формула C_mH_n), оксиди азоту (загальна формула NO_x), альдегіди (загальна формула $RCHO$), сполуки сірки (головна – діоксид сірки SO_2), тверді частинки (сажа – C), канцерогенні речовини, до яких належать поліциклічні ароматичні вуглеводні (ключовий елемент, якого найбільше, – бенз(а)пірен – $C_{20}H_{12}$), сполуки свинцю (PbO_4) [3].

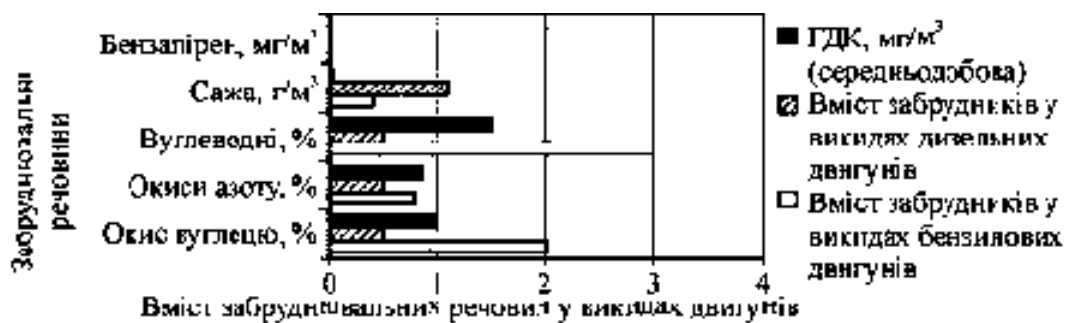


Рис. 1. Порівняльні показники вмісту забруднювачів у викидах бензинових та дизельних двигунів.

Токсичний вплив шкідливих викидів на здоров'я людини.

Шкідливі компоненти, що містяться в автомобільних викидах, мають серйозний вплив на здоров'я людини. Вуглекислий газ є основним парниковим газом, що сприяє глобальному потеплінню. Оксиди азоту можуть викликати подразнення дихальних шляхів, підвищуючи ризик розвитку хвороб органів дихання. Вуглеводні, зокрема бензол і толуол, є канцерогенами, що можуть спричиняти рак. Частки сажі, які викидаються в атмосферу з дизельними двигунами, мають високу канцерогенність, що підвищує ризик розвитку онкологічних захворювань, а також можуть сприяти розвитку серцево-судинних захворювань [1-3].

Шляхи зменшення шкідливих викидів автомобільного транспорту.

Зниження рівня шкідливих викидів від автомобільного транспорту є важливим етапом у боротьбі з екологічними проблемами. Існує кілька ефективних підходів до вирішення цієї проблеми:

- Перехід на електричні транспортні засоби. Одним із найбільш перспективних напрямів є розвиток електричного транспорту. Електромобілі не мають викидів відпрацьованих газів і можуть значно зменшити забруднення повітря, особливо у міських агломераціях.

- Використання альтернативних видів пального. Стиснений природний газ (CNG), біопаливо та водень є більш чистими альтернативами традиційному бензину і дизелю. Вони здатні значно знизити рівень викидів CO_2 та інших шкідливих компонентів, таких як оксиди азоту та вуглеводні.

– Модернізація існуючих двигунів. Впровадження новітніх технологій, таких як рециркуляція відпрацьованих газів (EGR), турбонаддув, а також фільтри для очищення відпрацьованих газів, можуть значно знизити рівень шкідливих викидів від традиційних автомобілів.

– Впровадження екологічних стандартів. Підвищення жорсткості екологічних стандартів для нових автомобілів є важливим кроком у боротьбі зі шкідливими викидами. Введення норм, які обмежують рівень викидів CO₂, NO_x та інших забруднювачів, стимулюватиме виробників до розробки більш екологічно чистих технологій.

– Розвиток інфраструктури для електричних і гібридних автомобілів. Забезпечення зручних і доступних зарядних станцій для електричних транспортних засобів є важливою умовою для масового переходу на електричний транспорт. Це дозволить зменшити залежність від традиційних видів пального та знизити викиди.

– Підтримка громадського транспорту та альтернативних способів пересування. Розвиток і популяризація громадського транспорту, велосипедного та пішохідного руху допомагає знизити кількість приватних автомобілів на дорогах, що сприяє зменшенню рівня забруднення.

Роль громадськості у вирішенні екологічних проблем.

Екологічні проблеми, такі як забруднення повітря, зміна клімату, деградація природних ресурсів і знищення біорізноманіття, мають глобальний характер і вимагають комплексного підходу для їх вирішення. Важливою складовою цього процесу є активна участь громадськості, оскільки саме через колективні дії та зміни в поведінці людей можна досягти значних результатів у збереженні навколишнього середовища. Відповідальність не тільки лягає на державні інституції та бізнес, але й на кожного громадянина. Залучення населення, особливо молоді, до екологічних ініціатив, може стати потужним драйвером змін у суспільстві, сприяючи збереженню природи для майбутніх поколінь [4].

Активна участь молоді в екологічних ініціативах.

Молодь — це одна з найбільш зацікавлених у вирішенні екологічних проблем соціальних груп. Молоді люди часто є ініціаторами та учасниками екологічних акцій, організовують публічні кампанії, волонтерські програми, а також поширюють знання про важливість сталого розвитку через соціальні мережі та інші платформи. Наприклад, у багатьох країнах молодіжні рухи, такі як Greta Thunberg та її "Fridays for Future", сприяють підвищенню обізнаності про проблему зміни клімату та забруднення. Ці рухи активно пропагують альтернативні способи транспорту, такі як електричні автомобілі та велосипедний рух, а також навчають населення про важливість використання відновлювальних джерел енергії.

Молодь також активно підтримує ініціативи щодо зменшення споживання одноразового пластику, побудови "зелених" міст та розвитку відновлюваних джерел енергії. Залучення молодих людей до екологічних активностей допомагає не тільки в короткостроковій перспективі, а й формує екологічну

свідомість у довгостроковій, що є важливим для збереження навколишнього середовища [3-5].

Пропаганда використання електричних автомобілів.

Використання електричних транспортних засобів є одним із головних напрямів зниження забруднення від автотранспорту. Громадські ініціативи, спрямовані на пропаганду переваг електричних автомобілів, допомагають не лише знижувати викиди парникових газів, а й підвищувати рівень поінформованості серед населення щодо альтернативних способів транспортування. Мережі зарядних станцій для електромобілів, які підтримуються громадськістю та місцевими органами влади, створюють інфраструктуру, необхідну для масового переходу на "зелені" транспортні засоби.

Завдяки широкій підтримці екологічних організацій та рухів, а також зростаючій популярності серед молоді, електричні автомобілі стають все більш доступними, що позитивно впливає на екологічну ситуацію в містах і регіонах, де проблеми забруднення повітря є найбільш актуальними.

Розвиток "зелених" технологій.

Розвиток і підтримка "зелених" технологій є важливим кроком у збереженні навколишнього середовища. Громадськість може активно підтримувати інновації в сфері енергоефективності, відновлювальних джерел енергії, сталого землеробства та екологічного будівництва. Пропаганда використання сонячних панелей, вітрових турбін, геотермальних джерел тепла та інших відновлювальних джерел енергії не лише допомагає знизити забруднення, але й сприяє зменшенню залежності від викопних палив.

Окрім того, громадські рухи активно пропагують використання органічних матеріалів у будівництві, використання енергозберігаючих технологій в побуті та перехід на продукти, які мають мінімальний вплив на екологію. Підтримка таких технологій на рівні населення може суттєво пришвидшити перехід до сталого розвитку [4].

Громадські ініціативи та участь у місцевих проектах.

На рівні місцевих громад важливу роль у вирішенні екологічних проблем відіграють різноманітні ініціативи, такі як організація збору сміття, очищення водних ресурсів, висадка дерев, збереження місцевих екосистем і біорізноманіття. Організовані на громадському рівні заходи можуть мати значний ефект на поліпшення стану навколишнього середовища.

Місцеві органи влади можуть підтримувати ініціативи, спрямовані на збереження природних ресурсів, надаючи субсидії та гранти для екологічних проектів. Наприклад, у деяких містах проводяться акції з очищення парків, лісів або берегів річок, де активну участь беруть місцеві жителі. Це не лише покращує стан довкілля, а й формує в людей відчуття відповідальності за своє середовище.

Підвищення екологічної свідомості через медіа та освіту.

Засоби масової інформації та освітні програми можуть стати потужними інструментами для формування екологічної свідомості серед населення. Важливими є не лише державні інформаційні кампанії, але й громадські

ініціативи, що поширюють знання про стійке споживання ресурсів, управління відходами та екологічні проблеми.

Широке використання соціальних мереж дає змогу громадським організаціям і активістам безпосередньо взаємодіяти з аудиторією, поширювати освітні матеріали, інфографіку та організовувати онлайн-кампанії, спрямовані на підвищення екологічної обізнаності.

Перспективи та рекомендації [3-5].

У майбутньому основними напрямками зменшення шкідливих викидів автомобільного транспорту мають стати впровадження новітніх технологій очищення відпрацьованих газів, розвиток інфраструктури для електричних автомобілів, підтримка альтернативних видів пального та оптимізація міського транспорту. Водночас важливу роль у цьому процесі відіграє формування ефективної екологічної політики, яка стимулюватиме впровадження таких технологій у виробництво та забезпечить підтримку з боку державних і приватних інвестицій.

Загалом, для зменшення шкідливих викидів від автомобільного транспорту необхідно поєднувати технологічні інновації з комплексними державними та громадськими заходами, що дозволить значно знизити екологічний вплив цього сектору на навколишнє середовище та здоров'я людей [3-5].

Висновки. Забруднення повітря, спричинене викидами автомобільного транспорту, є однією з основних екологічних проблем сучасності. Викиди, що утворюються при згорянні пального в дизельних і бензинових двигунах, містять численні шкідливі компоненти, такі як вуглекислий газ, оксиди азоту, вуглеводні, сажа та інші токсичні речовини, що мають негативний вплив на атмосферу, екосистеми та здоров'я людини. Дизельні двигуни, попри вищий рівень сажі у викидах, можуть бути більш ефективними з точки зору зменшення викидів вуглекислого газу, що свідчить про необхідність подальших технологічних вдосконалень у цій галузі.

Зниження шкідливих викидів від автомобільного транспорту вимагає комплексного підходу, що включає впровадження новітніх технологій, таких як електричні та гібридні автомобілі, використання альтернативних видів пального, модернізацію існуючих двигунів та покращення систем очищення відпрацьованих газів. Окрім цього, важливу роль у зменшенні забруднення відіграють державні екологічні стандарти, підтримка громадського транспорту, розвиток інфраструктури для електричних автомобілів та стимулювання альтернативних способів пересування.

Не менш важливим є залучення громадськості, зокрема молоді, до вирішення екологічних проблем. Усвідомлення впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище та здоров'я людини має сприяти формуванню культури сталого споживання та транспортування, що в свою чергу сприятиме створенню більш чистого і здорового середовища для майбутніх поколінь.

У зв'язку з цим, для досягнення значних результатів у боротьбі зі шкідливими викидами від автотранспорту необхідно поєднувати інноваційні

технології, ефективні екологічні політики та активну громадську участь. Такий підхід дозволить значно знизити негативний вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище та здоров'я людини, а також сприятиме сталому розвитку в глобальному контексті.

Список використаної літератури

1. Викиди від транспорту і як з ними боротися: веб-сайт. URL: <https://ecoaction.org.ua/vykydy-vid-transportu.html> (дата звернення 10.02.2025).
2. Книш Ю.В., Копій М.Л. Шляхи зменшення шкідливих викидів автотранспорту у навколишнє середовище. *Науковий вісник НЛТУ України: науковий журнал*. 2014. Вип. 24(3). С. 81-86.
3. Швабюк В.В., Грабовець В.В. Зниження витрати палива і шкідливих викидів легковим автомобілем з бензиновим двигуном в експлуатаційних умовах шляхом оптимізації управління: навчальний посібник. Луцьк. 2019. 136 с.
4. Автотранспорт і навколишнє середовище: проблеми і шляхи їхнього вирішення: веб-сайт. URL: <https://www.zoda.gov.ua/news/7207/avtotransport-i-navkolishnjесeredovishe-problemi-i-shlyahi-jihnogo-virishennya.html> (дата звернення 07.03.2025).
5. Славін В.В., Томаш В.В. Зниження шкідливого впливу автомобілів на оточуюче середовище. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського: науковий журнал*. Том 29(68), ч. 2, №6. 2018. С. 162-166.

Тимур Осадчий¹²,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ МОБІЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ В АГРОВИРОБНИЦТВІ

Анотація. *Стаття досліджує шляхи декарбонізації мобільної енергетики, що застосовується в агровиробництві. Розглянуто сучасні технології зниження викидів CO₂, альтернативні види палива та підходи до підвищення енергоефективності. Окреслено перспективи екологізації сільськогосподарської техніки та її вплив на сталий розвиток галузі.*

Ключові слова: *гібридний електропривід, водневі паливні елементи, акумулятори.*

Annotation. *The article explores ways to decarbonize mobile energy used in agricultural production. Modern technologies for reducing CO₂ emissions, alternative*

¹²Науковий керівник – Лисенко Р.Д., асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу

fuels, and approaches to improving energy efficiency are considered. The prospects for the greening of agricultural machinery and its impact on the sustainable development of the industry are outlined.

Key words: *hybrid electric drive, hydrogen fuel cells, batteries.*

Вступ. Одним із пріоритетних завдань для розвитку аграрного виробництва є створення високопродуктивного експортно-орієнтованого сектору та досягнення експорту сільськогосподарської продукції у розмірі \$45 млрд до 2024 року. Для вирішення поставлених завдань необхідно забезпечити стабільне зростання виробництва конкурентоспроможної, якісної, екологічно чистої вітчизняної сільськогосподарської продукції. Одним з основних ресурсів для розвитку сільського господарства є технології та обладнання, які дозволяють підвищити продуктивність і розкрити весь потенціал земельних ресурсів і вітчизняного насіння.

Мобільні енергетичні засоби є основою комплексу машин для виробництва сільськогосподарської продукції. Пересувні енергетичні засоби різних тягових класів дають можливість ефективно виконувати сільськогосподарські роботи у всіх галузях - від селекції і насінництва до тваринництва.

У рослинництві сучасні мобільні енергетичні засоби виконують весь спектр технологічних операцій: від обробки ґрунту і посівної до збирання врожаю і виконання транспортно-технологічних робіт. У зв'язку з цим мобільні енергетичні об'єкти повинні відповідати вимогам передових інноваційних технологій виробництва сільськогосподарської продукції. На підставі перспективних технологій виробництва сільськогосподарської продукції та новітні проривні наукові досягнення, провідні виробники та науково-дослідні центри працюють над різними напрямками їх розвитку. Вирішувані в даному випадку завдання спрямовані на розробку вимог до інноваційних мобільних енергетичних об'єктів, які відповідають сучасним сільськогосподарським технологіям і екологічності, ефективно виконують технологічні операції. Результати досліджень дозволять обґрунтувати сучасні вимоги до масогабаритних розмірів, вантажопідйомності навісних систем, потужності, продуктивності гідравлічних систем, використання автоматизованих систем управління і, звичайно ж, екологічності.

Виклад основного матеріалу. Проведено аналіз інформації щодо прогнозів розвитку світової енергетики та перспектив декарбонізації мобільних енергетичних об'єктів у наукових статтях, аналітичних оглядах, стратегічних та прогнозних документах та електронних ресурсах. Вихідна інформація в ході дослідження обробляється експертно-аналітичним методом.

В останні десятиліття у світовому науковому співтоваристві все частіше переважають екологічні проблеми. В умовах зміни клімату політика провідних країн світу спрямована на декарбонізацію – скорочення викидів парникових газів, джерелами яких є насамперед теплові електростанції, промислові підприємства, транспортне та сільськогосподарське виробництво. Прогноз показує, що в найближчі 10 років викиди парникових газів в Росії будуть тільки

збільшуватися, і в зв'язку з цим одним з найважливіших завдань є пошук нових екологічно чистих джерел енергії.

З метою скорочення викидів більшість розвинених країн спільно зі світовими автовиробниками планують до 2030-2035 років повністю відмовитися від використання двигунів внутрішнього згоряння у своїх транспортних засобах (рис. 1).

Провідні світові виробники тракторів працюють над використанням як гібридних схем, так і різних альтернативних джерел енергії, зокрема, акумуляторів і натуральних паливних елементів. Основний вплив цього переходу полягає в покращенні екологічності, енергоефективності, продуктивності, надійності, а також у сприянні переходу до інтелектуальних систем управління.



Рис. 1. Декарбонізація мобільних енергетичних продуктів: світові тренди.

Глобальний енергетичний прогноз показує, що виробництво енергії з викопних вуглеводнів скоротиться в найближчі десятиліття, тоді як ядерна енергетика та відновлювані джерела енергії, такі як гідроенергетика, вітер, сонячна та геотермальна енергетика, стануть більш поширеними та займатимуть більшу частку енергетичного ринку. При цьому ці джерела енергії в першу чергу спрямовані на вироблення електроенергії, і все більш актуальним набуває питання підвищення ефективності її передачі, зберігання та використання, зокрема, в мобільних транспортних засобах.

Досвід світових лідерів індустрії електромобілів показує, що одним із способів ефективної економії електроенергії на транспорті є використання акумуляторних батарей. Таким чином, новітні розробки Tesla дозволяють створювати компактні акумулятори для легкового транспорту з накопиченою енергією до 100 кВт·год, що забезпечують пробіг понад 500 км на одному заряді, при цьому час зарядки на спеціалізованій станції займає не більше 40 хвилин. Зростання серійного виробництва і постійне вдосконалення акумуляторів протягом останніх кількох років дозволили знизити їх вартість більш ніж в 1,5 рази.

Тенденції переходу на електропривод формуються і на вантажному транспорті. Компанія Tesla розробила електричну вантажівку з батареями з накопиченою енергією в 1 000 кВт·год, що дозволяє їй долати понад 800 км на одному заряді з корисним навантаженням 36 тонн. Компанія Hyundai розробила та організувала серійне виробництво вантажівок на водневих паливних

елементах загальною потужністю 190 кВт. Запас у 32 кг водню дозволяє подолати відстань у 400 км.

Прогноз розвитку мобільних енергетичних об'єктів сільськогосподарського призначення показує, що в найближчі десятиліття двигун внутрішнього згоряння буде поступово втрачати свої позиції, а акумулятори і паливні елементи набувати все більшого поширення (рис. 2).

Традиційні сільськогосподарські мобільні енергетичні транспортні засоби включають двигун внутрішнього згоряння та механічну трансмісію. Така конструкція має низькі показники екологічності, енергоефективності та надійності. Він досить складний за конструкцією і не дозволяє ефективно реалізувати інтелектуальні системи управління рухом, а також є джерелом вібрації і шуму.

Одним з наступних етапів розвитку є перехід на гібридний привід - використання дизель-генераторної установки, електромеханічної трансмісії, силової електроніки та пристроїв накопичення енергії - акумуляторів (рис. 3).

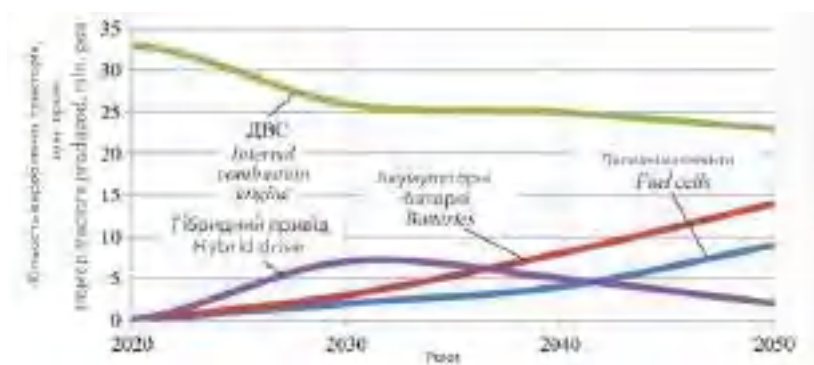


Рис. 2. Прогноз розвитку мобільної енергетики.



Рис. 3. Схема гібридного силового автомобіля з електромеханічною трансмісією.

Електрична енергія, що виробляється генератором, розподіляється за допомогою блоку силової електроніки між електродвигунами осей і акумуляторною батареєю. Трансмісія силового автомобіля з гібридним приводом може використовувати тільки енергію, накопичену в акумуляторах при русі, а при виконанні енергоємних технологічних операцій - енергію, що

виробляється генератором. Це дає можливість поліпшити ряд характеристик джерела живлення - зокрема, підвищити екологічність за рахунок зниження потужності ДВС, його періодичне використання в міру навантаження, а застосування електромеханічної трансмісії дозволяє частково реалізувати інтелектуальне правління рухом. Однак така гібридна система приводу все ж досить складна, не дозволяє позбутися від вібрацій, шуму ДВС і ускладнює використання інтелектуальних систем управління.

При використанні гібридного приводу з електричною трансмісією енергія спрямовується від генератора або акумуляторів безпосередньо на електродвигуни, вбудовані в колеса. Це дозволяє більш ефективно реалізувати електронне управління рухом силового автомобіля, але залишаються ті ж недоліки, пов'язані з використанням двигунів внутрішнього згоряння (рис. 4).

Ще одним напрямком є використання в якості електростанції водневих паливних елементів, що представляють собою пристрій для отримання електричної енергії в ході хімічної реакції взаємодії водню з киснем, в результаті чого виділяється тепло і вода. Залежно від навантаження, отримана електрична енергія може перерозподілятися між двигунами концентратора та акумулятором за допомогою блоку силової електроніки. Використання водневих паливних елементів дозволяє вирішити ряд проблем, які виникають у двигунів внутрішнього згоряння: це, зокрема, питання екологічності. Однак паливні елементи досить складні і мають обмежений ресурс, що знижує надійність роботи всього енергетичного об'єкта.

Для забезпечення роботи протягом повної зміни необхідно мати великий запас водню, що вимагає розміщення на електроживленні великої кількості накопичувальних ємностей (рис. 5).

Використання електричних мобільних енергетичних засобів на акумуляторних батареях дозволяє вирішити всі перераховані вище проблеми. У такій схемі присутні тільки акумуляторні батареї, блок силової електроніки і двигуни-концентратори (рис. 6).



Рис. 4. Схема гібридного силового автомобіля з електричною трансмісією.

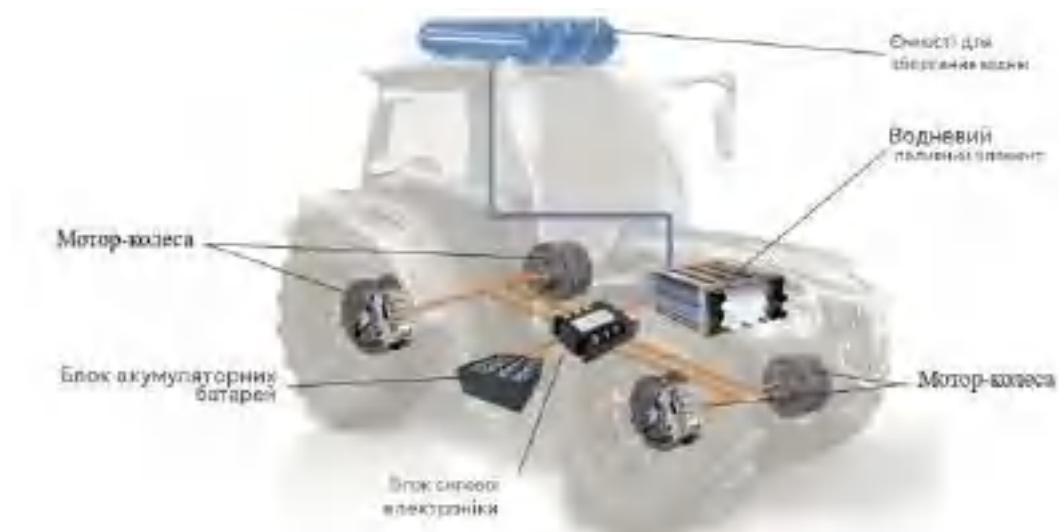


Рис. 5. Схема електростанції на водневих паливних елементах з електричною трансмісією.



Рис. 6. Схема електромобіля з акумуляторним живленням і електричною трансмісією.

При цьому акумулятори заряджаються від зовнішніх джерел. При виконанні технологічних операцій акумуляторні батареї виробляють той рівень потужності, який необхідний для живлення двигунів концентратора, який регулюється блоком силової електроніки. Надалі це одне з найбільш оптимальних рішень.

В даний час реалізація електроприводу мобільних енергетичних транспортних засобів з джерелами енергії у вигляді водневих паливних елементів або акумуляторів істотно обмежена відсутністю інфраструктури, що дозволяє своєчасно поповнювати запас енергії, і високою вартістю самих джерел енергії.

Висновок. Декарбонізація мобільної енергетики та супутнє зниження екологічного навантаження сільськогосподарського виробництва на навколишнє середовище можливі лише за умови відповідного технічного та технологічного розвитку аграрної мобільної енергетики.

У довгостроковій перспективі декарбонізація мобільних сільськогосподарських енергетичних транспортних засобів має здійснюватися за

рахунок створення малопотужних (до 50 кВт) на акумуляторах з електропередачею або середньої та великої потужності (понад 50 кВт) на водневих паливних елементах з електричною трансмісією.

Список використаної літератури

1. Jae-Woong Byun. The Internal and External Analysis of Tesla Motors' Competitiveness. Journal of Distribution and Management Research: web-site. URL: <https://dx.doi.org/10.17961/jdmr.19.4.201608.63> (дата звернення 24.03.2025).
2. Ghobadpour A., Boulonb L., Mousazadeha H., Malvajerdic A.S., Rafieea S. State of the art of autonomous agricultural off-road vehicles driven by renewable energy systems. Energy Procedia: web-site. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.04.002> (дата звернення 20.03.2025).
3. Magalhaes R.O., Assuncao M.V., Mendes Santos J.P., Silva E.V., Ferreira Junior L.G., Magalhaes R.R., Ferreira D.D. Review on applications of electric ehicles in the countryside. Ciencia Rural: web-site. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20161076> (дата звернення 08.03.2025).
4. Jacek Caban, Jan Vrabel, Branislav Šarkan, Janusz Zarajczyk and Andrzej Marczuk. Analysis of the market of electric tractors in agricultural production. MATEC Web Conf: web-site. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824403005> (дата звернення 06.03.2025).

В'ячеслав БАЗАЛИЦЬКИЙ¹³,

студент 5 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПОДІЛЬНИКІВ ЗОЛОТНИКОВОГО ТИПУ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ

Анотація. У статті розглянуто особливості функціонування та конструктивні характеристики гідравлічних направляючих розподільників, зокрема золотникових, та їхній вплив на ефективність роботи гідравлічних систем.

Ключові слова: гідравлічні направляючі розподільники, золотникові розподільники, конструктивні характеристики, ефективність гідравлічних систем, сільськогосподарська техніка, механізми, умовні графічні позначення.

Annotation. The article discusses the features of the operation and design characteristics of hydraulic directional control valves, particularly spool-type valves,

¹³Науковий керівник - Яківчук С.В. асистент кафедри агроінженерії і технічного сервісу

and their impact on the efficiency of hydraulic systems.

Key words: *hydraulic directional control valves, spool-type valves, design characteristics, hydraulic system efficiency, agricultural machinery, mechanisms, standard graphical symbols.*

Вступ. Гідравлічні системи відіграють важливу роль у сучасній техніці та промисловості, забезпечуючи ефективну передачу енергії та управління рухом за допомогою рідини під тиском. Вони широко застосовуються в таких галузях, як сільське господарство, будівництво, авіація, автомобілебудування та робототехніка, завдяки їхній високій потужності, компактності та надійності.

Одним із ключових елементів гідравлічних систем є гідравлічний направляючий розподільник, який відповідає за керування потоком робочої рідини. Його конструкція та принцип роботи визначають ефективність роботи всієї гідросистеми. Тому вивчення характеристик та конструкційних особливостей гідравлічних розподільників є актуальним завданням для підвищення продуктивності та надійності гідравлічних систем.

У цій роботі буде розглянуто особливості функціонування гідравлічних розподільників, їх класифікацію, конструктивні характеристики та умовні графічні позначення. Особливу увагу буде приділено золотниковим розподільникам, їх будові та застосуванню в сільськогосподарській техніці та інших механізмах.

Метою дослідження є аналіз конструктивних особливостей та принципів роботи гідравлічних направляючих розподільників, а також їх вплив на ефективність роботи гідравлічних систем. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації конструкційних рішень та покращення експлуатаційних характеристик сучасних гідравлічних систем.

Виклад основного матеріалу. Гідравлічні системи представляють собою форму механічних систем, які використовуються для передачі енергії та керування рухом рідин. Вони складаються з компонентів, таких як гідравлічні циліндри, насоси, клапани і труби [1-3]. Основна функція гідравлічних систем полягає в перетворенні механічної енергії у рух рідини, яка, в свою чергу, керує різними механізмами, такими як циліндри, двигуни чи інші рухомі частини.

Гідравлічні системи широко використовуються у різних галузях промисловості, таких як сільське господарство, будівництво, авіація, мореплавство, автомобілебудування, заводське устаткування, гідроелектростанції та промислові роботи [1-3]. Однак їх використання пов'язане із зазначеними недоліками, зокрема, можливістю витoku рідини та ризиками безпеки, якщо не дотримуватися необхідних заходів контролю за тиском і температурою. Зрозуміле проектування, правильний монтаж та систематичне обслуговування можуть максимізувати переваги гідравлічних систем та зменшити їхні негативні аспекти [1-3].

Гідравлічні системи діють на основі переміщення рідини під тиском насоса та передачі цього тиску до гідравлічних циліндрів через трубопроводи і гідроклапани. Це дозволяє гідравлічним циліндрам рухатися під впливом тиску

гідравлічної рідини.

Використання гідравлічних систем знаходить широкий застосунок у випадках, де потрібна велика потужність, наприклад, у підйомних механізмах навантажувачів [1-3,]. Гідравлічна система навантажувача приводить гідравлічну рідину під тиском, який передається на підйомний механізм, піднімаючи вантаж. Гідравлічне масло, використовуване в гідравлічних системах для навантажувачів, відіграє важливу роль в забезпеченні ефективної роботи цієї системи.

У гідравлічних системах клапани відповідають за контроль напрямку руху, швидкості та тиску гідравлічної рідини, забезпечуючи правильну функціональність системи. Важливою перевагою гідравлічних систем є їхній високий ступінь ефективності передачі енергії, але важливо враховувати можливі ризики витоків рідини та контролю тиску та температури для забезпечення безпеки та ефективності [1-3].

Гідравлічний направляючий розподільник – це гідроагрегат, призначений для керування потоком робочої рідини в гідравлічній системі шляхом його запуску, зупинки або зміни напрямку між двома і більше гідролініями під дією зовнішнього керуючого сигналу. Будь-який такий розподільник складається з корпусу та запірного елемента. Залежно від конструкції запірного елемента їх поділяють на золотникові, кранові та клапанні. За кількістю зовнішніх гідроліній (Р, А, В, Т) вони бувають дво-, три- та чотирилінійними. За типом керування розрізняють ручні, механічні, електричні та гідравлічні розподільники. Кількість фіксованих положень запірного елемента визначає поділ на двох- та трьохпозиційні, а кількість запірних елементів – на одно- та двоступінчасті.

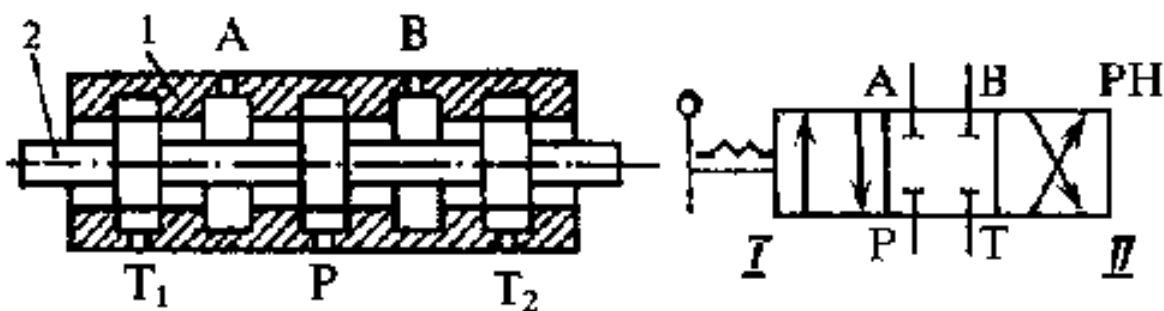


Рис. 1. Конструктивна схема направляючого золотникового розподільника 4/3 і його графічне позначення.

Умовні графічні позначення розподільників формуються з використанням символів, які відображають їхні складові частини та їх взаємодію. До цих символів належать позначення положень рухомого запірного елемента, з'єднувальних ліній, каналів та механізмів керування [2-4]. У розподільниках з дискретним принципом роботи кожне стабільне положення запірного елемента графічно представляється у вигляді суцільного квадрата або прямокутника з нанесеними позначеннями зовнішніх портів (Р, А, В, Т). Кількість позицій розподільника відображається відповідною кількістю цих геометричних фігур (наприклад, трьохпозиційний розподільник ілюструється трьома такими

фігурами) (рис. 12) [2-4].

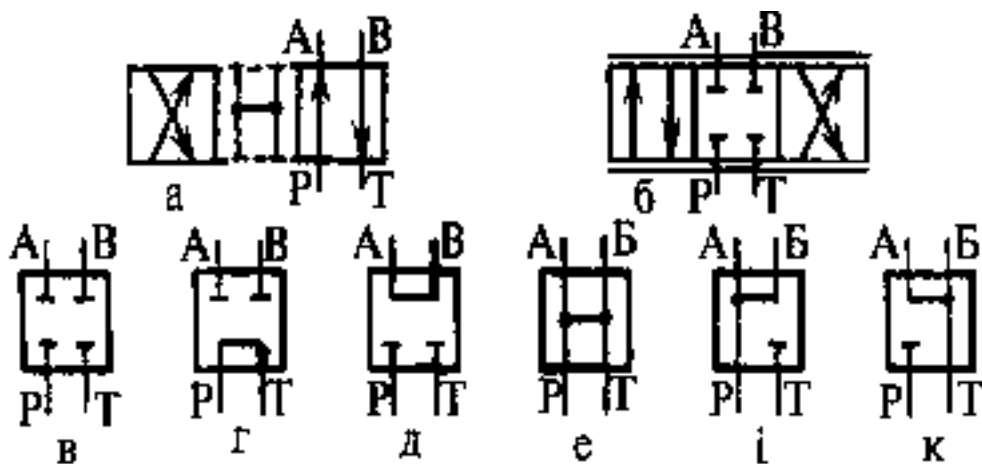


Рис. 2. Умовні позначки елементів розподільників.

Проміжні (перехідні) положення рухомого елемента розподільника відображаються штриховими лініями, які проводяться між робочими положеннями. Наприклад, проміжне положення (нейтральне) між двома робочими позиціями може бути позначене штриховими лініями, як показано на рисунку 2, а [2, 4].

Розподільники безупинної дії зображуються аналогічно розподільникам дискретної дії, але додають дві паралельні лінії, що вказують на нескінченну кількість проміжних робочих положень. Наприклад, розподільник безупинної дії з двома характерними позиціями може бути зображений, як показано на рисунку 2, б.

У принципових схемах розподільників вихідні позиції зображаються, вказуючи лінії зв'язку [2,4]. Проходи (канали) позначаються лініями зі стрілками, що вказують напрямок потоку робочого середовища в кожній позиції. Місця з'єднань проходів виділяються крапками, а закриті проходи зображуються тупиковими лініями із поперечною рисою.

Гідророзподільники золотникового типу широко використовуються в гідроприводах сільськогосподарської техніки і тракторів. Основна перевага цих розподільників полягає в можливості подачі потоку рідини до декількох споживачів за умови вивантаження золотника від тиску рідини [2-4]. Також, ці розподільники менш чутливі до забруднення робочої рідини. Промислові конструкції таких гідророзподільників включають Р-80-2-1-44, Р-80-2-2-44, Р-80-2-1-222, Р-80-2-1-22, Р-80-2-1-444, Р-80-2-2-444, Р-80-2-3-444, Р160-2-1-222-20, Р-160-2-1-111-10, Р-160-2-1-222-30 і Р-160-2-1-111-20.

Рідинні енергетичні системи, завдяки своїм перевагам, таким як компактність і потужність, знаходять застосування в різних сферах промисловості, таких як авіаційна промисловість, будівництво, сільське господарство, автомобільна галузь, виробництво, та робототехніка [3-5].

Гідростатичні насоси та двигуни є ключовими компонентами цих систем. Гідростатичні насоси перетворюють механічну енергію на гідравлічну, а гідростатичні двигуни перетворюють гідравлічну енергію на механічну для

виконання корисної роботи [3]. Існує різноманітність об'ємних машин, таких як аксіально-поршневі, зубчасті, лопатеві, гвинтові тощо

Аксіально-поршневі машини з перекидною пластиною особливо популярні завдяки своїй компактності та простій конструкції. Вони здатні працювати під високим тиском і при цьому зберігати високу ефективність.

Останні досягнення в галузі рідинних енергетичних систем спрямовані на використання керованого руху, щоб зменшити споживання енергії та можливість гібридизації систем і відновлення енергії [4-6]. У системах із регульованим робочим об'ємом для керування рухом приводу використовуються насоси із змінним робочим об'ємом.

Контроль об'єму допомагає уникнути втрат через дроселювання і підвищує загальну ефективність системи. У випадках з регульованим робочим об'ємом, насоси та двигуни стають основним джерелом втрат, оскільки дросельні клапани видаляються. Тому підвищення ефективності насосів і двигунів вимагає революційних змін у їх конструкції [4-6]. Використання обчислювального проектування може стати потужним інструментом для досягнення цієї революції. З ростом обчислювальної потужності відкриваються нові можливості для розробки цифрових методологій проектування об'ємних машин [4-6].

Однак, недивлячись на багаторічні дослідження, ще не було досягнуто достатнього розуміння фізичних явищ, які відбуваються в насосах і двигунах, що перешкоджає створенню необхідних програмних рішень.

Інтерфейс поршневого циліндра є одним з найважливіших компонентів конструкції аксіально-поршневих машин з перекидною пластиною [4,5].

Основний джерелом розсіювання енергії в аксіально-поршневих машинах є конструкція та характеристики обертового комплексу. На рисунку 3 показана обертова група аксіально-поршневої машини з перекидною пластиною, виділяються три основні змащувальні інтерфейси аксіально-поршневої машини.

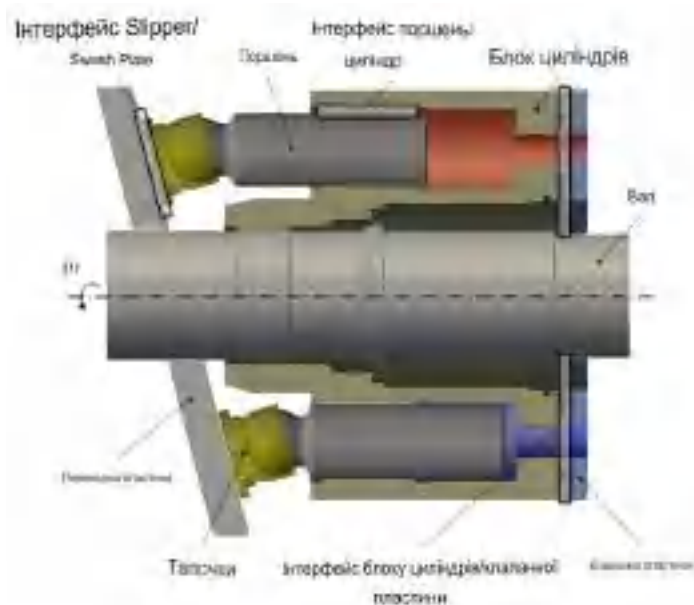


Рис. 3. Основні компоненти обертового комплексу аксіально-поршневої машини.

Ці три інтерфейси є критичними для конструкції, оскільки вони визначають продуктивність та ефективність машини. Вони виконують функції як підтримання високого тиску в машині, так і підтримання її навантаження. Мастильні поверхні також становлять важливе джерело втрат енергії через витікання рідини та опір тертя, пов'язаний з їх рухом [4-6].

Величина цих втрат потужності тісно пов'язана з геометрією плівки рідини та її динамічною поведінкою. Таким чином, глибоке розуміння взаємодії на мастильних поверхнях може призвести до поліпшення конструкції, що здатна підвищити ефективність аксіально-поршневих машин, особливо в умовах часткового навантаження [4-6].

З трьох головних змащувальних інтерфейсів, інтерфейс поршнів/циліндр є єдиним, який не може бути гідростатично збалансованим, тобто для підтримки навантаження потрібно використовувати гідродинамічні та пружно-гідродинамічні ефекти [5,6]. Наявність надійної рідинної плівки, яка несе навантаження між поршнем і циліндром, є критичною для надійної роботи аксіально-поршневих машин з перекидною пластиною.

Дослідження будуть зосереджені на внеску різних факторів у створення рідинної плівки між поршнем і циліндром, на її поведінці та стабільності під різними навантаженнями, а також на впливі форми поверхні, якості та властивостей матеріалу на цю плівку [5,6].

Кілька фізичних явищ відбуваються одночасно всередині розділу поршень/циліндр, впливаючи на умови потоку рідини протягом одного оберту вала машини. Поверхнева деформація деталей машини через високий робочий тиск і навіть більш високі локальні піки тиску в мастильній плівці зазвичай знаходяться в діапазоні деяких мікрометрів [4,5].

Локальна деформація поверхні через поле тиску призводить до зміни товщини плівки, що визначається як еластогідродинамічний ефект. Крім того, енергія, що розсіюється внаслідок в'язкого тертя, передається твердим частинам, змінюючи їхній розподіл температури, включаючи температуру граничних поверхонь плівки рідини [4-6]. Розсіювання енергії в плівці рідини також впливає на в'язкість рідини і, отже, на її здатність нести навантаження, потік рідини та в'язке тертя.

Аналіз та чисельне моделювання трибологічних інтерфейсів є важливою науковою галуззю, що охоплює різні області та має застосування впродовж багатьох десятиліть [4-6]. Однією з основних моделей для вивчення ламінарного потоку рідини в узкій плівці є рівняння Рейнольдса, яке було розроблене Рейнольдсом у 1886 році [4-6]. Це рівняння, яке базується на рівняннях Нав'є-Стокс та збереженні маси, широко використовується для опису такого потоку.

Проте завдяки прогресу в чисельних методах та комп'ютерних технологіях останніми роками було досягнуто значного успіху в розв'язанні методами, розробленими Рейнольдсом, для інтерфейсів в аксіально-поршневих машинах, навіть у випадках їх складної геометрії та фізичних властивостей [5].

Наприклад, у 1972 році ван дер Колк представив перше чисельне дослідження розподілу тиску на межі поршнів та циліндра аксіально-поршневих

машин. Його модель імітувала нахилений поршень, але через обмежену обчислювальну потужність використовувала дуже грубу обчислювальну сітку з 48 елементів [5,6]. Результати були перевірені вимірюваннями тиску рідинної плівки.

Келер у 1984 році вивчав розподіл тиску в рідинній плівці на межі поршня та циліндра та його вплив на тертя при запуску. Він розробив ітераційну імітаційну модель та порівняв її з вимірюваннями.

Також Івантисінова у 1983 році запропонувала першу неізотермічну модель для інтерфейсу поршнів/циліндра, яка дозволяє вивчати розсіювання енергії в умовах течії рідинної плівки та рідинних властивостей.

Подальший розвиток чисельного моделювання трибологічних інтерфейсів аксіально-поршневих машин дозволив досліджувати рівновагу сил на положенні механічних частин і зміну товщини плівки змащувальних інтерфейсів з плином часу [4-6]. Обчислення положення поршня в циліндрі машини з перекидною пластиною, враховуючи баланс сил та зміну товщини плівки рідини в часі. Його імітаційна модель дозволила вперше розглянути варіації товщини плівки рідини та ефект стиснення плівки в потоці рідини. Цей ізотермічний метод обчислення був подальше розширений для всієї робочої машини, що призвело до створення інструмента моделювання PUMA [5,6].

Однак одним із найбільших досягнень у моделюванні з'єднаних трибологічних інтерфейсів аксіально-поршневих машин з перекидною пластиною стало розроблення інструменту моделювання CASPAR Wieczorek та Ivantysynova в 2002 році. Моделі в CASPAR ґрунтуються на неізотермічній моделі потоку рідини та враховують динамічний стискаючий рух усіх рухомих частин та їх взаємодію [5,6].

Цей розвиток в галузі чисельного моделювання трибологічних інтерфейсів дозволяє більш докладно вивчати взаємодію рідини з твердими граничними поверхнями в поршневих машинах, враховуючи еластогідродинамічне змащення [5,6]. Такі дослідження допомагають зрозуміти явище еластогідродинамічного змащення, яке виникає внаслідок високого тиску, що діє на тверді поверхні плівки рідини, і може призвести до зміни її товщини.

Розвиток цих методів також включає аналіз теплових аспектів, таких як вплив температури на гідродинамічний процес змащення та механізми теплопередачі [4-6].

Протягом останніх років еластогідродинамічний аналіз застосовувався в різних наукових областях, визнавши, що ефект еластогідродинаміки є фізичним явищем, яке не обмежується тільки трибологічними контактами, але також має застосування в інших технічних сферах [5]. Локальна поверхнева пружна деформація механічних частин, які піддаються великим робочим тискам, значно впливає на поведінку та ефективність машин, особливо тих, які мають справу з надзвичайно тонкими плівками рідини.

Дослідники розширили вивчення еластогідродинаміки на прикладах, таких як поршневі кільця в двигунах внутрішнього згоряння та прямозубі зубчасті колеса [5,6]. Вони виявили, що ефекти еластогідродинаміки спостерігаються

внаслідок деформації твердих частин та генерують тиску в рідинній плівці.

Ще одним напрямком дослідження є поєднання методів кінцево-елементного аналізу з розв'язанням проблем еластогідродинамічного змащення. Чисельні методи, засновані на кінцево-елементному аналізі для вивчення задач еластогідродинамічного змащення, ці методи дозволяють докладно вивчити взаємодію рідини з твердими частинами в системі, враховуючи пружну деформацію та динамічний тиск в рідинній плівці [4-6].

Подальший розвиток методів чисельного моделювання дозволив розробити моделі для змащувальних інтерфейсів аксіально-поршневих машин, включаючи поршні та циліндри. Для точного аналізу структури рідини були використані багатосіткові методи та багаторівневі методи для розв'язання рівнянь Рейнольдса. Такі дослідження дозволили вивчити поведінку рідини в трибологічних парах під впливом еластогідродинамічного змащення [6,7].

Також було розроблено моделі, які враховують вплив теплової деформації твердих тіл на поведінку рідинної плівки. Це важливо, оскільки температурні зміни можуть вплинути на гідродинамічні процеси змащення. Такі моделі допомагають краще зрозуміти взаємодію рідини з твердими частинами під впливом еластогідродинамічного змащення і термічної деформації [6,7].

Висновки. Гідростатичні насоси та двигуни відіграють центральну роль у рідинних енергетичних системах, перетворюючи механічну енергію на гідравлічну та навпаки. Останні досягнення у цій сфері спрямовані на підвищення ефективності шляхом впровадження регульованих об'ємів та цифрових методів проектування.

Одним із головних аспектів підвищення ефективності аксіально-поршневих машин є дослідження мастильних інтерфейсів, зокрема взаємодії поршня та циліндра. Оптимізація цих елементів може значно зменшити втрати енергії та підвищити ефективність роботи систем. Чисельне моделювання та розрахунки мастильних плівок стають важливими інструментами для покращення конструкцій гідравлічних машин.

Список використаної літератури

1. Призначення гідроциліндрів їх класифікація та конструктивні особливості: веб-сайт. URL: <https://hydro-part.com.ua/naznachenie-gidrocilindrov-klassifikacziya-konstruktivnye> (дата звернення 18.03.25).
2. Організаційні форми використання сільськогосподарської техніки: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/organizaciyini-formi-vikoristannya-silskogospodarskoyi-tehniki> (дата звернення 18.03.25).
3. Розподільчі пристрої їх призначення, будова, принцип дії та застосування: веб-сайт. URL: https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Lusak/%D0%93%D0%86%D0%94%D0%A0%D0%9E%D0%9F%D0%A0%D0%98%D0%92%D0%9E%D0%94/Dokument/Lekzia/%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F/2.3.htm (дата звернення 18.03.25).
4. Супрун Д.Г., Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б. Ремонт машин та обладнання: навч. посіб. Вінниця. ВНАУ. 2012. 85 с.

5. Веселовська Н. Р., Руткевич В. С., Шаргородський С. А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2019. 283 с.

6. Веселовська Н.Р., Іванов М.І., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Гідравліка: навчальний посібник. Вінниця. 2019. 222 с.

Богдан БЕРЕЖНИЙ¹⁴,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ: КРИВОШИПНО-ШАТУННИЙ МЕХАНІЗМ І ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВА ГРУПА

***Анотація.** У роботі проведено дослідження конструктивних особливостей кривошипно-шатунного механізму та циліндро-поршневої групи двигунів внутрішнього згоряння. Описано основні елементи, матеріали виготовлення, принципи роботи та вплив цих вузлів на ефективність і довговічність двигунів.*

***Ключові слова:** кривошипно-шатунний механізм, циліндро-поршнева група, двигун внутрішнього згоряння, діагностика, відновлення.*

***Annotation.** The work studies the design features of the crank mechanism and cylinder-piston group of internal combustion engines. The main elements, materials of manufacture, principles of operation and the influence of these components on the efficiency and durability of engines are described.*

***Keywords:** crank mechanism, cylinder-piston group, internal combustion engine, diagnostics, restoration.*

Вступ. Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) є важливими складовими сучасних транспортних засобів та промислового обладнання. Ефективність, надійність і тривалість їх роботи значною мірою залежать від стану циліндро-поршневої групи (ЦПГ), яка включає циліндри, поршні, поршневі кільця та інші елементи, що зазнають значного термічного і механічного навантаження. З часом ці компоненти зношуються, що може спричинити зниження потужності двигуна, збільшення витрат палива та мастила, а також підвищення рівня шкідливих викидів [1-6].

Традиційна діагностика ЦПГ потребує розбирання двигуна, що супроводжується значними витратами часу і ресурсів. Однак сучасні технології

¹⁴Науковий керівник – Паладійчук Ю.Б. кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

пропонують альтернативу у вигляді неінвазивних методів оцінки стану ЦПГ, таких як аналіз вібрацій, акустичні дослідження, термографія та хімічний аналіз продуктів згоряння. Ці методи дають змогу своєчасно виявляти ознаки зносу або пошкоджень, що сприяє збереженню ефективності двигуна та зменшенню витрат на його обслуговування.

ЦПГ спільно з колінчастим валом виконує ключову функцію – перетворення зворотно-поступального руху поршня в обертальний рух колінвала. Як один із найважливіших вузлів двигуна, ЦПГ значною мірою визначає експлуатаційні характеристики, такі як надійність запуску, витрати палива й мастила, потужність і тривалість міжремонтного періоду.

Проте існуючі засоби діагностики ЦПГ не завжди забезпечують швидке й точне визначення несправностей, таких як порушення герметичності клапанів. Результати діагностики часто залежать від досвіду оператора та можуть бути суб'єктивними через суперечливість і неточність отриманих даних. Це ускладнює своєчасне виявлення та усунення дефектів, що негативно впливає на ефективність і стан двигуна.

Розвиток технічної діагностики транспортних засобів став можливим завдяки автоматизованим системам контролю, які використовують діагностичні комп'ютери таких брендів, як LAUNCH, BOSCH, MATCO, ZECA. Ці системи дозволяють ефективно перевіряти електронні компоненти ДВЗ, але не забезпечують повного контролю за станом механічних вузлів, таких як ЦПГ і клапанна група, що є найбільш схильними до зносу [1-6].

Актуальним залишається завдання підвищення точності діагностики ЦПГ та герметичності клапанів бензинових двигунів. Існуючі методи не забезпечують повної об'єктивності через суперечливість результатів і вплив людського фактора. Це зумовлює необхідність розробки нових технологій і підходів, що підвищать надійність і точність діагностики, зменшуючи вплив суб'єктивних чинників і забезпечуючи об'єктивну оцінку технічного стану вузлів двигуна.

Виклад основного матеріалу. Кривошипно-шатунний механізм перетворює прямолінійний зворотно-поступальний рух поршнів в обертальний рух колінчастого вала [1-4].

Складається кривошипно-шатунний механізм з двох груп деталей:

- нерухомі;
- рухомі.

До нерухомих деталей належать блок-картер (картер у двигунів з повітряним охолодженням) з опорами колінчастого вала, циліндром (гільзою циліндра), піддон картера, головка циліндра, корінні підшипники, ущільнення. Нерухомі деталі є основою двигуна, основою, де розташовуються рухомі деталі кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів та виконуються робочі цикли.

До рухомих деталей належать поршень з поршневыми кільцями, поршневий палець, шатун, колінчастий вал і маховик [1,2].

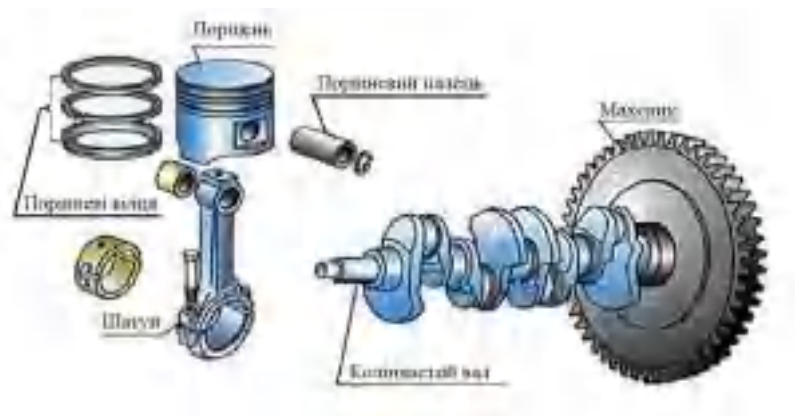


Рис. 1. Рухомі деталі КШМ.

Циліндр, спільно з головкою та поршнем, утворює простір, де відбуваються важливі теплові процеси під час робочих циклів двигуна.

У блоках циліндрів двигунів з рідинним охолодженням використовуються змінні гільзи. Це дозволяє замінити лише пошкоджену гільзу, не змінюючи весь блок циліндрів [1,2]. Змінні гільзи зазвичай виготовляються з високоякісного хромонікелевого чавуну, що є більш вигідним з економічної точки зору, ніж виготовлення всього блоку з сірого чавуну. Для підвищення ефективності роботи гільз їхню внутрішню поверхню ретельно обробляють, розточують, шліфують, полірують і загартовують з нагріванням струмом високої частоти на певну глибину [1-4].

Гільзи можуть бути поділені на мокрі і сухі. Зовнішній бік мокрої гільзи охолоджується рідиною, в той час як суху гільзу встановлюють у розточений циліндр блок-картера, і охолоджувальна рідина омиває зовнішній бік циліндра [1-4]. Для правильного центрування гільзи відносно блока на її зовнішній поверхні розміщені два посадкові пояски, а буртик служить опорою для гільзи.

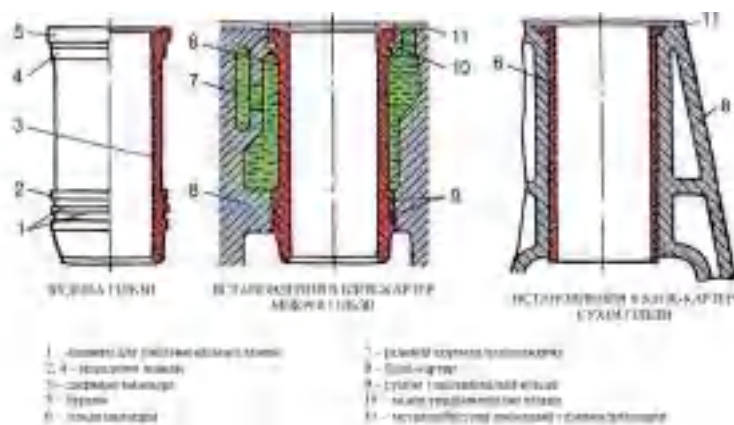


Рис. 2. Гільзи циліндра.

Мокру гільзу встановлюють у гнізді блока так, щоб забезпечити герметичність сорочки охолодження. Тому між верхньою частиною гільзи і головкою блока передбачено металоазбестову прокладку 11, між верхньою частиною гільзи і блоком — мідне кільце 10, між нижньою частиною гільзи і блоком — гумові кільця 9 [1-4]. Сухі гільзи запресовують в циліндр блок-

картера. Торець гільзи дещо виступає над верхньою площиною блок-картера для надійного ущільнення прокладки 11.

За внутрішнім діаметром гільзи поділяють на групи: «Б» — велика; «С» — середня; «М» — мала. Літеру, якою позначається група, вибивають на торці верхнього бурта гільзи. При встановленні підбирають гільзи однієї групи. Це потрібно для забезпечення необхідного зазору між гільзами і поршнями, які також мають певні групи [1].

Циліндри дизелів з повітряним охолодженням індивідуального виготовлення кріпляться до блок-картера шпильками, які загвинчені в картер. З іншого боку на шпильки встановлюється головка циліндра, яка притискається до циліндра за допомогою гайок [1]. Між циліндром та картером передбачено прокладки.

Циліндри виготовлені з легованого чавуну і мають 18 тонких ребер охолодження з прорізами для шпильок на зовнішній поверхні. Товщина цих ребер змінюється: на виході повітря вона більша, ніж на вході. Між верхньою площиною картера і циліндром розміщена мідна прокладка [1-4]. Циліндри не мають гільз, а їх внутрішня поверхня (дзеркало) оброблена з високою точністю і загартована струмом високої частоти.

Головки циліндрів з повітряним охолодженням (рис. 3) виготовлені з алюмінієвого сплаву і також мають ребра для кращого охолодження. У нижній частині головки є виточка для бурту циліндра, що ущільнює стик між циліндром і головкою. У головках є впускні і випускні канали, які виходять на один бік головки і мають фланці з різьбовими отворами для шпильок. На нижній торцевій поверхні головок розташовані гнізда для клапанів і отвір для розпилювача форсунки.

Головки циліндрів закриваються кришками клапанів, які кріпляться спеціальними гайками до стояків валика коромисел. Прокладка встановлюється між кришкою і головкою для забезпечення герметичності [1,2].



Рис. 3. Головка циліндра з повітряним охолодженням.

Головка циліндрів тракторного дизеля з рідинним охолодженням (рис. 4) є виливкою складної форми, її прикріплюють до блока шпильками. Отвори під шпильки розташовані рівномірно по всій поверхні головки. Поверхня головки,

яка взаємодіє з блоком, якісно обробляється для щільного прилягання до блока.

У головці циліндра виготовлені гнізда для розміщення впускних і випускних клапанів, які сполучаються з каналами для відведення відпрацьованих газів.

Форсунки встановлюються у спеціальні отвори, які з'єднуються з циліндрами для подачі палива [1-4].

Для з'єднання сорочки охолодження головки циліндра і блоку двигуна на нижній поверхні головки розташовані отвори, які збігаються з відповідними отворами у блоку. Охолоджувальна рідина з сорочки охолодження головки подається у верхній бак радіатора через спеціальний патрубок. У головці є також отвори для форсунок, розташування штанг газорозподільного механізму, напрямних втулок клапанів, фланців для закріплення стояків валика коромисел. Клапанний механізм, розташований на головці циліндра, закривається кришкою, яка утримується за допомогою прокладки [1-4].



Рис. 4. Головка циліндрів двигуна з рідинним охолодженням.

Головка блока закріплюється на шпильках, які ввінчані у блок-картері, і фіксується гайками. Затягування гайок на шпильках кріплення головки має виконуватися рівномірно, етапами, від центру до периферії, з послідовним посиленням напруги, спочатку з половинним зусиллям, як вказано в технічних характеристиках двигуна або трактора, а потім - з повним [2,3]. Завершальне затягування головки повинно виконуватися за допомогою динамометричного ключа.

Між головкою циліндрів і блоком двигуна встановлюється ущільнювальна прокладка, яка забезпечує герметичність в циліндрі для відведення газів і у сорочці охолодження для циркуляції охолоджуючої рідини.

У дизельних і карбюраторних двигунах використовують комбіновані азбостальні або мідноазбестові прокладки.

Найпоширеніші азбостальні прокладки складаються з каркасу з тонкої м'якої сталі, обидва боки якого покриті листами пресованого азбесту [2]. Вікна і отвори прокладки також оснащені сталевим листом. Щоб уникнути прилипання прокладки до блоку або головки, її поверхню обробляють тонким шаром графіту.

До рухомих складових кривошипно-шатунного механізму відносяться поршень з поршневыми кільцями, поршковий палець, шатун, колінчастий вал і маховик.

Поршень відіграє ключову роль у роботі двигуна, оскільки через нього

здійснюються всі важливі процеси: всмоктування та стискання свіжого повітря або пального, приймання тиску газів під час згоряння пального і передача сили на колінчастий вал через поршневий палець та шатун [1-4].

Поршні в сучасних дизельних тракторах виготовляють з високостійких алюмінієвих сплавів, які ефективно відводять тепло і мають низьку масу. Однак, недоліком цих поршнів є їх велика теплова розширюваність, що може спричинити проблеми під час нагрівання і експлуатації.

Поршень складається з чотирьох основних частин:

- днище;
- головка;
- юбка;
- бобишки.

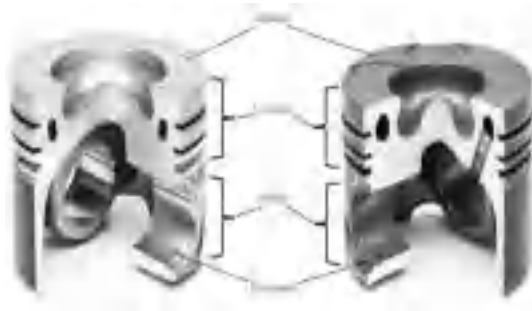


Рис. 5. Будова поршня.

До рухомих складових кривошипно-шатунного механізму відносяться поршень з поршковими кільцями, поршковий палець, шатун, колінчастий вал і маховик.

Поршень відіграє ключову роль у роботі двигуна, оскільки через нього здійснюються всі важливі процеси: всмоктування та стискання свіжого повітря або пального, приймання тиску газів під час згоряння пального і передача сили на колінчастий вал через поршковий палець та шатун [1-4].

Поршні в сучасних дизельних тракторах виготовляють з високостійких алюмінієвих сплавів, які ефективно відводять тепло і мають низьку масу. Однак, недоліком цих поршнів є їх велика теплова розширюваність, що може спричинити проблеми під час нагрівання і експлуатації.

Поршкові кільця виконують дві важливі функції: забезпечують щільне рухоме з'єднання між поршнем і гільзою циліндра та відводять тепло від днища поршня до дзеркала гільзи циліндра [2,3].

Компресійні кільця призначені для запобігання проникненню газів із камери згоряння в картер. Вони виготовляються із спеціальних легованих чавунів з хорошою пружністю та стійкістю проти спрацювання. Після відливки кільця розрізають, а торцеву поверхню шліфують [3]. Компресійні кільця встановлюються в канавках поршня. Частина кільця, що виступає із канавки, перекриває зазор між циліндром і гільзою, а наявність в кільці замка дозволяє йому пружинити.

Щоб зменшити проривання газів через замки, кільця встановлюють так, щоб замки не перебували в одній площині, а залежно від числа кілець — під

кутом [3]. Для забезпечення щільного прилягання кільця до дзеркала циліндра виготовляють з різною формою поперечного перерізу.

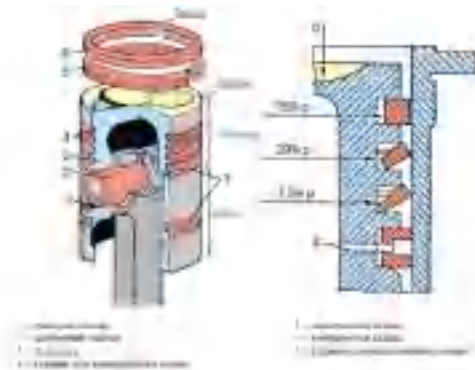


Рис. 6. Поршень та розподілення тиску газів на поршневі кільця.

Маслознімні кільця виконують важливу роль у забезпеченні оптимального рівня мащення та виведенні зайвого масла з камери згоряння в картер.

Компоненти встановлюються у канавках напрямної частини поршня, де вони ефективно знімають зайве масло з поверхні гільзи циліндра та розподіляють його рівномірно [3,4]. Під час руху поршня вниз, масло видаляється робочою поверхнею кільця з дзеркала гільзи і направляється у картер через масловідвідний канал. При переміщенні поршня вгору, частина масла надходить до камери згоряння, масляні компресійні кільця, а решта відводиться у картер [3]. Крім того, масло, яке у вигляді масляного туману потрапляє в зазор між гільзою і поршнем, також відводиться в картер.

Маслознімні кільця скребкового типу, встановлені по два в одній канавці поршня, мають робочу поверхню, покриту шаром хрому. Ця конструкція дозволяє кільцям діяти незалежно одне від одного, забезпечуючи ефективне видалення масла та мінімальну витрату [3,4]. Збірні маслознімні кільця, зроблені з двох сталевих дискових кілець, підсилюють тиск на дзеркало завдяки використанню радіальних розширювачів, що забезпечує кращу ефективність виведення масла.

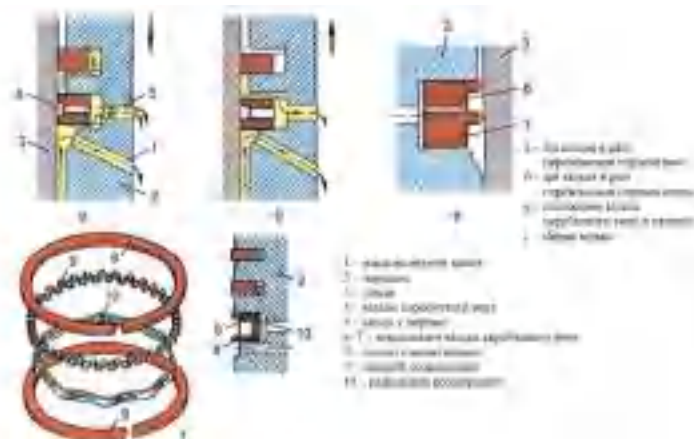


Рис. 7. Конструкція і дія маслознімних кілець.

Поршневий палець призначено для створення шарнірного з'єднання між

поршнем і шатуном. Оскільки цей елемент витримує значне ударне навантаження, для його виготовлення використовується міцна, тверда і гнучка матеріальна база, як, наприклад, мало-вуглецева сталь [3-5]. Щоб забезпечити необхідну твердість, робочу поверхню покривають цементуванням, після чого вона загартовується, шліфується і полірується.

Для зменшення ваги поршневі пальці виготовляють порожнистими, у вигляді трубки з товстими стінками. Під час роботи на гарячому двигуні (при температурі охолоджуючої рідини понад 85°C) палець може вільно обертатися в межах поршня і шатуна, що робить його плаваючим [3-5]. Щоб уникнути переміщення пальця вздовжно і запобігти пошкодженню дзеркала гільзи циліндра, його зафіксують у відповідному положенні.

Внутрішня поверхня поршневого пальця циліндрична, або конічно-циліндрична для збільшення його жорсткості [4]. Поршневі пальці двотактних двигунів мають перетинку внутрішнього отвору, щоб запобігти прориванню газів із кривошипної камери у випускний канал (ПД-10М), або сталеві заглушки у бобишках для запобігання проникненню масла в продувні вікна циліндра. У сучасних двигунах застосовується спосіб закріплення пальців стопорними кільцями [3,4].

В отвір втулки верхньої головки шатуна палець встановлюється із зазором, а в бобишки поршня — з натягом. Поршковий палець змащується через отвори в стержні шатуна, прорізи у верхній головці шатуна і масляні канали в бобишках поршня.

За величиною зовнішнього діаметра пальці поділяють на розмірні групи, які позначаються фарбою на внутрішній поверхні пальців. При складанні розмірні групи пальців і поршнів повинні співпадати. Відсутність маркування свідчить про єдину розмірну групу [4-6].

Висновки. Двигуни внутрішнього згоряння залишаються ключовою складовою сучасного транспорту та промисловості. Стан циліндро-поршнєвої групи значною мірою визначає ефективність, надійність та екологічність роботи двигуна. Ретельний аналіз конструктивних особливостей і технологій обробки компонентів, таких як гільзи циліндрів, головки, поршні та поршневі кільця, демонструє їхній важливий внесок у забезпечення тривалості роботи двигуна та зменшення витрат на обслуговування.

Однак сучасні методи діагностики стану ЦПГ вимагають подальшого вдосконалення. Традиційні підходи є трудомісткими і залежать від суб'єктивності оператора, що знижує точність виявлення дефектів. У цьому контексті важливим є розвиток і впровадження неінвазивних, автоматизованих систем діагностики, які підвищують об'єктивність і ефективність процесу.

Список використаної літератури

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: підручник Київ: Каварела. 2018. 552с.
2. Супрун Д.Г., Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б. Ремонт машин та обладнання: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2012. 85 с.

3. Ремонт паливних насосів високого тиску: веб-сайт. URL: <https://chda.com.ua/uk/info/statti-pro-remont-palivnoyi-aparaturi/remont-palivnikh-nasosiv-visokogo-tisku-tnvd> (дата звернення 26.02.2025).

4. Веселовська Н. Р., Руткевич В. С., Шаргородський С. А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2019. 283 с.

5. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник. Київ: Літера ЛТД. 2019. 257с.

6. Механізми і системи двигуна: веб-сайт. URL: <https://naurok.com.ua/navchalniy-material-testovi-zavdannya-mehanizmi-i-sistemi-dviguna-172539.html> (дата звернення 13.03.2025).

Андрій ДЯЧЕНКО¹⁵,
студент 3-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИХ СИСТЕМ ПІДВІСКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА РІШЕННЯ

***Анотація.** У статті розглянуто сучасні підходи до обслуговування і відновлення еластичних систем підвісок сільськогосподарської техніки. Описано конструктивні особливості, принципи роботи та основні типи підвісок. Проаналізовано ключові аспекти догляду за ходовою частиною техніки для забезпечення її надійності, ефективності та безперебійної роботи.*

***Ключові слова:** сільськогосподарська техніка, підвіски, технічне обслуговування, відновлення, ходова частина, еластичні системи.*

***Annotation.** The article discusses modern approaches to the maintenance and restoration of elastic suspension systems of agricultural machinery. The design features, operating principles and main types of suspensions are described. The key aspects of chassis maintenance are analyzed to ensure its reliability, efficiency and uninterrupted operation.*

***Key words:** agricultural machinery, suspensions, maintenance, restoration, chassis, elastic systems.*

Вступ. Сучасна аграрна техніка характеризується високими технічними та експлуатаційними параметрами, що сприяє її ефективному використанню.

¹⁵Науковий керівник – Телятник І.А., асистент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

Водночас надійна та тривала експлуатація тракторів, сільськогосподарських машин, комбайнів, а також збереження їх складових частин у робочому стані значною мірою залежить від професійного рівня механізаторів. Вони повинні володіти глибокими знаннями, досконало розуміти конструкцію, принцип дії вузлів, агрегатів, механізмів і систем техніки, своєчасно й якісно проводити технічне обслуговування, а також виявляти несправності та кваліфіковано їх усувати [1-4].

У сільському господарстві ефективність і довговічність техніки є ключовими елементами успішного агробізнесу. Одним із важливих чинників, що впливають на експлуатаційні якості машин, є підвіски.

Ремонт ходової частини трактора може бути поточним, плановим або капітальним. Після діагностики ходової частини фахівці намагаються, якщо можливо, зберегти оригінальні деталі та вузли, а заміну виконують лише у разі повного зношення чи пошкодження [1,2]. Наприклад, при зменшенні прогину ресори її можна відновити за допомогою спеціалізованого обладнання.

Еластичні системи підвісок забезпечують плавність ходу, стійкість і зниження вібрацій, що позитивно впливає на якість роботи й тривалість експлуатації техніки. Однак через інтенсивне використання ці системи піддаються значним навантаженням, що спричиняє їх зношення і потребу у відновленні.

Підвіски відіграють важливу роль у зменшенні навантажень на машини, підвищенні комфорту оператора та продовженні терміну служби техніки. З часом еластичні елементи підвісок зношуються, втрачаючи свої властивості, і потребують відновлення для стабільної роботи. Цей процес включає не тільки заміну зношених деталей, але й застосування сучасних матеріалів і технологій для підвищення їхньої стійкості до зносу [1-4].

Відновлення підвісок є невід'ємною складовою технічного обслуговування, яке сприяє зниженню експлуатаційних витрат, що особливо актуально в умовах інтенсивного використання техніки.

Ефективне відновлення підвісок дозволяє знизити витрати на експлуатацію, забезпечити безперебійну роботу машин, підвищити продуктивність і зменшити ризик простоїв під час польових робіт. Таким чином, розробка й впровадження новітніх методик і технологій для відновлення еластичних систем підвісок стає пріоритетним завданням для інженерів та агротехніків.

Виклад основного матеріалу. Більшість сільськогосподарської та аграрної техніки, представленої на вітчизняному ринку, походить з Європи та США. Імпортовані вживані трактори в Україні мають численні переваги [1-4]. Вони вирізняються високою надійністю, комфортом для оператора, автоматизацією робочих процесів, впровадженням новітніх технологій та низькими експлуатаційними витратами.

При виборі конкретної моделі трактора важливим критерієм є тип трансмісії. Трансмісія являє собою комплекс механізмів, які передають енергію (крутний момент), що генерується двигуном, до інших функціональних вузлів.

Це включає в себе як ходову частину – колеса або гусениці, так і робочі органи. Вибір правильної трансмісії забезпечує ефективність та довговічність експлуатації техніки, що є критично важливим для сільськогосподарських робіт.

Ходова частина призначена для перетворення крутного моменту, створеного двигуном і збільшеного механізмами силової передачі, в силу, що забезпечує поступальний рух трактора [1-4].

Крім цього, ходова частина несе вагу трактора та забезпечує: необхідне зчеплення з дорожнім покриттям або ґрунтом для руху трактора; мінімальний питомий тиск на дорожнє покриття або ґрунт; мінімальні витрати потужності на переміщення та буксування.

Трактори мають різні типи ходової частини: гусеничні, колісні та напівгусеничні [1,2].

Ходова частина трактора включає в себе: остов; рушій; підвіску.

Остов є несучою частиною трактора, до якої кріпляться всі його агрегати і яка приймає на себе всі діючі на трактор зусилля.

З конструкційної точки зору остов може бути: рамним, напіврамним, безрамним.

Рамний остов (рама) складається з поздовжніх балок А і поперечних брусів Б, які приварені або приклепані до балок. Таку конструкцію мають остови вантажних автомобілів і гусеничних тракторів загального призначення.

Рамний остов колісних тракторів загального призначення складається з двох шарнірно з'єднаних напіврам [1-4].



Рис. 1. Остови колісних тракторів і вантажних автомобілів.

Напіврамний остов складається з корпусу трансмісії і жорстко приєднаної до нього напіврама для двигуна. Такий остов використовують в універсально-просапних тракторах. У самохідного шасі остов також напіврамний, але його передня частина (напіврама) призначена для кріплення навісних машин або транспортної платформи. Двигун в цьому випадку розташований позаду трансмісії консольно, тобто прикріплений до корпусу тільки одним кінцем, без додаткової опори з другого кінця.

Рушій – це пристрій, який перетворює роботу двигуна в роботу по переміщенню машини. У сільськогосподарських тракторах і автомобілях рушіями служать колеса або гусениці. Колеса котяться безпосередньо по ґрунту,

долаючи і по можливості зменшуючи нерівності шляху. Опорні катки гусеничного рушія перекочуються по гладкій рейці, що складається зі сталевих ланок замкнутого гусеничного ланцюга [1,2].

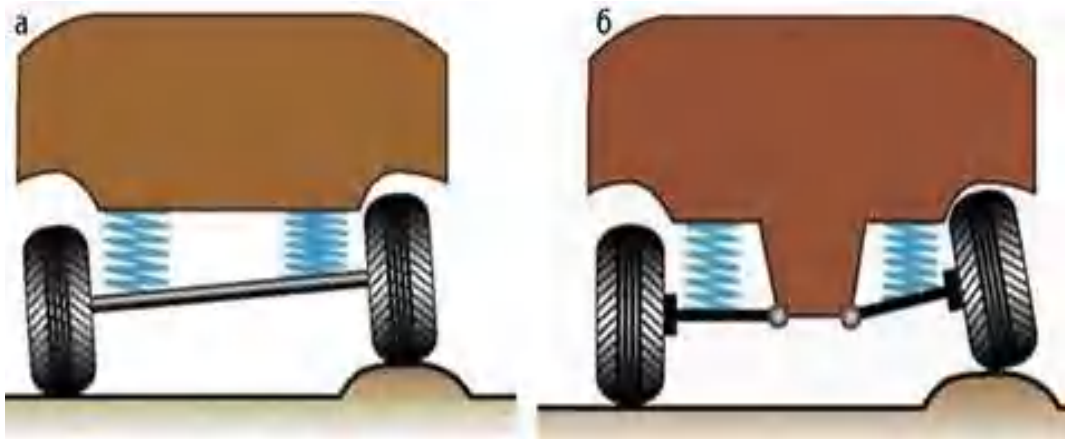


Рис. 2. Схеми підвісок колісних машин: а – залежна; б – незалежна.

Підвіска – це сукупність пристроїв, що забезпечують пружний зв'язок остова з рушієм. Вона пом'якшує поштовхи, які рушій отримує від нерівностей ґрунту і дороги, забезпечуючи необхідну плавність ходу машини.

Підвіска, в якій переміщення одного колеса моста не впливає на переміщення іншого колеса, називається незалежною (рис. 2. б). Якщо ж переміщення коліс моста залежить одне від одного, така підвіска називається залежною (рис. 2. а).

Ресора — це пружний елемент, що складається з одного або кількох сталевих листів, які працюють на вигин. Її жорсткість залежить від параметрів, таких як ширина і кількість листів. Існують одно-, мало- та багатолистові ресори, причому раніше найбільш поширеними були багатолистові. Ресора поглинає коливання, спричинені нерівностями дороги, забезпечуючи комфорт оператора.

Типи розташування ресор: поперечне; діагональне; повздовжнє [2-4].

У сучасному машинобудуванні найчастіше використовуються листові ресори, які складаються з набору сталевих пластин, з'єднаних хомутами. Ця конструкція монтується на ходову частину транспортного засобу і виготовляється зі загартованої сталі, щоб витримувати значні навантаження. Листи ресор мають вигнуту форму, схожу на «серп», що додає їм пружності. Для уникнення бічних зсувів і надійної фіксації застосовують жолобоподібну форму.

Ресори піддаються постійним навантаженням, тому їх виробляють із матеріалів, стійких до зносу. Центральні листи служать для кріплення підвіски до мосту, а кінці з'єднуються з рамою через шарніри або сережки. У деяких системах використовують лише один сталевий лист, як це було поширено в США у XX столітті.

При зіткненні з перешкодою листи ресори згинаються, поглинаючи удари. Якщо в конструкції кілька листів, основне навантаження припадає на нижній, який роблять коротшим і міцнішим. Верхні листи, довші й гнучкіші, гасять залишкові коливання [2-4].

Ресори класифікують за кількістю листів на багатолистові та монолистові.



Рис. 3. Багатолистовая ресора.



Рис. 4. Монолистовая ресора.

Ходова частина трактора працює в умовах вологого і сухого ґрунту, при цьому інтенсивно спрацьовуються всі її складові частини. До основних показників технічного стану ходової частини гусеничного трактора належать: натяг гусеничних ланцюгів, спрацювання ланок гусениці і зубців ведучих коліс, зазори у вальниціх вузлах, спрацювання і стан напрямних коліс, опорних і підтримуючих котків [3].

Під час ЩТО очищають від пилу і бруду рушії, оглядають їх і усувають недоліки, перевіряють також, чи не витікає мастило.

Під час ТО-1 перевіряють і за потреби регулюють рівні масла у вузлах ходової частини гусеничних тракторів (опорних і підтримуючих котках, напрямних колесах тощо) згідно із схемою мащення і доливають до необхідних рівнів.

Під час ТО-2 перевіряють і за потреби регулюють осьовий зазор вальниць напрямних коліс. Перевіряють і підтягують всі зовнішні кріплення. Особливу увагу необхідно звернути на гайки опорних котків і осей коливання в каретках підвіски, напрямних коліс і підтримуючих роликів. Перевіряють і за потреби регулюють натяг гусениць ($L = 40 - 60$ мм) та шплінтування пальців [3,4].

Під час ТО-3 перевіряють і регулюють вальниці напрямних коліс і опорних котків, осьове переміщення кареток підвіски, а також спрацювання гусеничного ланцюга, шаг і профіль зубців ведучих зірочок, за потреби – переставляють місцями гусениці і ведучі зірочки.

Догляд за ходовою частиною полягає в своєчасному підтягуванні різьбових з'єднань, періодичному змащуванні вальниць і регулюванні їх осьового зазору в напрямних колесах.

Під час технічного догляду № 3 (через 960 годин роботи) перевіряють осьовий зазор у конічних вальниціх і змащують їх солідолом. За технічними нормами заводу осьовий зазор у вальниціх напрямних коліс має бути відрегульований у межах $0,08 - 0,2$ мм [3].

Щоб перевірити зазор у вальниціх, колесо трактора піднімають і хитають у напрямі, перпендикулярному до площини обертання. Якщо колесо хитається, це означає, що зазор у підшипниках більший за норму.

Зазор у вальниціх треба регулювати так:

- відкрутити гвинти і зняти ковпак. Зняти старе мастило з гайки і очистити від нього ковпак;
- розшплінтувати корончатую гайку і, обертаючи колесо рукою, затягнути її

до виникнення підвищеного опору обертання колеса;

– відпустити гайку настільки, щоб збігся найближчий проріз гайки з отвором для шплінта в півосі.

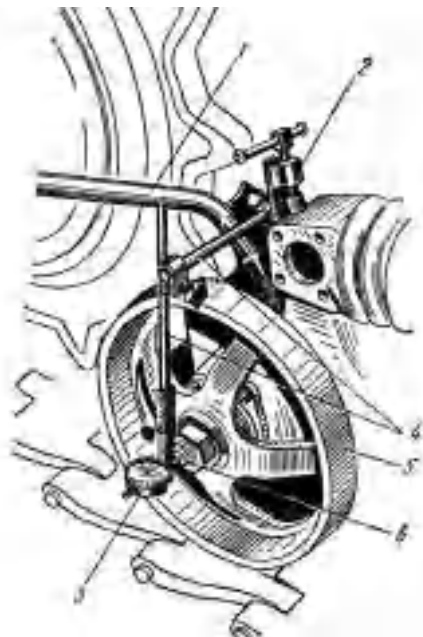


Рис. 5. Перевірка осьового зазору в підшипниках опорного котка: 1 – лопатка монтажна; 2 – скоба; 3 – індикатор; 4 – стійки; 5 – каток опорний; 6 – пробка.

Технічне обслуговування системи ходової частини. Справний стан всіх складальних одиниць, агрегатів і приладів системи живлення є одною з головних умов безперебійної і економічної роботи дизеля [3-5]. Для забезпечення надійної роботи системи живлення необхідно перш за все тримати всі складові ходової частини в чистоті, повністю дотримуватися правил регламентованого технічного обслуговування. Нижче наведено відомості про технічне обслуговування основних елементів ходової частини.

Зміст операцій технічного обслуговування.

Перевірка і регулювання підшипників опорних котків.

Зміст робіт:

1. Очистити від пилу та бруду деталі кареток підвіски

2. Закріпити скобу засобом КИ-6263 на упорі пружини балансира.

Встановити ножку індикатора перпендикулярно торцевої поверхні пробки і з натягом індикатора 2-3 мм і надійно затянути всі різьбові з'єднання пристосування. Перевірити наявність натягу індикатора і вільний хід руху ножки індикатора [3-6].

3. Заложити лом між катком і балансиром і перемістити в одну сторону до відказу, а потім в іншу — в осьовому напрямку. Визначити величину осьового зазору за значеннями індикатора. Зняти прилад. Якщо зазор перевищує 0,25 мм, слід відрегулювати.

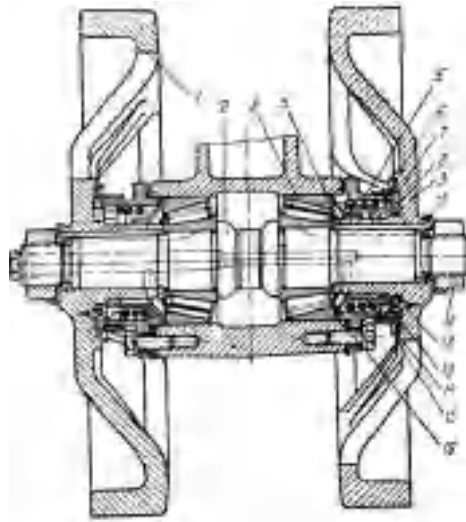


Рис. 6. Опорна ковзанка: 1 – каток опорний; 2 – вісь котка; 3 – роликопідшипник; 4 – шпонка; 5 – корпус ущільнення; 6 – кільце ущільнювальне; 7 – кільце рухоме ущільнювальне; 8 – кільце нерухоме ущільнювальне; 9, 10 – кільця ущільнювальні; 11 – гайка; 12 – штифт; 13 – склянка стопорна; 14 – пружина; 15 – лабіринт; 16 – ущільнювальне кільце.

Регулювання підшипників опорного катка [3-6].

1. Підставити рівень під контрольну пробку осі котка, вивернути пробку і злити масло. Ввернути пробку.
2. Встановити трактор за допомогою домкрата на підставки.
3. Відігнути замкову шайбу, відвернути гайку зовнішнього катка і зняти шайбу і ущільнювальне кільце.
4. Вивернути болти, які кріплять корпус ущільнювача, зняти корпус.
5. Встановити корпус ущільнювача на місце, ввернути до відказу болти, вдарив при цьому декілька раз молотком по кінцям осі.
6. Нажати на ось і повернути її.
7. Встановити ущільнювальне кільце, завернути гайку до упору кріплення катка і застопорити її замковою шайбою.
8. Викрутити пробку осі опорного котка, вставити кінцевик нагнітача до упору і заповнити маслом порожнину опорного котка, закрутити гайку.
- 9.

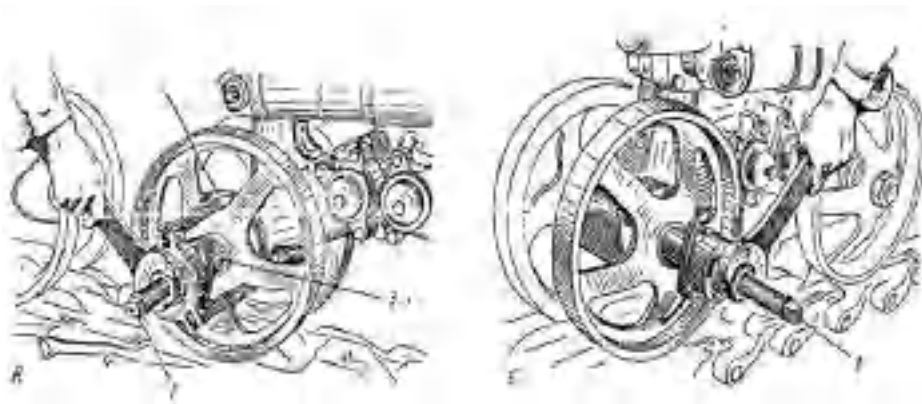


Рис. 7. Зняття (А) та напресування (Б) опорного котка: 1-прес; 2 знімач; 3-хвостовик.

Перевірка і регулювання підшипників направляючого колеса [4].

Зміст робіт:

1. Перевірка зазору.

2. Перемістити направляюче колесо вздовж його осі, перевірити осьовий зазор в підшипниках. Якщо зазор перевищує 0,25 мм, слід відрегулювати.

Регулювання підшипників

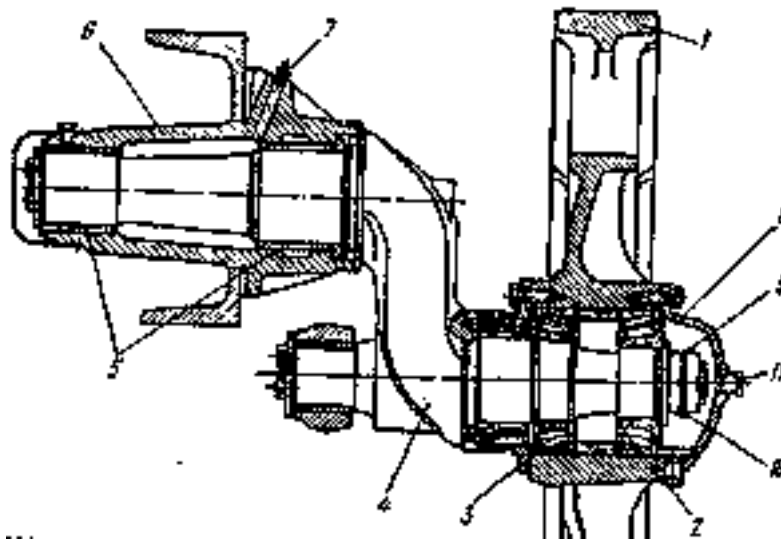


Рис. 8. Напрядне колесо: 1 – колесо напрямне; 2, 3 – підшипники кочення; 4 – вісь колінчаста; 5 – втулка; 6 – кронштейн направляючого колеса; 7 – масляка; 8 – кришка; 9 – шайба стопорна; 10 – гайка регулювальна; 11 – пробка.

3. Вивернути болти кріплення кришки направляючого колеса, зняти кришку, злити масло

4. Відігнути стопорну шайбу, відкрутити контргайку і гайку.

5. Затягнути регулювальну гайку так, щоб було досягнуто туге прокручування колеса від руки до ободу.

6. Відкрутити регулювальну гайку на 1/6 оберта та за допомогою приладу встановити відповідний зазор [4-6].

Висновки. Сучасна аграрна техніка забезпечує високу продуктивність і надійність, але ефективність її використання значною мірою залежить від професійного рівня технічного обслуговування. Підвіски, як важливий компонент ходової частини, відіграють ключову роль у зменшенні вібрацій, забезпеченні плавності ходу й підвищенні терміну служби техніки. Відновлення еластичних систем підвісок є необхідним процесом, що включає заміну зношених елементів і застосування сучасних технологій для покращення їхньої зносостійкості. Регулярне технічне обслуговування систем ходової частини сприяє підвищенню ефективності експлуатації машин та зменшенню простоїв. Удосконалення методів діагностики та ремонту дозволяє знизити експлуатаційні витрати і забезпечити стабільну роботу техніки в інтенсивних умовах сільськогосподарського виробництва.

Список використаної літератури

1. Ремонт та відновлення деталей трансмісії і ходової частини: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/7709007/page:27/> (дата звернення 10.03.2025).
2. Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини: підручник Київ: Каварела. 2018. 552 с.
3. Скрипник В. І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник. Київ: Літера ЛТД. 2019. 257с.
4. Організаційні форми використання сільськогосподарської техніки: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/organizaciyni-formi-vikoristannya-silskogospodarskoyi-tehniki> (дата звернення 18.03.2025).
5. Ремонт сільськогосподарської техніки в Україні: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/organizaciyni-formi-vikoristannya-silskogospodarskoyi-tehniki> (дата звернення 22.03.2025).
6. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навчальний посібник Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.

Олександр ДОВГАЛЮК¹⁶,

студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ПІДЙОМНИКІВ У РЕМОНТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ: ВІД ПРОБЛЕМ ДО РІШЕНЬ

Анотація. У статті розглянуто проблеми зношування деталей та вузлів сільськогосподарської техніки, які впливають на її довговічність і надійність. Описано конструктивні особливості та класифікацію підіймачів для ремонту тракторів, їхні переваги та недоліки. Акцент зроблено на ресурсозберігаючих технологіях, інтеграції сучасних наукових досягнень у ремонтні процеси.

Ключові слова: зношування, ремонт, технічне обслуговування, підіймачі, гідравлічні системи.

Annotation. The article considers the problems of wear of parts and components of agricultural machinery, which affect its durability and reliability. The design features and classification of lifts for tractor repair, their advantages and disadvantages are described. The emphasis is on resource-saving technologies, integration of modern scientific achievements into repair processes.

Key words: wear, repair, maintenance, lifts, hydraulic systems.

¹⁶Науковий керівник – Телятник І.А., асистент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

Вступ. Довговічність і надійність гусеничних і колісних тракторів та транспортних засобів багато в чому зумовлено явищами тертя і зношування, що відбуваються в вузлах та агрегатах.

Зношування призводить до порушення герметичності вузлів та втрати точності взаємного розташування деталей і переміщень. Як результат виникають заклинювання, удари, вібрації, що призводить до відмов та поломок. Тому ефективне виконання усіх видів ремонтних робіт і технічного сервісу мобільної сільськогосподарської техніки і транспортних засобів із застосуванням прогресивних технологій може бути забезпечене широко розвинутою системою наукових, виробничих та інших структур [1, 2]. Для цього слід створювати та постійно удосконалювати ремонтно-обслуговуючу базу сільського господарства.

Трактори, як і будь-яка інша техніка, потребують регулярного обслуговування. «Доглянута» машина справно функціонуватиме довгі роки, навіть за високого ступеня експлуатації.

Сучасне ремонтне виробництво має справу з частково або повністю зношеними деталями мобільної техніки. Тому наука про технологію ремонту має базуватися на знанні стану деталей і вузлів такої техніки. Ремонт мобільної техніки має і такі особливості, як наявність у технологічному процесі операцій з розбирання, миття, дефектації, а також операцій, пов'язаних з відновленням зношених поверхонь і вихідних властивостей деталей і вузлів.

У процесі ремонту мобільної техніки використовуються не лише нові, а й відновлені деталі [1-3]. Починаючи ремонт деталей і вузлів мобільної техніки, слід володіти знаннями не лише про технологічні процеси для його здійснення, але і добре знати об'єкт (мобільну техніку, двигун, агрегат, деталь тощо), його конструкцію і особливості використання, а також технічні вимоги, що ставляться до них.

Виклад основного матеріалу. Неоднакова напруженість роботи деталей та вузлів тракторів та автомобілів, строки служби елементів окремих екземплярів мобільних засобів мають значні розбіжності внаслідок різноманітних умов роботи. Проте, коли техніка вийшла з ладу, то це ще не означає, що всі деталі та спряження втратили свої якості, оскільки деталі виготовлені з матеріалів із різними фізико-механічними властивостями і мають різну інтенсивність зношування [1-4].

Як показують практика та дослідження, з одного боку, ремонту мобільної сільськогосподарської техніки уникнути технічно неможливо, а з іншого - він є економічно доцільний. Адже більшість зношених деталей техніки має високу залишкову вартість: у разі їх відновлення витрачається у 20–30 разів менше металу і матеріалів, ніж у разі виготовлення нових. Наприклад, понад 90% деталей, віднесених до категорії цілком непридатних до подальшої роботи, мають знос всього 0,1–0,3 мм за діаметром, тобто втратили менше 0,5–0,1% маси, і після відновлення 65–75% їх загальної кількості практично можна використати вдруге [1-4].

Відомо, що в разі нормальної інтенсивності використання основні агрегати

тракторів виробляють закладений конструкцією ресурс через 3–4 роки за розрахункового строку служби 10 років і більше. Створювати ж техніку, яка не потребуватиме ремонту весь період експлуатації, економічно не виправдано, та й досягти цього у недалекому майбутньому неможливо [1, 2].

Тому для ліквідації наслідків зношування проводять поточні і капітальні ремонти, у ході яких зношені деталі і вузли або замінюють, або відновлюють. У процесі експлуатації техніки долають зношування шляхом проведення планових технічних обслуговувань.

Ремонт та технічний сервіс мобільної техніки як підсистема включає в себе багато структурних елементів: підприємства з технічного сервісу і ремонту машин і обладнання, виробництва з відновлення деталей, служби забезпечення запасними частинами і матеріалами, інформаційна і рекламна служби, організація з підготовки кадрів тощо. Ефективне функціонування такої підсистеми забезпечує можливість безперебійної і економічної експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки і транспортних засобів.

Існуюча ремонтно–обслуговуюча база сільського господарства в Україні нині ще перебудовується для функціонування в умовах ринкової економіки та конкуренції за напрямком створення розглянутої вище єдиної системи: виробництво– технічний сервіс – ремонт – користувач [1-5].

Виробництво з ремонту та технічного сервісу мобільних енергетичних засобів характеризується великою мірою механізації і автоматизації технологічних процесів, високою енергоозброєністю праці, тривалим виробничим циклом, великими масами ремонтного фонду, що поступає, ремонтних матеріалів, запасних частин і готової продукції.

Загальні вимоги, що пред'являються до ремонтно-обслуговуючого виробництва, зводяться до наступного [3-5].

1. Перехід на ресурсозберігаючі технології, заощадження енергії і збереження природи.

2. Поглиблення спеціалізації і організації незнеособленого ремонту техніки.

3. Використання досягнень фундаментальних наук, а також техніки і передового досвіду в області технології ремонту.

4. Суворе дотримання норм і вимог охорони праці і техніки безпеки, охорони довкілля.

5. Максимальне наближення технології ремонтних робіт до технології виготовлення техніки на машинобудівних заводах.

Ефективність використання будь-якого трактора чи автомобіля багато в чому залежить від надійності його складальних одиниць і деталей. Надійність важлива як для нової машини, яка вперше вступила в експлуатацію, так і для капітально відремонтованої [3,4].

У міру експлуатації під дією навантажень і навколишнього середовища поступово спотворюються форми робочих поверхонь деталей; збільшуються зазори в рухомих і порушуються натяг в нерухомих з'єднаннях; втрачається пружність, намагніченість і інші властивості деталей; порушується їх взаємне

розташування, внаслідок чого погіршуються умови зачеплення шестерень, виникають додаткові навантаження і вібрації; pojawiaються відкладення нагару і накипу, що погіршують відведення тепла від теплонавантажених деталей тощо.

В результаті цього знижуються і погіршуються основні показники надійності машини. Підвищенню надійності різних машин і обладнання, в тому числі тракторів і автомобілів, в нашій країні надається винятково велике значення.

Для ремонту та технічного огляду тракторів в майстернях застосовують підіймачі різних видів та конструкцій [4-6].

За конструкцією підйомники можна розділити на такі типи:

- плунжерні підйомники;
- ножичні підйомники;
- одностійкові підйомники;
- двостійкові підйомники;
- чотирьохстійкові підйомники;
- домкрати ямні (траверси).
- За способом підйому тракторів підйомники можна поділити на:

- електрогідравлічні 1-одно-циліндрові;
- двоциліндрові з тросовою синхронізацією;
- електромеханічні з електричною, електронною або ланцюговою синхронізацією підйому стійок.

- За типами кріплення до підлоги:
- безрамні;
- рамні.

Плунжерні підйомники для ремонту тракторів використовуються досить рідко через складність монтажу і подальшого ремонту [4-6].



Рис. 1. Плунжерні підйомники.

Хоча в той же час мають низку переваг, наприклад, перед двостійковими підіймачами. Ці підйомники виготовляються у двох варіаціях: одноплунжерні та двоплунжерні, з лапами під пороги та/або у платформному виконанні. У складеному становищі майже не займає робочого простору. Підйом транспортного засобу виконується за рахунок гідравлічного приводу [5,6].

Підйомники-ножиці широко використовуються спільно зі стендами

«розвал-сходження» і для «загального» використання в приміщеннях.



Рис. 2. Підйомники-ножиці.

Ножичний підйомник для автосервісу зазвичай має гідравлічний привід з гідравлічною або електронною синхронізацією.

Такі підйомники виконуються:

- у вигляді підставок під пороги (не можуть використовуватися спільно з сход-розвальним обладнанням);
- у вигляді платформи під колеса.

Двостійкові підйомники найбільш популярний тип підйомного обладнання, що використовується на станції технічного обслуговування [5].



Рис. 3. Двостійковий підйомник.

У них проста конструкція та хороша ремонтпридатність, також, що важливо, на ньому можна виконувати всі види робіт з діагностики, ремонту та обслуговування транспортних засобів вагою до 5 тонн.

Чотирьохстійковий підйомники досить багатофункціональний, його широко використовують як на постах загального призначення для проведення слюсарних робіт, так і зі стендами «розвал-сходження». Для зручнішого

використання досить часто чотирьохстійкові підйомники використовують разом із ямними домкратами (траверсами) [5,6].



Рис. 4. Чотиристійкові підйомники.

Конструктивно чотирьохстійковий підйомник є підйомною платформою з апарелями, на яку (в опущеному стані) заїжджає транспортний засіб.

Ямний домкрат - це вантажопідйомний пристрій, яким користуються на ямі для часткового підняття автомобіля або в сукупності з підйомником ножиці або чотирьохстійковим [5,6].



Рис. 5. Ямний домкрат.

Ямні домкрати використовуються для проведення загальнослюсарних або сход-розвальних робіт.

За типом приводу поділяються на:

- ямний домкрат із ручним приводом;
- домкрат ямний із пневматичним приводом.

Механізм для вертикального переміщення вантажів із системою важелів, що складаються, називають ножичним. Він може складатися з декількох ланок важелів, що розкладаються в паралелограми під час розкриття вгору. Більше 90% моделей підйомних ножиць обладнаються приводом гідравлічного типу [6-9].

Елементи агрегату:

- платформа чи стіл;
- система важелів зібраних у секції;
- рамна основа зі стопорними пристроями;
- гідроциліндри та маслонасосні станції, живляться від електродвигуна або акумулятора;
- клапани безпеки та кінцеві вимикачі;
- стаціонарний чи мобільний пульт управління.

Гідропривід, що працює на технічному маслі, під впливом тиску, що підвищується, призводить до розкриття опорних секцій. Відбувається плавне підняття платформи за рахунок штока гідроциліндра, що висувається. Ножична конструкція знижує вплив навантаження на механізм гідроприводу. Підйомник зупиняється пультом або кінцевим вимикачем при досягненні максимально допустимої висоти.

Широкого застосування набули підйомники ножиці з двома паралельними майданчиками. Наприклад, модель PEAK LR06 працює на одному циліндрі, що піднімає жорстке зчеплення двох платформ.

Модель ПГН-3000/Н працює на двох гідроциліндрах, тобто окремий привід на кожену платформу. У цьому випадку необхідною умовою є забезпечення синхронізації підйому обох ніг пристрою. Плавне одночасне розкриття ножичних конструкцій досягається за допомогою сполучного маслопроводу між рамами механізму [4-6].

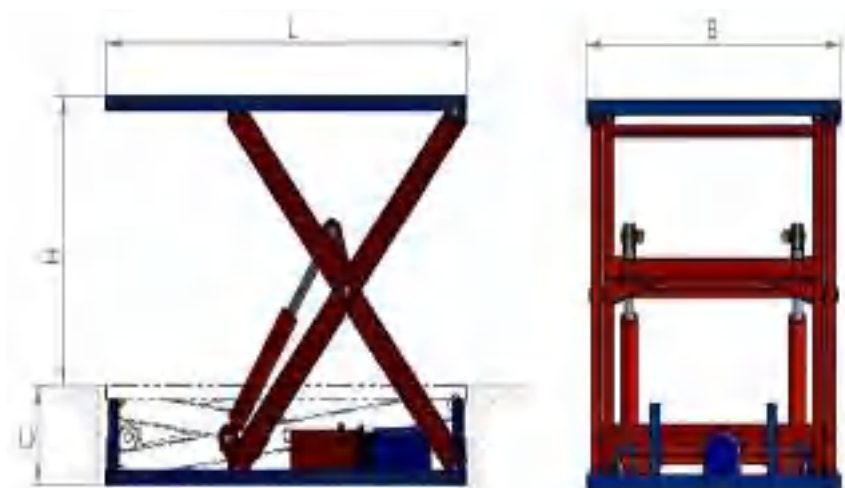


Рис. 6. підйомники ножиці з двома паралельними майданчиками: L – довжина платформи; B – ширина платформи; H – висота підйому платформи; C – висота столу в складеному положенні.

Приклади необхідності конструктивного чи силового розрахунку ножичного підйомника

Діяльність пристрою діють як статичні навантаження, а й динамічні. Хоча гідропривід забезпечує плавний рух механізму, але виникнення підвищеної напруги в елементах, що розкладаються, необхідно враховувати при перевіірочних розрахунках пристрою.

Відповідальні вузли витягу: ножичні важелі; поперечні траверси; шарнірні

вузли; вуха.

Стандартні розрахунки враховують вагу самого механізму та максимально допустимого вантажу. Значні вузли підйомника, що зазнають регулярних динамічних навантажень, повинні розраховуватися з коефіцієнтом запасу [6].

Не слід забувати, що підйомні механізми є об'єктами підвищеної небезпеки, і неправильний розрахунок силових навантажень призводить до згинання важелів або викидання шарнірів. Це відповідно може обернутися трагедією. Перед введенням в дію підйомника необхідно провести його випробування при максимальному навантаженні.

Важливим етапом відновлення працездатності підіймачів з гідравлічним приводом є правильний розрахунок гідроциліндра. Тут враховуються і його діаметр, і тиск олії та оптимальний діаметр штока. Розраховується надійність кріплення циліндра до рами, його шарнірні пальці повинні витримувати передбачувані деформації зминання та зсуву. Поширеною помилкою, що призводить до заклинювання та викидання осі, є відсутність фіксації гідроциліндрів від провороту [6].

Слід пам'ятати, що заміна значимих елементів механізму має супроводжуватися інженерним розрахунком підйомника ножичного типу та супровідними матеріалами. Все це надається до наглядових органів для отримання допуску до роботи.

Висновок. Ефективне функціонування мобільної сільськогосподарської техніки та транспортних засобів неможливе без належного технічного обслуговування і своєчасного ремонту. Ремонтна діяльність має базуватися на знанні технічних особливостей об'єктів, глибокому розумінні процесів зношування і відповідності сучасним вимогам до технології відновлення деталей.

Ремонтно-обслуговуюча база сільського господарства повинна орієнтуватися на ресурсозберігаючі технології, механізацію й автоматизацію процесів, а також відповідати екологічним нормам і стандартам безпеки. Застосування відновлених деталей дозволяє значно зекономити ресурси та знизити витрати на технічне обслуговування, що є економічно доцільним.

Вибір типу підйомного обладнання залежить від специфіки робіт, конструктивних особливостей техніки та технічних вимог. Розвиток і модернізація ремонтно-обслуговуючих структур забезпечують стабільну та надійну експлуатацію техніки, що сприяє підвищенню продуктивності й ефективності агропромислового комплексу.

Список використаної літератури

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: підручник Київ: Каварела. 2018. 552с.
2. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник. Агроосвіта. 2014. 665 с.

3. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В. Скобло Т.С. Практикум з ремонту машин. *Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин*: навчальний посібник Т. 2. Харків. 2018. 491 с.

4. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навчальний посібник Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.

5. Будяк Р.В., Посвятенко Е.К., Швець Л.В., Жученко Г.А. Конструкційні матеріали і технології: навчальний посібник. Вінницький національний аграрний університет. 2020. 240 с.

6. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник. Київ: Літера ЛТД. 2019. 257с.

Любов ФАЙДЕВИЧ¹⁷,
студентка 2 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОЦІНКА КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР

Анотація. *Оцінка конструктивних особливостей обладнання для сушіння зернобобових культур є важливим етапом у вдосконаленні технологічного процесу післязбиральної обробки зерна. У статті розглянуто сучасні конструкції сушарок, їхні переваги та недоліки при обробці зернобобових культур.*

Ключові слова: *сушіння зернобобових культур, конструктивні особливості, сушарне обладнання, енергоефективність, рівномірність сушіння.*

Annotation. *Evaluation of the design features of equipment for drying leguminous crops is an important step in improving the technological process of post-harvest grain processing. The article discusses modern designs of dryers, their advantages and disadvantages in the processing of leguminous crops.*

Key words: *drying of leguminous crops, design features, drying equipment, energy efficiency, drying uniformity.*

Вступ. Сушіння зернобобових культур є одним із найважливіших етапів післязбиральної обробки врожаю, що впливає на його збереження, якість та подальше використання. Ефективність цього процесу залежить від правильно підбраного сушильного обладнання, яке повинно забезпечувати рівномірне видалення вологи, мінімізувати втрати біологічної цінності зерна та бути

¹⁷Науковий керівник - Купчук І.М., кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва

енергоефективним. Неефективне сушіння призводить до погіршення схожості насіння, механічного пошкодження зерна та підвищення витрат на обробку.

На сучасному ринку представлено різні типи сушильних установок, серед яких поширені конвективні, кондуктивні та комбіновані сушарки. Однак вибір оптимальної конструкції для сушіння зернобобових культур є складним завданням через їхню високу вологість, щільну оболонку та чутливість до температурного впливу. Важливим аспектом є також питання енергозбереження, оскільки процес сушіння є одним із найбільш енергоємних у технологічному циклі переробки зерна.

Метою даного дослідження є оцінка конструктивних особливостей сушильного обладнання для зернобобових культур, аналіз їхньої ефективності та визначення оптимальних параметрів сушіння. У роботі розглянуто різні типи сушарок, проаналізовано їхні експлуатаційні характеристики та визначено ключові фактори, що впливають на якість сушіння. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення конструкцій сушильного обладнання, підвищення ефективності процесу та зниження витрат енергії.

Виклад основного матеріалу. Зернове виробництво є фундаментом рослинництва. Без високорозвиненого зернового господарства неможливий прогрес тваринництва, бо зерно – це не лише їжа для людей, а й конче потрібний корм для домашніх тварин та птиці. З огляду на це, виробництво зерна є стрижнем аграрного сектора. Хліб та вироби з нього залишаються критично важливими продуктами харчування для людей у різних країнах світу. За калорійністю вони становлять близько половини від загальної харчової цінності в щоденному раціоні. Населення отримує з зернових половину необхідних вуглеводів, третину білків, а також вітаміни В та С. Один кілограм пшеничного хліба містить 2000-2500 ккал [1].

Процес сушіння — це видалення рідини з твердих тіл, рідин і газоподібних речовин (виробів, препаратів). Найчастіше мова йде про видалення вологи або органічних розчинників, які легко випаровуються.

Сушіння покращує властивості матеріалів, часто забезпечує тривале їх зберігання, усуває потребу транспортувати непотрібну масу. Зазвичай сушіння - це фінальний крок виробничого процесу, після якого товар одразу готують до збуту чи пакування.

Процес сушіння тісно переплітається з обміном маси та тепла між сушильним агентом (повітрям, димовими газами тощо) і вологою, наявною у матеріалі. Сушіння – це ключова технологічна операція, яка застосовується в багатьох галузях промисловості, включаючи хімічну, харчову, деревообробну, будівельну та аграрну [7].

За традиційним методом конвекційного висушування, осушувачем виступає повітря, котре виконує функції теплоносія та абсорбенту вологи водночас. У звичайних умовах повітря завжди містить певну кількість водяної пари, а відтак є вологим газом, сумішшю сухих газів з парою води, що знаходиться у перегрітому стані. Перегріта водяна пара характеризується температурою, що перевищує температуру кипіння води за визначеного

парціального тиску. Суха складова повітря включає: азот – 78%, кисень – 20,9%, інертні гази (гелій, аргон, ксенон, криптон, неон, радон) – 0,935%, вуглекислий газ – 0,03% та водень. Компоненти сухої частини повітря не чинять впливу на процес висушування. Відтак, у технологіях висушування повітря представлене як суміш сухої частини та перегрітої водяної пари, що відповідає ознакам ненасиченого газу [3].

Якісна зерносушарка відкриває можливості сушити власне збіжжя та надавати послуги стороннім замовникам, відтак вибір обладнання повинен базуватися на досягненні найбільшої економічності цього процесу. Розглянемо основні аспекти, які слід враховувати, обираючи тип сушарки та джерело енергії для неї.

Першочергово, при виборі майбутньої зерносушарки, важливо розрахувати необхідну потужність обладнання. Існує декілька методів для цього. Можна, наприклад, оцінити, скільки тонн зерна на годину або добу планується сушити. Проте, ефективнішим підходом є розрахунок тонно-відсотків вологи, яку необхідно видалити з зерна за добу, зважаючи на культуру та орієнтовну вологість.

Тонно-відсоток відображає середню кількість зайвої вологи в одній тонні зерна. Це значення помножується на загальну кількість тонн, які потрібно висушити за 24 години, і вже від цього показника можна відштовхуватися при визначенні потужності.

Не варто забувати: у гарячий сезон необхідно висушити найбільший обсяг зерна, тому доцільно враховувати добову продуктивність сучасного комбайна при виборі потужності майбутньої зерносушарки [2].

Більшість аграріїв прагнуть володіти власним сушильним комплексом, адже це дасть можливість значно збільшити прибуток від продажу зерна зернотрейдерам. В Україні найпоширенішими є зерносушарки таких видів: шахтні, баштові та камерні. Кожен з цих типів має свої сильні та слабкі сторони, які в кінцевому підсумку і впливають на кінцеве рішення [4].

За режимом функціонування сушарки поділяють на ті, що працюють періодично, та на ті, що працюють безперервно.

Перевагою сушарок періодичної дії є простота їхньої будови та здатність до регулювання режиму сушіння. Їх рекомендують використовувати для сушіння невеликих об'ємів зерна, що має однакову якість.

Недоліком сушарок періодичної дії є час простою, необхідний для завантаження та вивантаження зерна. Окрім цього, виникають додаткові витрати електроенергії на нагрівання сушарки після завантаження нової партії. Також спостерігається не вигідне використання транспортувального обладнання, яке простоє в період сушіння.

Перевагою сушарок безперервної дії є більш раціональне використання простору сушильної камери, покращені умови для контролю якості процесу, а також можливість автоматизувати сушіння в поточних технологічних лініях.

До недоліків сушарок безперервної дії відноситься нерівномірність просування зерна в шахті, що призводить до неоднорідного нагрівання та

сушіння [5].

Найбільш поширений варіант конструкції зерносушарки – шахта прямокутної форми, де шар зерна зазвичай не перевищує 100...300 мм. Опишемо стаціонарну шахтну сушарку СШЗ – 16. Вона обладнана двома шахтами (див. рис. 1), що розміщені на спільній основі на відстані 1 метр одна від одної. Шахти можуть працювати послідовно або паралельно, в залежності від стартової вологості та цілі сушіння. Кожна шахта складається з двох секцій, у яких встановлені чотиригранні короби. Агент сушіння надходить з топки у простір між шахтами, виконуючи функцію дифузора. Охолодження зерна здійснюється в окремих охолоджувальних колонах. Під час паралельної роботи вихідне зерно завантажується в обидві шахти одночасно, а при послідовній – тільки в одну. Висушене зерно з однієї шахти переходить до охолоджувальної колони, а з неї – в іншу шахту. Сушарка обладнана топкою з металеві конструкції. Камера згоряння має екранування та фотоелементи, що контролюють полум'я. Випускний апарат розрахований на безперервне вивантаження зерна, як малими, так і великими порціями з певною періодичністю. Для контролю рівня зерна в шахтах передбачені сигналізатори. У випадку, коли рівень зерна в шахті стає нижчим за мінімально допустимий, зупиняється двигун випускного пристрою, а на панелі управління спалахує сигнальна лампа. Під час роботи таких сушарок, вони повинні бути повністю заповнені зерном і герметичними, щоб запобігти підсосу зовнішнього повітря. Вивантаження зерна проходить постійно. Тільки на самому початку роботи сушарки може виходити недосушене зерно, яке згодом повторно надходить в шахту [5].

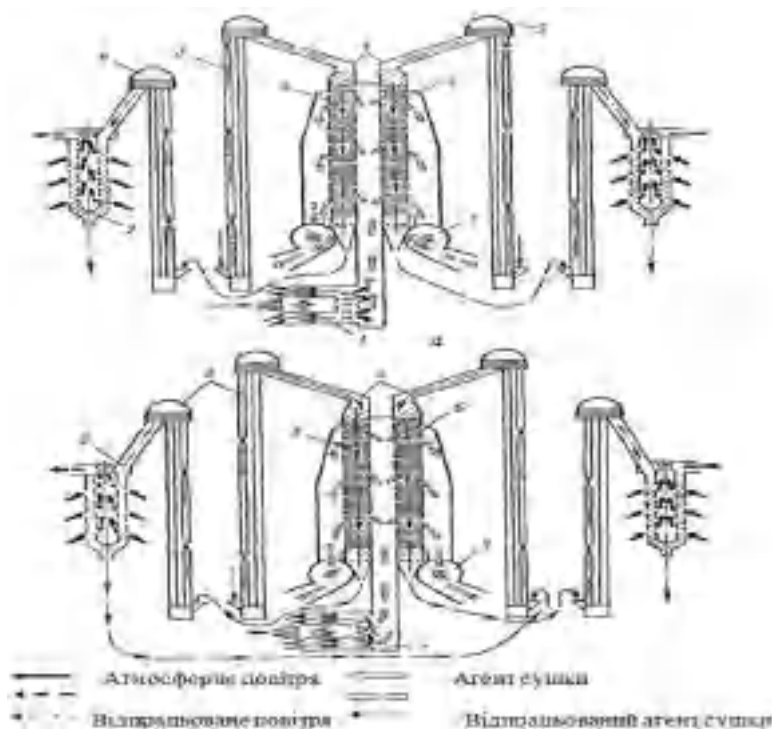


Рис. 1. Технологічна схема шахтної сушарки СШЗ – 16:

- а) паралельна робота шахт; б) послідовна робота шахт: 1 – топка; 2 – охолоджувальна колонка; 3, 8 – норії; 3 – надсушильний бункер; 5, 6 – шахти; 7 – вентилятори.

Переваги шахтних сушарок:

- економічність в експлуатації – низькі операційні витрати забезпечують ефективне використання ресурсів та зменшують собівартість сушіння;
- універсальність – ці сушарки підходять для обробки будь-яких сипучих сільськогосподарських культур, що робить їх гнучкими у використанні;
- можливість сушіння зерна з будь-яким рівнем вологості – за наявності системи рециркуляції можливо висушувати навіть високовологе зерно, що дозволяє працювати з урожаєм у різних кліматичних умовах;
- безпечний процес сушіння – зерно обробляється підігрітим повітрям, а не продуктами згоряння, що виключає ризик забруднення небажаними домішками та зберігає його якість;
- рівномірність обробки зерна – завдяки конструктивним особливостям забезпечується однорідне висушування всієї маси культури, що запобігає перегріву або недосушуванню окремих частин;
- можливість рекуперації тепла – використання системи повернення підігрітого повітря дозволяє зменшити витрати енергії та підвищити ефективність процесу.

Недолік шахтних сушарок - висока вартість первинних інвестицій – придбання та встановлення шахтної сушарки потребує значних фінансових вкладень, що може бути бар'єром для малих господарств. Однак у довгостроковій перспективі ця витрата компенсується завдяки економії на енергоресурсах та високій продуктивності обладнання [4].

Зерносушарки баштові – рішення для швидкого й ефективного сушіння великих господарств та комерційних елеваторів. Продуктивність таких сушарок варіюється від 18,3 т/год до 178 т/год, а діаметр становить 3,7; 5,5 або 7,3 метри. Висота конструкцій сягає від 16,5 до 36,6 метрів.

На продуктивність впливає низка факторів: температура та вологість навколишнього середовища, сорт і стиглість зерна, наявність домішок у зерні, а також робоча температура сушіння.

Сушарки баштового типу реалізують процес рециркуляції гарячого повітря (рис. 2). Вентилятори та газовий пальник розташовані всередині сушарки між секціями нагрівання та охолодження. Таке розташування збільшує простір для вивантаження та сприяє ефективному охолодженню зерна. Повітря потрапляє в сушарку, проходячи через гаряче зерно знизу, що дозволяє одночасно охолоджувати зерно та нагрівати повітря. Використання тепла, відбитого зерном, допомагає зменшити кількість палива, необхідного для подальшого нагрівання повітря.

Зерно надходить у сушарку через систему верхнього завантаження, керовану ротаційними перемикачами. Ці перемикачі можуть працювати або в безперервному режимі (сушарка постійно заповнюється), або в режимі попиту (автоматично вмикаючи та вимикаючи систему завантаження). Потім зерно опускається вниз по вертикальній шахті шириною 31,11 см. Процес сушіння відбувається у верхній частині сушарки. У середині сушильної камери

розташований змішувач зерна. Він змінює положення зерна в шахті: зовнішній шар переміщується до внутрішньої стінки і навпаки. Це запобігає пересушуванню та забезпечує рівномірний рівень вологості.



1 – Нержавіючі зовнішні сита, 2 – Перфорація достатня для вільного проходження повітря крізь зерно, 3 – Змішувачі зерна для рівномірного сушіння, 4 – Двоє сервісних дверей для очищення і обслуговування, 5 – Конусні повітряні канали для рівномірного горіння полум'я, 6 – Датчик термометра контролює температуру зерна для управління швидкістю вивантаження, 7 – Надійні і довговічні мотори, 8 – Під час охолодження вентилятори дозволяють контролювати кількість повітря по всій масі зерна, 9 – Утилізація тепла для економії палива, 10 – Нержавіюче дно камери охолодження, 11 – Оцинковані опори (2,5 м) дозволяють встановлювати додаткове обладнання, 12 – Комп'ютерний контроль і діагностика всього процесу, 13 – Збільшена «шапка» сушарки запобігає видування дрібного сміття у довкілля, 14 – Зернові колони шириною в 32 см дають максимальну ефективність, 15 – Зовнішні платформи дають можливість легко очищати сита, 16 – Удосконалена модель газового електроклапана Махон.

Рис. 2. Будова баштової сушарки.

Після сушіння зерно потрапляє до секції охолодження, звідки його висипають у плоский розвантажувальний бак з нержавіючої сталі. Далі великий ротор з вигнутими лопатями, єдина рухома частина сушарки, збирає зерно в центрі та переміщує його до бункера [4].

Переваги баштових сушарок:

- Легкість у обслуговуванні;
- Ідеально підходить для кукурудзи;
- Незначні операційні витрати.

Недоліки:

- Забиваються сітки, що потребує їх очищення під час роботи сушарки;
- Сушіння лише продуктами згоряння;
- Сушіння лише одного виду культури.

Камерна сушарка - найпростіша за конструкцією (рис. 10). Камерні сушарки зводяться під дахом з подвійною підлогою: верхня – решітка для розподілу повітря, нижня – суцільна, щільна підлога (бажано асфальтова). Щілини між підлогами мають різну відстань для забезпечення рівномірного тиску сушильного агенту на всіх ділянках. Найкращий розмір майданчиків – 30-

60 м², що дає змогу одночасно завантажувати 20-30 тонн зерна шаром 0,5-0,6 м, максимум 0,7-0,8 м. Для потокового сушіння (з надходженням 20-30 тонн на добу) рекомендується обладнати дві двокамерні сушарки, що дозволить сушити у двох камерах одночасно (по одній в кожній). В такому випадку, одну камеру завантажують, а іншу – розвантажують. Найкращий розмір сушильних камер – 50 м², їх розділяють перегородкою висотою 1 м вздовж боку (рис. 3).

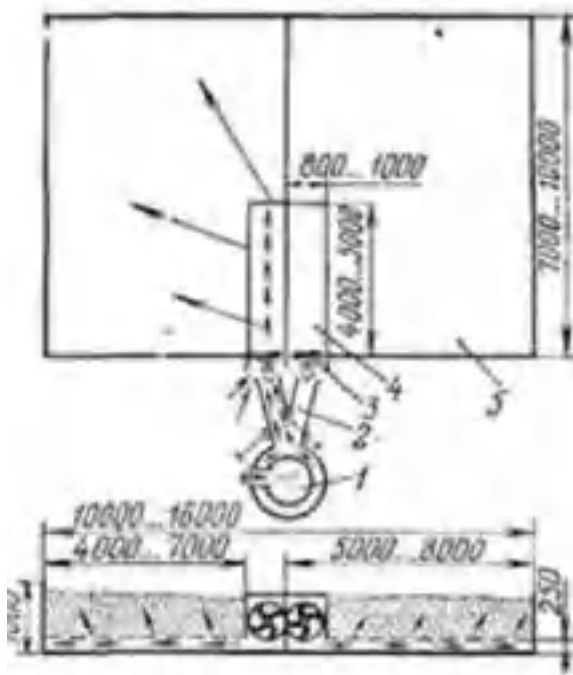


Рис. 3. Двокамерна система для сушіння насіння з активним вентиляванням:
1 - теплогенератор ТГ-75 або ТГ-150; 2 - патрубок-трійник із заслінками; 3 - осьовий вентилятор 0,6-320 №8 або № 10; 3 – повітропровід; 5 – сушильна камера.

Переваги камерних сушарок:

- легкість в обслуговуванні;
- незначні інвестиційні витрати;
- гнучкість додавання камер;
- короткий час монтажу.

Недоліки:

- значні операційні витрати;
- засмічення сіток, що потребує їх очищення під час роботи сушарки;
- сушіння виключно продуктами згоряння;
- обмеженість одним видом культури.

Висновок. У результаті проведеного дослідження встановлено, що конструктивні особливості сушарного обладнання значною мірою впливають на ефективність процесу сушіння зернобобових культур. Проаналізовано основні типи сушарок, їхні переваги та недоліки з урахуванням рівномірності нагрівання зерна, енергоефективності та мінімізації механічних пошкоджень [3].

Визначено оптимальні режими сушіння, які дозволяють зберегти біологічну цінність зерна, знизити втрати врожаю та забезпечити якісне

збереження продукції. Запропоновані підходи можуть бути використані для вдосконалення конструкцій сушильного обладнання, підвищення його продуктивності та ефективності.

Отримані результати є цінними для розробників зерносушильних установок, аграрних підприємств та науковців, які працюють у сфері післязбиральної обробки зернових і зернобобових культур.

Список використаної літератури

1. Консевич С.М. Удосконалення технологічного процесу роботи сушарки: кваліфікаційна робота. Житомир. 2022. 45 с.
2. Як вибрати зерносушильний комплекс: покрокова інструкція: веб-сайт. URL: <https://elevatorist.com/spetsproekt/184-yak-vibrati-zernosushilniy-kompleks-pokroкова-instruktsiya> (дата звернення 23.02.2025).
3. Погожих М.І., Потапов В.О., Пак А.О., Жеребкін М.В. Енергоефективні технології та техніка сушіння харчової сировини: навчальний посібник. ХДУХТ. Харків. 2016. 234 с.
4. Автоматизація зерносушарок: електронний посібник. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/%D0%B5lektroenergetuka/Avtomotuzacia_tehnologihnuh_procesiv_i_sistemu_avtomatuhного_keryvanna/4/4.2.htm (дата звернення 06.03.2025).
5. Технологічне обладнання для сушіння і збереження зерна. Знезаражування зерна: електронний навчальний посібник. URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_21/page9.html (дата звернення 13.03.2025).
6. Особливості сушіння різних культур: веб-сайт. URL: <https://kmzindustries.ua/elevators/osoblivosti-sushinnya-riznih-kultur> (дата звернення 18.03.2025).
7. Сушіння: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D1%88%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F> (дата звернення 22.03.2025).

Роман ГРОМЛЮК¹⁸,
студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У МІСЬКІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Анотація. Стаття аналізує сучасні методи зменшення енергоспоживання у міській інфраструктурі. Розглядаються енергоефективні

¹⁸ Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

технології, розумні системи управління, використання відновлюваних джерел енергії та інноваційні рішення для транспорту, освітлення та будівель, спрямовані на сталий розвиток міст.

Ключові слова: *енергоефективність, міська інфраструктура, зменшення енергоспоживання, розумні технології, відновлювані джерела енергії.*

Annotation. *The article analyzes modern methods of reducing energy consumption in urban infrastructure. The article discusses energy-efficient technologies, smart control systems, the use of renewable energy sources, and innovative solutions for transportation, lighting, and buildings aimed at sustainable urban development.*

Key words: *energy efficiency, urban infrastructure, energy consumption reduction, smart technologies, renewable energy sources.*

Вступ. Сучасні міста є основними споживачами енергії, що призводить до значного навантаження на енергетичні ресурси та довкілля. Розширення міської інфраструктури, зростання населення та інтенсивний розвиток транспорту спричиняють збільшення енергоспоживання, що, своєю чергою, призводить до рівня парникових газів, які забруднюють довкілля та економічних витрат.

У зв'язку з цим актуальним завданням є пошук ефективних методів зменшення енергоспоживання у міському середовищі. Використання енергоефективних технологій, впровадження розумних систем управління енергоресурсами, оптимізація транспортної інфраструктури та застосування відновлюваних джерел енергії можуть суттєво знизити навантаження на енергосистеми та сприяти сталому розвитку міст.

У цій статті розглядаються основні методи та підходи до зменшення енергоспоживання у міській інфраструктурі, аналізуються перспективні рішення та технології, що дозволяють підвищити ефективність використання енергоресурсів, а також визначаються ключові фактори, що впливають на їх впровадження.

Виклад основного матеріалу. Якість нашого буття та стабільна робота економіки прямо залежать від сталого та доступного енергозабезпечення. Проте, виробництво та споживання енергії, зокрема наша залежність від викопного палива, завдають шкоди навколишньому середовищу та призводять до кліматичних змін.

Енергоефективність – це використання менше енергії для отримання такого ж результату, або виробництво більшого обсягу продукції при тих самих витратах енергії, зводячи до мінімуму неефективне використання енергії. Зменшення споживання та втрат енергії в енергетичній системі – від етапу видобутку до кінцевого споживання – у всіх економічних секторах, є одним зі стратегічних пріоритетів Європейського Союзу.

Заходи, спрямовані на енергоефективність, відкривають широкі можливості для зменшення рівня парникових газів, також зниження потреби та, як наслідок, вартості цього цінного ресурсу. Окрім цього, це позитивно впливає

на конкурентоспроможність європейських компаній та сприяє зменшенню залежності ЄС від імпорту енергоносіїв.

Європейський Союз реалізовує низку ініціатив, спрямованих на підвищення енергоефективності. Серед них – модернізація будівель з метою підвищення їх енергоефективності, удосконалення маркування продукції, забезпечення фінансової підтримки інвестицій в енергоефективні проекти, а також покращення систем опалення та охолодження.

Енергоефективність відіграє ключову роль у досягненні кліматичної нейтральності ЄС та переході до екологічно чистої енергетичної системи, нарівні з розвитком відновлюваної енергетики [1].

Збільшення масштабу розподіленої генерації (РГ) в розподільчих електричних мережах (РЕМ) веде до зростання невизначеності при прогнозуванні та регулюванні режимів, що потребує залучення нових ресурсів для надання допоміжних мережевих сервісів. Вплив генеруючих установок на фідерах РЕМ є комплексним та впливає на режими їх функціонування. Цей вплив може бути оцінений шляхом аналізу змін фазових кутів напруги та струму [1, 2], котрі можливо визначити за допомогою приладів синхронного векторного вимірювання (СВВ).

Технологія СВВ отримала широке визнання та впровадження у магістральних електромережах, відіграючи важливу роль у концепції Smart Grid. Однак, використання СВВ, призначених для магістральних систем, не є економічно вигідним в розподільчих мережах, з огляду на високу вартість реєстратора СВВ та необхідність великої кількості вимірювальних вузлів у РЕМ. Тому для розподільних електричних мереж потрібен спеціалізований реєстратор СВВ (мікро-PMU), який може вимірювати, з меншою кількістю даних, взаємне відхилення кута напруги на кінцях лінії електропередачі, зберігаючи при цьому значно нижчу вартість [2].

Використання даних, отриманих від мікро-PMU у РЕМ, є одним з найкращих шляхів для поліпшення роботи мережі, зокрема: оптимізація перебігу реактивної потужності, виявлення критичних моментів та аномалій у нормальному режимі роботи мережі, включно з зворотними потоками потужності, інтеграція розподіленої генерації в регулювання частоти та перетоки потужності, а також керування режимами під час переходу в острівні конфігурації [2].

Крім того, мікро-PMU застосовують для моніторингу структури, оцінки стану, визначення та верифікації моделей електричної мережі [2, 3]. Виконання цих функцій вимагає як точніших вимірювань режимних параметрів для потреб керування в умовах зростаючої змінності та невизначеності режимів, так і технічних можливостей для інтеграції розподіленої генерації в регулювання в широкому діапазоні.

На основі досвіду розгортання та подальшого функціонування системи моніторингу перехідних режимів в реальному часі ОЕС України (ПС 750 Київська, ПС 750 Західноукраїнська, ПС 750 Дніпровська), у процесі дослідження низькочастотних коливань, було розроблено мікро-PMU (дивись

рис. 1), яке виконує синхронні вимірювання 16 аналогових та 8 дискретних сигналів, визначає амплітуду, фазу і частоту всіх аналогових сигналів не менше 32 разів за період промислової частоти та відповідає вимогам до пристроїв СВВ класу Р. Передача отриманої інформації реалізовувалась через протокол С37.118.

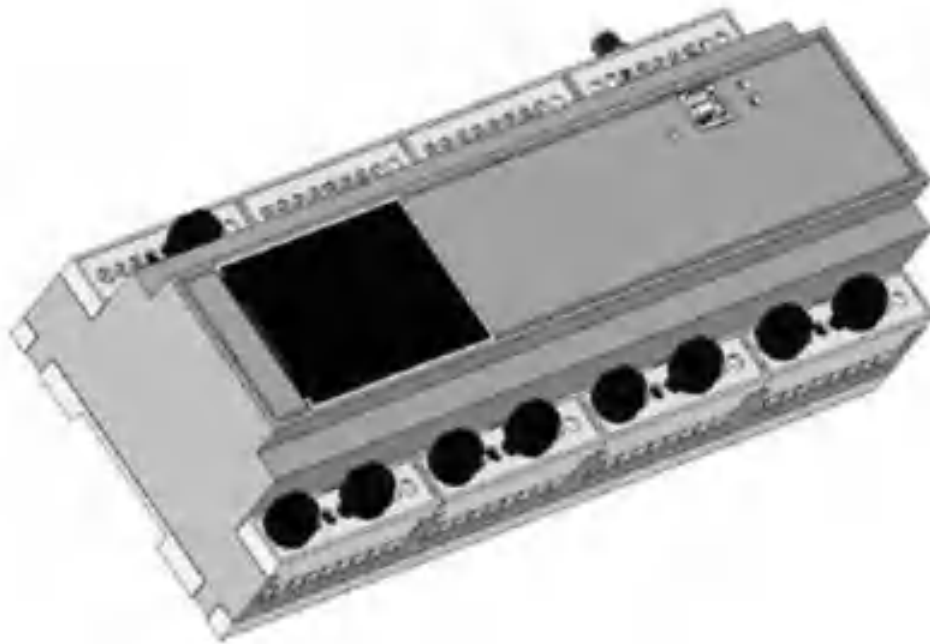


Рис. 1. Зовнішній вигляд зразка розробленого мікро-PMU.

Результати експериментів з мікро-PMU, випробуваних на системі РЕТОМ51, засвідчили, що загальна векторна похибка (TVE) на 50 Гц дорівнює 0,77 %. Натомість, констатовано перевищення допустимої межі погрішності у 1% при вимірюваннях на частотах, котрі відхиляються від номінальної більш як на 2 Гц, що потребує подальших вивчень та покращень. Статичні випробування частотного спектру, виконані для вимірювання зразків мікросинхрофазорів, показали найбільшу погрішність вимірювання номінальної частоти у 0,003 Гц, а найбільшу погрішність у діапазоні від 47 до 53 Гц – 0,0056 Гц. Окрім того, в процесі випробувань було встановлено, що найбільша похибка при вимірюванні напруги у частотному діапазоні від 47 до 53 Гц дорівнює 0,0625 В (за номінальної напруги 0,4 кВ), а відхилення кута напруги складає 0,0112 градуса. Підсумовуючи, отримані дані свідчать про відповідність розроблених зразків мікро-PMU вимогам, які ставляться до обладнання класу Р в системах СВВ.

Подальше вдосконалення створеного мікро-PMU передбачає його інтеграцію в наявні системи моніторингу й управління режимами РЕМ [5], а також підвищення точності вимірювальних контурів і алгоритмів обчислення амплітуди, фази та частоти аналогових сигналів, що сприятиме відповідності вимогам СВВ класу М. Дослідження націлені на розробку системи моніторингу розподільчих електричних мереж із використанням uPMU на тестовому майданчику кампусу КПІ ім. Ігоря Сікорського та в інших локаціях у співпраці з операторами розподільчих мереж, що додатково надасть змогу вивчити вплив розміщення uPMU у різноманітних розподільчих мережах.

Ефективне використання енергоресурсів є ключовим завданням для сучасних міст. Високе споживання електроенергії та тепла створює значні екологічні, економічні та соціальні проблеми. Для їх вирішення необхідно впроваджувати комплексні заходи, направлені на зниження енергоспоживання. Нижче розглянуто основні методи та відповідні рішення.

1. Енергоефективне будівництво та реконструкція будівель

- Теплоізоляція будівель. Встановлення якісних утеплювальних матеріалів (пінополістирол, мінеральна вата, піноскло) дозволяє значно зменшити тепловтрати. Важливим рішенням є використання навісних вентильованих фасадів, які знижують витрати на опалення та кондиціонування.

- Енергоефективні вікна та двері. Встановлення сучасних вікон із потрійним склопакетом та низькоемісійним покриттям сприяє збереженню тепла всередині приміщення. Двері з підвищеними теплоізоляційними характеристиками додатково зменшують втрати енергії.

- Пасивні будівлі. Сучасні конструкційні рішення дозволяють створювати будинки, які мінімізують потребу в опаленні та кондиціонуванні. Такі будівлі використовують природне освітлення, вентиляцію, сонячні панелі та системи рекуперації тепла.

2. Інтелектуальні системи освітлення

- Перехід на світлодіодне (LED) освітлення. Використання LED-ламп дозволяє знизити енергоспоживання на 80% у порівнянні з традиційними лампами. Вони також мають тривалий термін служби, що зменшує витрати на їх заміну.

- Автоматизовані системи освітлення. застосування датчиків руху дає змогу освітлювати приміщення або вулиці лише при необхідності. Фотореле регулюють яскравість ліхтарів відповідно до рівня природного освітлення.

- Розумне вуличне освітлення. Використання адаптивних ліхтарів, які регулюють яскравість залежно від руху пішоходів і транспорту, сприяє економії електроенергії. Додаткове рішення – встановлення сонячних панелей для автономного живлення освітлювальних приладів.

3. Оптимізація транспортної інфраструктури

- Розвиток електротранспорту. Перехід на електробуси, тролейбуси та електромобілі значно зменшує витрати енергії та викиди CO₂. Важливим кроком є розширення мережі зарядних станцій для громадського транспорту та приватних електрокарів.

- Розвиток велосипедної інфраструктури. Створення велосипедних доріжок, розширення мережі прокату велосипедів і електросамокатів сприяє зменшенню використання автомобілів та зниженню енергоспоживання.

- Інтелектуальні системи управління рухом. Впровадження "розумних" світлофорів, які адаптують свої цикли залежно від інтенсивності руху, допомагає скоротити затори і зменшити енергоспоживання транспорту.

4. Використання відновлюваних джерел енергії

– Сонячна енергетика. Встановлення фотоелектричних панелей на дахах житлових, адміністративних будівель та громадських об'єктів дозволяє частково або повністю забезпечувати їх електроенергією.

– Вітрова енергетика. У міському середовищі можливе встановлення малих вітрових турбін на висотних будівлях та промислових об'єктах.

– Геотермальні системи. Використання теплових насосів дозволяє ефективно опалювати та охолоджувати будівлі за рахунок природного тепла ґрунту або води.

5. Розумні системи управління енергією

– Системи "розумного міста" (Smart City). Інтеграція автоматизованих систем моніторингу дозволяє контролювати споживання енергії у реальному часі, швидко реагувати на перевитрати та оптимізувати використання ресурсів.

– Енергоменеджмент будівель (BEMS – Building Energy Management System). Використання "розумних" систем управління електропостачанням, опаленням та кондиціонуванням дозволяє автоматично регулювати витрати енергії залежно від потреб мешканців.

– Аналітичні платформи штучного інтелекту. Використання цифрових технологій для аналізу енергоспоживання та прогнозування навантажень дозволяє оптимізувати енергосистему міста та уникати пікових перевантажень.

Висновок. Зменшення енергоспоживання у міській інфраструктурі є важливим напрямом сталого розвитку міст, що сприяє економії ресурсів, зниженню рівня забруднення довкілля та підвищенню якості життя мешканців. Використання енергоефективних технологій, впровадження розумних систем управління, перехід на відновлювані джерела енергії та оптимізація транспортної інфраструктури дозволяють суттєво скоротити витрати енергії.

Ефективне впровадження таких рішень потребує комплексного підходу, що включає розробку відповідних політик, підтримку інновацій та активну участь громадськості. Інтеграція сучасних технологій та стратегічне планування енергоспоживання в містах сприятиме не лише зменшенню негативного впливу на довкілля, а й забезпеченню стійкого економічного розвитку.

Таким чином, застосування методів енергозбереження у міській інфраструктурі є ключовим фактором формування екологічно безпечних і комфортних міських просторів для майбутніх поколінь.

Список використаної літератури

1. Енергоефективність: веб-сайт. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/energy-efficiency> (дата звернення 10.03.2025).

2. Міста та зміна клімату: веб-сайт. URL: <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities-and-climate-change> (дата звернення 15.03.2025).

3. Яндульський О.С., Нестерко А.Б., Тимохін О.В., Тимохіна А.О. Моніторинг розподільних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії на основі мікро-рми. *Відновлювана енергетика та енергоефективність у*

XXI столітті: матеріали XXV міжнародної науково-практичної конференції. 2024. С. 63-64.

4. Аналіз МЕА зі звіту про ринок енергоефективності за 2021: веб-сайт. URL: [pikhttps://webinars.userstep.org/library/iea-analysis-from-the-2021-energy-efficiency-market-report/](https://webinars.userstep.org/library/iea-analysis-from-the-2021-energy-efficiency-market-report/) (дата звернення 20.03.2025).

5. Маркевич К, Сіденко В. Smart-інфраструктура у сталому розвитку міст: світовий досвід та перспективи України: посібник. Заповіт. 2021. 400с.

Назар ГАЛЬОМКО¹⁹,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗНОСУ ЗАКОЧУВАЛЬНИХ РОЛИКІВ НА ЯКІСТЬ ШВА ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ ЗАКОЧУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В ПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

***Анотація.** В роботі розглядається проблема підвищення довговічності деталей закатувального обладнання для консервування продукції сільськогосподарського виробництва, за рахунок дослідження процесу зносу закатувального ролика першої та другої операцій.*

***Ключові слова:** закатувальні ролики, переробна промисловість, жерстяна банка, закатування, зношування, корозія*

***Annotation.** The paper considers the problem of increasing the durability of parts of rolling equipment for canning agricultural products by studying the wear process of the rolling roller of the first and second operations.*

***Keywords:** rolling rollers, processing industry, tin can, rolling, wear, corrosion*

Вступ. Сільськогосподарське виробництво традиційно вважається економістами однією з найбільш ризикованих форм господарювання. Це зумовлено широким спектром зовнішніх чинників, які важко або неможливо контролювати під час виробничого процесу [1-4]. Виробники змушені ретельно стежити за всіма етапами вирощування сільськогосподарських культур — від підготовки ґрунту до посіву, збору врожаю та його первинної чи основної переробки. За статистикою, основні втрати врожаю (30–50%) припадають саме на етапи збору, що є особливо критичним для фруктів і овочевих культур.

З метою мінімізації втрат значна частина сільськогосподарської продукції піддається переробці. У виробництві фруктів і ягід перевага надається заморожуванню, виготовленню джемів і повидла, а для овочевих культур

¹⁹Науковий керівник — Паладійчук Ю.Б. кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

найбільш розповсюдженим методом залишається консервування. Сучасна промисловість пропонує широкий вибір технологій консервування, зокрема у паперову (Tetra Pak), пластикову, скляну чи жерстяну тару. Найбільш екологічними вважаються скляна та жерстяна упаковки, проте вони мають певні недоліки: скло характеризується недостатньою міцністю, а жерстяна тара вимагає складної технології герметичного закатування [1-3].

Процес консервування спрямований на знищення мікрофлори та зупинку біохімічних процесів у продуктах, що спричиняють їх псування. Основною метою є створення умов, які запобігають розвитку мікроорганізмів і зберігають високу харчову та біологічну цінність продуктів. Водночас досягнення високої якості консервованої продукції неможливе без забезпечення надійності обладнання, зокрема закатувальних машин.

На сучасних консервних підприємствах недостатня довговічність робочих органів закатувальних машин, таких як закатувальні ролики, опорні тарілки та патрони, призводить до підвищення експлуатаційних витрат, простоїв та зниження якості продукції. Для малого консервного заводу, який виробляє до 2 мільйонів жерстяних банок на рік, щорічна потреба в таких деталях становить від 1 до 10 комплектів [1-3]. Таким чином, підвищення довговічності робочих органів закатувальних машин є актуальною науково-технічною проблемою, вирішення якої сприятиме підвищенню ефективності консервного виробництва.

Виклад основного матеріалу. Металева консервна тара використовується для довготривалого зберігання продуктів і повинна відповідати ряду вимог, таких як герметичність, міцність, стійкість до корозії, гігієнічність, зручність використання та естетичний зовнішній вигляд. Один з поширених матеріалів для виготовлення металевої консервної тари - біла жерсть. Також, але менш поширено, використовують алюмінієві сплави у вигляді анодованої лакованої стрічки [2].

Металеві консервні банки для харчових продуктів [2-5] поділяються на два типи в залежності від способу виготовлення: збірні (складаються з трьох частин - корпусу, денця та кришки) і цілісні (складаються лише з двох частин - корпусу та кришки). Зазвичай, банки мають циліндричну форму, але існують також квадратні та прямокутні варіанти [2,3].

Основними параметрами подвійного шва є товщина (T), ширина (L), ширина гачка корпусу (B_1), ширина гачка кришки (B_2), ширина перекриття (E) та глибина посадки (C). Герметичність та міцність шва залежать від точності його виготовлення, а сам шов повинен бути щільним, але не розклепаним [2-5].



Рис. 1. Подвійний закатувальний шов [3].

Якість шва можна оцінювати за його геометричними характеристиками, однак основним показником є ширина перекриття. Існує два основних методи формування шва [3]:

1. Штампування шва: при цьому методі шов утворюється одночасно на всій його довжині.

2. Закатування шва: цей метод передбачає поетапне утворення шва за допомогою окремих ділянок, коли банка обертається відносно інструменту. Для зменшення опору інструменту при обробці закатувального шва, рух банки та інструменту узгоджують так, щоб центри їх руху максимально наближались до зони обробки.

Процес формування подвійного закатувального шва відбувається у дві операції. Спочатку банка, зажаті між патроном і опорною тарілкою, проходить першу операцію, коли ролики витягують фланець кришки під фланець корпусу банки (рис. 2а). Друга операція завершується закатуванням, остаточно формуючи шов (рис. 2б) [3].

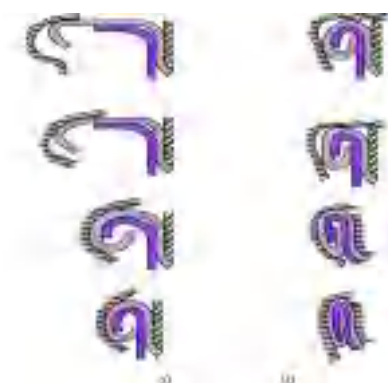


Рис. 2. Послідовність операцій утворення подвійного закатувального шва (а - роликом першої операції, б - роликом другої операції).

Під час обкатування роликами другої операції, шов зазнає сплюснення. Коли ролик наближається до центру банки, ширина шва зростає, оскільки нижня частина шва витягується. На заключному етапі другої операції, зовнішній контур шва набуває форму профілю ролика, а внутрішній контур - форму профілю закатувального патрону. Нижня зона шва піддається більш сильній деформації, надаючи шву більшу жорсткість та міцність [3].

У збірних банках при високих обертових швидкостях шпинделя ($7-15 \text{ c}^{-1}$) збільшується товщина на кутовому шві, що створює ударні навантаження на ролики другої операції та може спричиняти вібрації інших деталей механізму.

Наявність кутового шва перешкоджає підвищенню швидкості обертання і, відповідно, обмежує підвищення продуктивності закатувальних машин. Літературний аналіз не надає детального аналізу кінематики та динаміки процесу формування подвійного закатувального шва, що є необхідним для розробки методів підвищення довговічності робочих органів закатувальних машин.

Наш аналіз визначив фактори, які призводять до дефектів закатувального шва, і розкрив вплив зносу робочих органів на порушення геометричних

параметрів та захисного покриття (див. таблицю 1) [4].

Таблиця 1. Дефекти швів і їх причини.

Вид дефекту	Знос робочих органів			
	Ролика першої операції	Ролика другої операції	Партрона	Тарілки
Накат на патрон			+	
Зубці	+			
Короткий гак кінця		+		
Зморщений шов після першої операції	+			
Зморщений шов після другої операції		+		
Велика ширина шву після другої операції		+		
Порушення захисного покриття поверхні шву	+	+		+

Важливо зауважити, що у вищезазначених дослідженнях відсутній кількісний аналіз впливу зносу на якість шва, а також не висвітлено можливості застосування неруйнівного контролю для оцінки стану шва.

Закатувальний шов формується за допомогою закатувального механізму (див. рис. 3), який включає такі робочі елементи механізму: закатувальний ролик 1, закатувальний патрон 2 і опорна тарілка 3 [4,5].



Рис. 3. Робочі органи заковувальних машин.

У внутрішній і міжнародній науковій літературі, насамперед, обговорюються питання, пов'язані з якістю матеріалів, що використовуються для створення заковувальних роликів. Проте, незважаючи на значні досягнення в цьому напрямі, існує багато технологічних аспектів, які досі залишаються недостатньо дослідженими. Стандартні конструкції заковувальних інструментів

можна знайти на рисунку 4 [4].

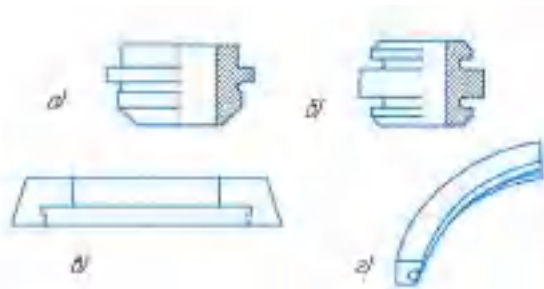


Рис. 4. Конструкція закатувальних інструментів: а) ролик з канавкою на зовнішній поверхні; б) з двома робочими канавками; в) ролик з робочою канавкою на внутрішній поверхні; г) закатувальна дуга.

Досвід підтвердив, що закаточні ролики з двома робочими канавками мають подвійний термін служби порівняно з роликами, що мають лише одну канавку. При цьому отвори і торці роликів зношуються мінімально у порівнянні з зношуванням робочої канавки. Проте варто відзначити, що такі ролики коштують приблизно на 30% більше, ніж ролики з однією канавкою.

Ролики з робочою канавкою на внутрішній поверхні мають довший термін служби, ніж ролики першої конструкції, але їх виготовлення та експлуатація складніші. Вони потребують значних зусиль під час закатування і не є широко поширеними. Інструменти у формі дуг використовуються переважно для попереднього закатування, і під час транспортування з обертанням вони можуть деформувати фланець кришки, залишаючись нерухомими.

Крім того, існують ролики для закатування в три операції та складні ролики з рухомими елементами [5,6]. Перевагою останніх є легкість виготовлення і простий профіль робочої поверхні. Проте використання роликів з рухомими деталями призводить до збільшення ваги конструкції і, відповідно, споживання енергії. Крім робочих навантажень, потрібні додаткові зусилля для деформації пружних елементів.

У вітчизняній консервній промисловості наразі відсутні стандарти, що регламентують форму профілю поверхні закатувальних роликів першої операції, оскільки профіль не регламентується [4-6].

Закатувальний патрон представляє собою диск з діаметром, що відповідає діаметру кришки [4-6]. Робоча поверхня патрону має нахил під кутом 4° . Цей нахил допомагає кришці міцно прилягати до патрону, компенсуючи можливі нерівності внутрішнього розміру кришки, а також полегшує процес вилучення банки після завершення операції. Закатувальний патрон виступає як опора під час формування шва за допомогою закатувальних роликів.

Опорна тарілка відіграє важливу роль у фіксації положення банки під час закатування. При натисканні її на закатувальний патрон, тарілка повинна забезпечити такий момент тертя більший, ніж крутний момент, що виникає внаслідок зусиль закатування. У сучасних умовах найчастіше використовуються рифлені тарілки, які представляють собою плоский диск з рифленою поверхнею у формі трикутних перерізів.

Робочі елементи закатувального механізму, які є швидкозношуваними деталями, виготовляються з високоякісних матеріалів. Умови для матеріалу закатувальних роликів та технології їх виготовлення детально розглядаються в роботі [6]. Існують такі вимоги до цих матеріалів, як твердість, ударна в'язкість, ступінь чистоти обробленої поверхні та точність виготовлення. Високоякісні ролики зазвичай виготовляються зі сталей марок, таких як У8А, У7А, ХВГ, 12ХНМ, 40ХГСА та інші високоякісні сталі. Проте в умовах обмеженого виробництва можуть застосовувати менш якісні сталі з метою зменшення витрат, але це може призвести до скорочення терміну служби роликів. Профіль роликів створюється методом врізного шліфування і подальшої обробки канавки до термічної обробки.

Ролики, виготовлені за кордоном, мають значно більшу стійкість до зносу порівняно з вітчизняними роликами іноземного виробництва в 5-10 разів. Причини підвищеної стійкості до зносу робочих органів деяких іноземних компаній потребують подальших досліджень.

Закатувальні ролики є найбільш схильними до зносу елементами в механізмі закатувальних машин. Літературні джерела містять значну кількість досліджень щодо цього аспекту, але більшість з них зосереджена на вивченні видів зносу, приділяючи менше уваги впливу розмірного зносу на якість закатувального шва [5,6].

Деякі дослідники вказують на те, що знос закатувальних роликів має абразивний та корозійно-втомний характер. Наше дослідження зосереджено на аналізі зносу робочих елементів, які використовуються в умовах невеликих форм виробництва в галузі овочівництва.

Різниця в терміні служби роликів пояснюється якістю матеріалу, з якого вони виготовлені, і впливом корозійно-активного середовища, в якому вони експлуатуються. Зазвичай розчини, використовувані для консервування сільськогосподарської продукції, містять органічні кислоти та кухонну сіль, які сприяють корозії матеріалу роликів [5,6].

Виходячи з аналізу виробничого досвіду, заміна роликів відбувається з двох основних причин: знос контактної поверхні внаслідок лінійного зносу та збільшення шорсткості внаслідок зносу і корозії. Гранично допустимий рівень зносу визначається методами контролю параметрів (див. рис. 5).

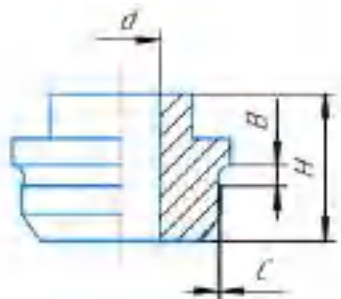


Рис. 5. Точки контролю зносу поверхонь ролика.

В результаті аналізу виявлено, що ролики зазвичай замінюються, коли знос

вже перевищив допустимий рівень. Передчасна заміна пов'язана з тим, що наразі відсутня об'єктивна методика для оцінки технічного стану роликів. Розробка такої методики та виробництво відповідних контрольних засобів стали однією з основних завдань цього дослідження.

Під час подальших досліджень зношування роликів було виявлено, що деякі параметри роликів зазнали змін. У таблиці 2 наведені результати вимірювань ступеня зношеності роликів у закатувальному напівавтоматі, який мав продуктивність від 350 до 450 банок на годину. Цей апарат працював в умовах обмеженого виробництва консервованих овочів та використовувався для закатування скляних банок об'ємом 3 літри і металевих банок розміром № 6.

Таблиця 2. Знос роликів після закатування 1 млн. банок (ролик серійний).

Назва деталі	Параметр по рис. 1.6	Знос, мм	Умови роботи
Закатувальний ролик 1-ї операції	d	0,010	Кочення, з проковзуванням, циклічне пульсуюче навантаження
	H	0,005	
	B	0,045	
	C	0,015	
Закатувальний ролик 2-ї операції	d	0,015	Кочення, з проковзуванням, циклічне пульсуюче ударне навантаження
	H	0,005	
	B	0,015	
	C	0,020	

У порівнянні зносу отворів і торців зі зносом поверхні робочої канавки, можна виокремити, що найбільшу несправність роликів закатувального механізму зазнають через ушкодження області, яка контактує з банкою [6].

Тертя та зношування – це явища, що залежать від багатьох зовнішніх та внутрішніх чинників, і призводять до погіршення фрикційних взаємозв'язків. Процес зношування, обумовлений тертям, детально досліджується у науковій літературі, і наявна значна кількість інформації щодо цього питання. За допомогою формули 1 визначався ступень зношування [6]:

$$J = K_1 \alpha \sqrt{\frac{h}{r}} \cdot \frac{P_a}{P_r} \cdot \frac{1}{n} \quad (1)$$

де K_1 - коефіцієнт мікрогеометрії; α – коефіцієнт перекриття $\alpha = \frac{A_a}{A_r}$; A_a , A_r - відповідно номінальна і фактична площа контакту; $\frac{h}{r}$ - відносна глибина нерівностей; $\frac{P_a}{P_r}$ - відношення номінального контактного навантаження до фактичного; n - число циклів навантаження до руйнування.

Це рівняння є приблизним і не враховує різноманітність факторів, що виникають під час взаємодії поверхонь у реальних вузлах. Однак воно служить основою для наших формул для розрахунку зносу в залежності від виду фрикційних зв'язків [6]. Щоб використовувати цю формули для підвищення стійкості робочих органів закатувальних машин, нам необхідно уточнити механізм руйнування поверхневого шару.

Взаємодія ролика зі швом супроводжується наступними процесами:

- рух ролика відносно матеріалу шва відбувається з ковзанням;
- температура ролика в зоні контакту повинна бути нижчою за температуру руйнування олов'яного покриття та лакової плівки;
- контактні навантаження під час закатування повинні залишатися нижчими за межі текучості матеріалу робочих органів, тому захисне лакове або олов'яне покриття не повинно руйнуватися;
- у відсутності агресивних харчових середовищ, інтенсивність зношування при сухому терті набагато нижча.

На підставі цих умов ми можемо зробити наступні рекомендації для підвищення довговічності роликів:

1. Вибирати вищоякісні матеріали або використовувати методи зміцнення поверхонь;
2. Застосовувати органічні мастила, які допущені для змащування деталей тертя механізмів в умовах харчового виробництва;
3. Поліпшити ступінь очищення поверхні.

Дослідження впливу зусиль закатування і швидкості переміщення ролика по шву на знос ролика закатувальної машини практично не проводилося. Однак ми знайшли дані розрахунку радіальних зусиль закатування жерстяних банок діаметром 83,4 мм роликом другої операції діаметром 50 мм, які були виконані різними авторами. За цими даними, зусилля знаходяться в межах від 940 до 1050 Н.

Загалом можна зробити висновок, що:

- надійність закатувальних машин визначається довговічністю робочих органів;
- якість шва пов'язана з зносом робочих органів.

Висновки. Після вивчення досвіду експлуатації закатувальних машин на підприємствах харчової промисловості, що займаються виробництвом рослинницької продукції, було встановлено, що корозійно-активні середовища значно впливають на тривалість роботи робочих органів. Зокрема, ролики першої та другої операцій піддаються зношуванню, що проявляється у збільшенні розмірів робочої канавки та зниженні якості поверхні.

Були визначені максимально допустимі значення зносу робочих органів. Запропоновано аналітичні залежності, які враховують вплив параметрів процесу закатування та міцності матеріалу на інтенсивність зношування робочих органів.

Серед численних методів для подовження терміну служби робочих органів, найбільш доступним і економічно доцільним є метод відновлення профілю, який включає шліфування та наплавлення з подальшим шліфуванням для відновлення форми робочої канавки.

Список використаної літератури

1. Закочувальні машини: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0 (дата звернення 02.02.2025).

2. Алюміній і сплави алюмінієві деформівні. Марки: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54205 (дата звернення 02.02.2025).

3. Банки металеві для консервів. Технічні умови: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=65939 (дата звернення 10.02.2025).

4. Ya.Nemyrovskiy, I.Shepelenko, E.Posviatenko, Yu.Tsekhanov, S.Polotnyak, S.Sardak, Y. Paladiichuk. Desining the structures of solid-alloy elements for broaching the holes of significant diameter based on the assessment of their strength Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. № 3. (7-105), P. 57-65.

5. Кухтов В.Г, Іванова Ю.В., Лебедєва І., Створення інформаційної бази для контролю якості запасних частин сільськогосподарської техніки. *Техніка і технології АПК*: науковий журнал. 2012. №4(31). С.37-39.

6. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: підручник. Харків. Міськдрук. 2010. 744 с.

Микола ІВАНОВ²⁰,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ АЕРОДИНАМІКИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ТА ПНЕВМОМЕРЕЖІ

Анотація. *Стаття присвячена аналізу аеродинамічних характеристик вентиляційної установки та пневмомережі. Розглянуто особливості повітряних потоків, їхній вплив на ефективність вентиляції та енергоспоживання. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації конструкцій та підвищення продуктивності систем вентиляції.*

Ключові слова: *аеродинаміка, пневмотранспортування, частотно-регульований електропривод, математична модель.*

Annotation. *The article is devoted to the analysis of aerodynamic characteristics of the ventilation unit and pneumatic network. The features of air flows, their impact on ventilation efficiency and energy consumption are considered. The results obtained can be used to optimize the design and improve the performance of ventilation systems.*

Key words: *aerodynamics, pneumatic transportation, variable frequency drive, mathematical model.*

²⁰Науковий керівник – Колісник М.А., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Вступ. Ефективність роботи вентиляційних установок і пневмотранспортних мереж відіграє ключову роль у технологічних процесах борошномельних підприємств. Зокрема, оптимізація аеродинамічних характеристик цих систем дозволяє зменшити енергоспоживання, підвищити продуктивність та покращити якість транспортування матеріалів. Останні наукові дослідження свідчать про значний потенціал зниження енергоємності пневмосистем шляхом застосування автоматичних систем регулювання режимів роботи. Одним із найбільш ефективних підходів є використання частотно-регульованих асинхронних електроприводів з векторним керуванням, що забезпечує адаптивне регулювання швидкості вентиляторів залежно від навантаження. Дослідження аеродинаміки вентиляційної установки та пневмомережі потребує аналізу динамічних процесів у системі, врахування параметрів продуктопроводів, швидкості руху двокомпонентних сумішей та впливу різних факторів на втрати тиску. Оскільки пневмоустановки функціонують як взаємопов'язані системи, зміна режиму роботи однієї лінії впливає на параметри всієї мережі, що ускладнює аналіз та вимагає розробки математичних моделей.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проведені провідними науковими установами в галузі переробки зерна показали можливість зниження енергоємності пневмосистем борошномельних підприємств при застосуванні автоматичних систем регулювання режимів пневмотранспортування [7].

Особливої актуальності набуває останнім часом застосування в технологічних процесах регульованого електроприводу, що дає змогу оптимізувати з енергетичної точки зору швидкісні режими машин та установок. Значною мірою це стосується пневмотранспорту на борошномельних підприємствах, в якому доцільно використовувати частотно-регульований асинхронний електропривод з векторним керуванням.

Аеродинамічні характеристики вентиляційної установки і пневмомережі, при регулюванні продуктивності вентилятора шляхом зміни його швидкості обертання, показано на рис. 1.

Для впровадження векторно-регульованого частотного електропривода необхідно детально дослідити режими роботи продуктопроводів, можливі діапазони зміни швидкості суміші в них без загрози «завалу». Втрати тиску в окремих продуктопроводах описуються нелінійними диференціальними рівняннями і залежать від параметрів продуктопроводів (довжини, діаметру, довжини горизонтальних і вертикальних відрізків), швидкості руху двокомпонентної суміші, концентрації продуктів розмолу та їх швидкості витання тощо. Оскільки продуктопроводи працюють від загального колектора, то режими роботи одного продуктопроводу тісно пов'язані з режимами роботи інших продуктопроводів. Це ускладнює дослідження динаміки пневмосистеми.

Сьогодні багато наукових досліджень може бути проведено за допомогою комп'ютерного моделювання. Його перевага полягає в тому, що не має необхідності витрачати сировину та час на виготовлення експериментальних зразків, а одразу можна отримати результат на комп'ютері.

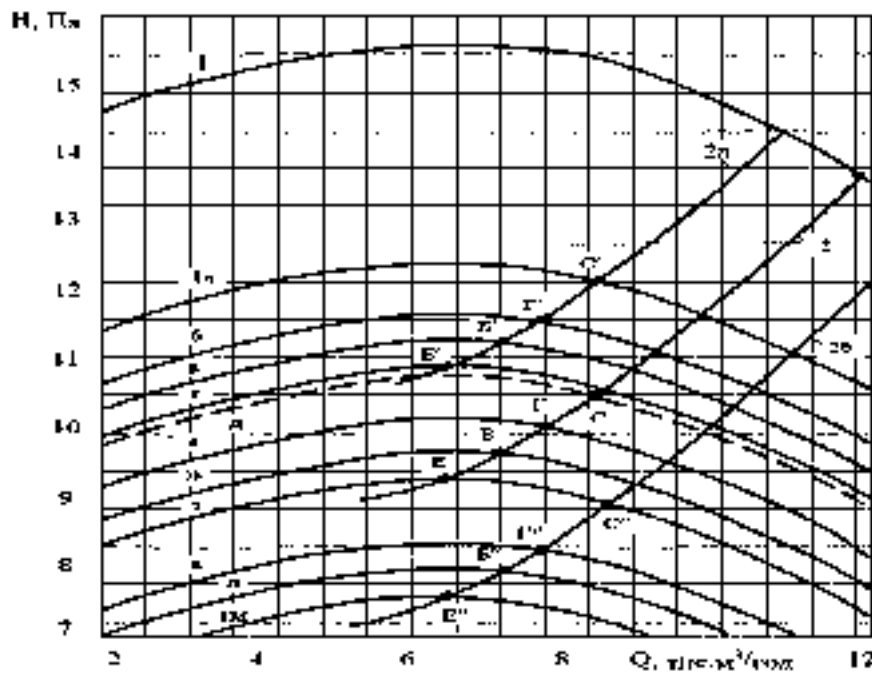


Рис. 1. Аеродинамічні характеристики вентиляційної установки (1) і пневмережі (2) при регулюванні продуктивності вентилятора шляхом зміни його швидкості обертання.

Для досліджень залежностей швидкості руху сумішей, що транспортуються в продуктопроводах, в залежності від зміни концентрації продуктів помолу та продуктивності вентилятора розробляється математична модель системи пневмотранспортування на прикладі млина Р6-АВМ-15. Оскільки найбільш суттєву енергетичну ефективність можна досягнути регулюючи швидкість руху сумішей в продуктопроводах, то необхідно встановити діапазони можливих змін цих швидкостей у залежності від продуктивності млина [3].

При розробці моделі приймалися наступні допущення: суміш, що транспортується, є двокомпонентним потоком, рух якого розглядається як рух механічної системи матеріальних точок; маса механічної системи дорівнює сумі мас матеріальних точок; внутрішні сили взаємодії матеріальних точок відсутні; центр інерції системи приймаємо як точку, в якій зосереджено всю масу системи; головний вектор зовнішніх сил, що діє на систему, прикладений до центру інерції системи; транспортуючий потік повітря квазігомогенний; матеріал, що транспортується - монодисперсний; процес пневмотранспортування розглядається як об'єкт із зосередженими параметрами.

Рівняння кількості руху двокомпонентного потоку в пневмотранспортері, виведеного на основі теореми про зміну кількості руху системи, можна представити наступним виразом:

$$S_{mm} \cdot \rho_n \cdot L_m \frac{dv}{dt} + \frac{G}{V_m} L_m \frac{dv_m}{dt} = F_c, \quad (1)$$

де: S_{mm} – площа поперечного перерізу матеріалопроводу, м²;

ρ_m – питома густина матеріалу, кг/м³;

G_m – розхід матеріалу, кг/с;

ρ_n – питома густина повітря, кг/м³;

V – середня швидкість потоку повітря, м/с;

F_c – головний вектор зовнішніх сил.

Якщо покласти $V_M = k_k V$, а $F_c = H_b(Q) - H_n(Q, GM)$, то стосовно пневмотранспорту зміну кількості руху двокomпонентного потоку можна представити у вигляді нелінійного диференціального рівняння:

$$a_\partial \frac{dQ}{dt} = H_b - H_n, \quad (2)$$

де: $a_\partial = \left(\frac{\rho_n \cdot L_m}{S_{mn}} + \frac{G_m \cdot L_m}{S_m \cdot Q} \right)$ – сумарний коефіцієнт динамічних втрат;

k_k – коефіцієнт ковзання потоку повітря і матеріалу;

H_b – характеристика вентилятора Па;

H_n – характеристика пневмотранспортера Па;

Q – розхід повітря, м³/с.

Характеристика вентилятора $H_b = f(Q)$ визначається за довідковими даними для даного типу вентилятора. Практика показує, що цю залежність можна апроксимувати наступним виразом:

$$H_b = -a_b Q^2 + b_b n_b Q + c_b n_b^2 \quad (3)$$

де: a_b, b_b, c_b — постійні коефіцієнти, які залежать від конструкції вентилятора;

n_b – частота обертання робочого колеса вентилятора.

Коефіцієнти a_b, b_b, c_b визначаються за методом найменших квадратів з системи рівнянь:

$$\begin{cases} a_b \sum Q_i^4 + b_b \sum Q_i^3 n_i + c_b \sum Q_i^2 n_i^2 = \sum H_i Q_i^2 \\ a_b \sum Q_i^3 n_i + b_b \sum Q_i^2 n_i^2 + c_b \sum Q_i n_i^3 = \sum H_i Q_i n_i \\ a_b \sum Q_i^2 n_i^2 + b_b \sum Q_i n_i^3 + c_b \sum n_i^4 = \sum H_i n_i^2 \end{cases} \quad (4)$$

H_i визначається за залежністю $H_b = f(Q)$ при заданому Q_i , n_i приймається постійним і рівним номінальній швидкості обертання вентилятора.

Після підстановки всіх значень втрат тиску у вираз $H_n(Q, G_m)$ отримаємо з (3) з урахуванням (4) рівняння динаміки пневмоустановки, для однієї пневмовітки:

$$a_\partial \frac{dQ}{dt} + A Q^2 + A_1 Q^{1.75} + B G_m Q + E G Q^{-1} = -a_b Q^2 + b_b n_b Q + c_b n_b^2 \quad (5)$$

$$A = \xi \frac{\rho_n}{2 g S_{mn}^2};$$

$$A_1 = 0.0013 \frac{L_m}{D_{mn}^{1.25} S_{mn}^{1.75}};$$

де

$$B = \left(\frac{1.25}{g S_{mn}^2} + \frac{0.0037 L_m}{g D_{mn} S_{mn}^2} \right);$$

$$E = L_m;$$

ξ – коефіцієнт опору місцевих втрат, м /с ;

g – прискорення сили тяжіння, м/с²;

D_{mn} – діаметр продуктопроводу, м;

$\sum_{i=1}^m Q_i = Q$; Q_i – витрати повітря в окремому продуктопроводі.

Так, як пневмоустановка млина має одинадцять пневмовіток, розрідження

в яких створюється однією і тою ж вентиляційною установкою, то система рівнянь динаміки пневмосистеми з врахуванням (5) має вигляд:

$$\begin{aligned}
 a_{11} \frac{dQ_1}{dt} + A_1 Q_1^2 + A_2 Q_1^{1.7} + B_1 G_1 Q_1 + E_1 G_1 Q_1^{1.7} &= -a_1 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_1 n_1 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_1 n_1^2 \\
 a_{12} \frac{dQ_2}{dt} + A_1 Q_2^2 + A_2 Q_2^{1.7} + B_2 G_2 Q_2 + E_2 G_2 Q_2^{1.7} &= -a_2 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_2 n_2 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_2 n_2^2 \\
 a_{13} \frac{dQ_3}{dt} + A_1 Q_3^2 + A_2 Q_3^{1.7} + B_3 G_3 Q_3 + E_3 G_3 Q_3^{1.7} &= -a_3 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_3 n_3 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_3 n_3^2 \\
 a_{14} \frac{dQ_4}{dt} + A_1 Q_4^2 + A_2 Q_4^{1.7} + B_4 G_4 Q_4 + E_4 G_4 Q_4^{1.7} &= -a_4 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_4 n_4 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_4 n_4^2 \\
 a_{15} \frac{dQ_5}{dt} + A_1 Q_5^2 + A_2 Q_5^{1.7} + B_5 G_5 Q_5 + E_5 G_5 Q_5^{1.7} &= -a_5 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_5 n_5 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_5 n_5^2 \\
 a_{16} \frac{dQ_6}{dt} + A_1 Q_6^2 + A_2 Q_6^{1.7} + B_6 G_6 Q_6 + E_6 G_6 Q_6^{1.7} &= -a_6 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_6 n_6 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_6 n_6^2 \\
 a_{17} \frac{dQ_7}{dt} + A_1 Q_7^2 + A_2 Q_7^{1.7} + B_7 G_7 Q_7 + E_7 G_7 Q_7^{1.7} &= -a_7 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_7 n_7 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_7 n_7^2 \\
 a_{18} \frac{dQ_8}{dt} + A_1 Q_8^2 + A_2 Q_8^{1.7} + B_8 G_8 Q_8 + E_8 G_8 Q_8^{1.7} &= -a_8 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_8 n_8 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_8 n_8^2 \\
 a_{19} \frac{dQ_9}{dt} + A_1 Q_9^2 + A_2 Q_9^{1.7} + B_9 G_9 Q_9 + E_9 G_9 Q_9^{1.7} &= -a_9 \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_9 n_9 \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_9 n_9^2 \\
 a_{20} \frac{dQ_{10}}{dt} + A_1 Q_{10}^2 + A_2 Q_{10}^{1.7} + B_{10} G_{10} Q_{10} + E_{10} G_{10} Q_{10}^{1.7} &= -a_{10} \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_{10} n_{10} \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_{10} n_{10}^2 \\
 a_{21} \frac{dQ_{11}}{dt} + A_1 Q_{11}^2 + A_2 Q_{11}^{1.7} + B_{11} G_{11} Q_{11} + E_{11} G_{11} Q_{11}^{1.7} &= -a_{11} \left[\sum_{i=1}^{11} Q_i \right]^2 + b_{11} n_{11} \sum_{i=1}^{11} Q_i + c_{11} n_{11}^2
 \end{aligned} \tag{6}$$

де: m - число віток пневмоустановки, $m=11$.

Коефіцієнти у системі рівнянь (6) залежать від параметрів пневмовіток і гідравлічної характеристики вентилятора і розраховуються стосовно цих параметрів для млина Р6-АВВ-15 [2].

На основі виразу (6) будуюмо імітаційну модель пневмовітки (рис. 2.) на ПК. Використовуючи бібліотеку «Simylink» проводимо моделювання всіх математичних величин рівняння (6). Основною вхідною величиною є зміна кількості продукту (G_7), що транспортується в матеріалопроводі і впливає на витрату повітря (Q_7), а також на величину втрати тиску (H_A), які повинна забезпечити вентиляційна система для передачі продукту. Дана модель дозволяє дослідити динаміку транспортування продукції в пневмовітці, тобто визначити енергетичні показники при яких буде проходити транспортування продукції з найменшою витратою енергії [6].

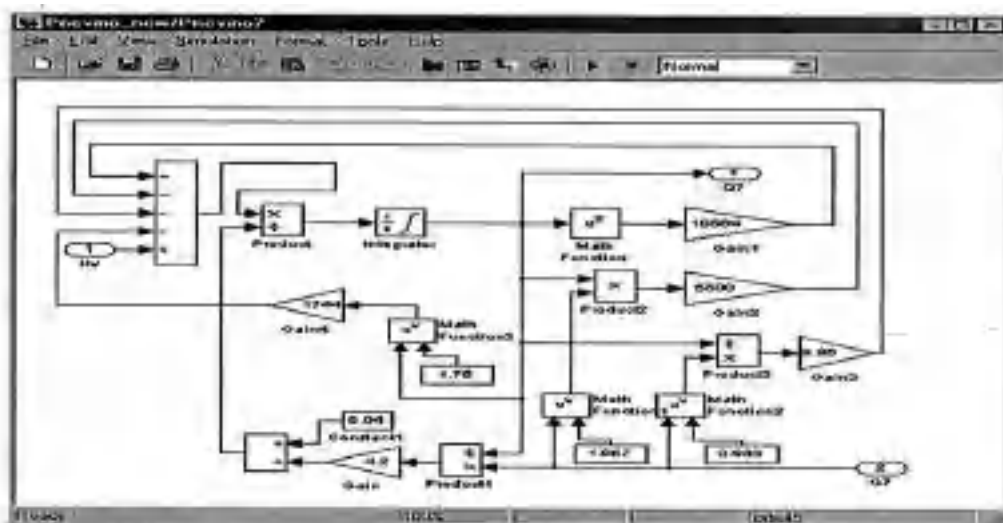


Рис. 2. Модель пневмовітки для визначення втрат тиску.

Вентиляційна установка пневмотранспортної мережі млина у відповідності до системи рівнянь (6) описується рівнянням:

$$H_{\hat{a}} = -296.343 * Q^2 + 0.135 * n_{\hat{a}} * Q + 3.64 * 10^{-5} * n_{\hat{a}}^2 \quad (7)$$

На основі рівняння (7) створена імітаційна модель вентиляційної установки пневмотранспортної мережі (рис. 3).

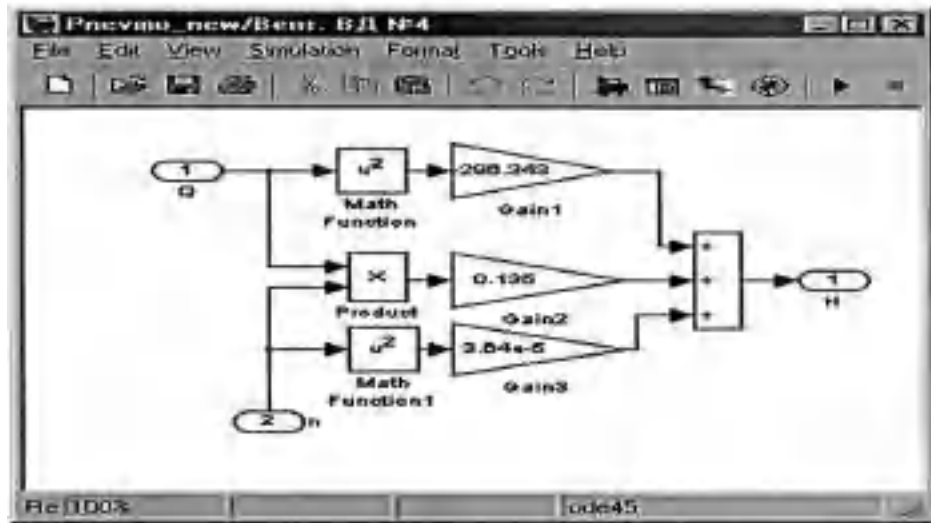


Рис. 3. Імітаційна модель вентиляційної установки.

Модель представляє собою функціональну залежність між такими величинами, як тиск створений вентиляційною установкою від продуктивності при різних значеннях частоти обертання робочого колеса [2].

Імітаційна модель дозволяє відтворити роботу різних режимів роботи пневмоустановки млина, а також дослідити динаміку її роботи і визначити енергоощадні режими роботи при незмінній технології виробництва борошна.

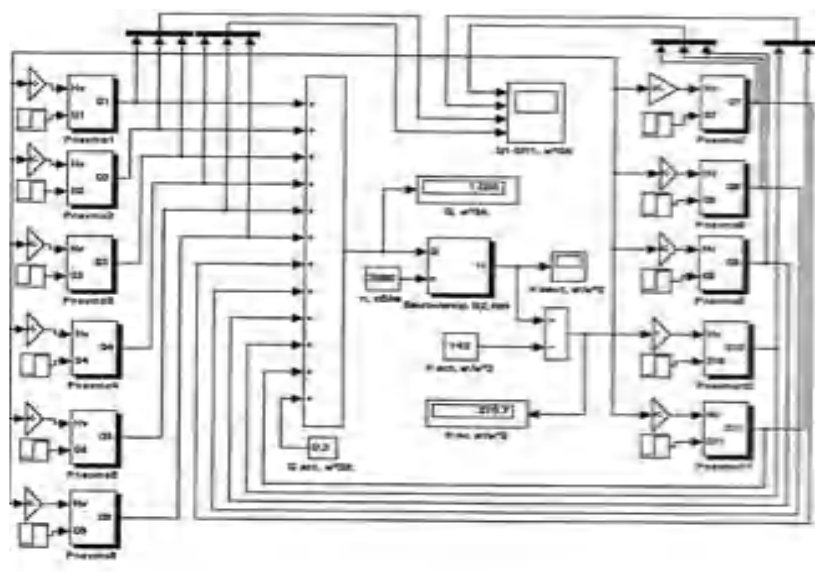


Рис. 4. Імітаційна модель пневмоустановки млина.

За допомогою імітаційної моделі пневмотранспортної установки млина знята залежність втрати тиску в 10-й пневмовітці від її завантаження (рис. 5).

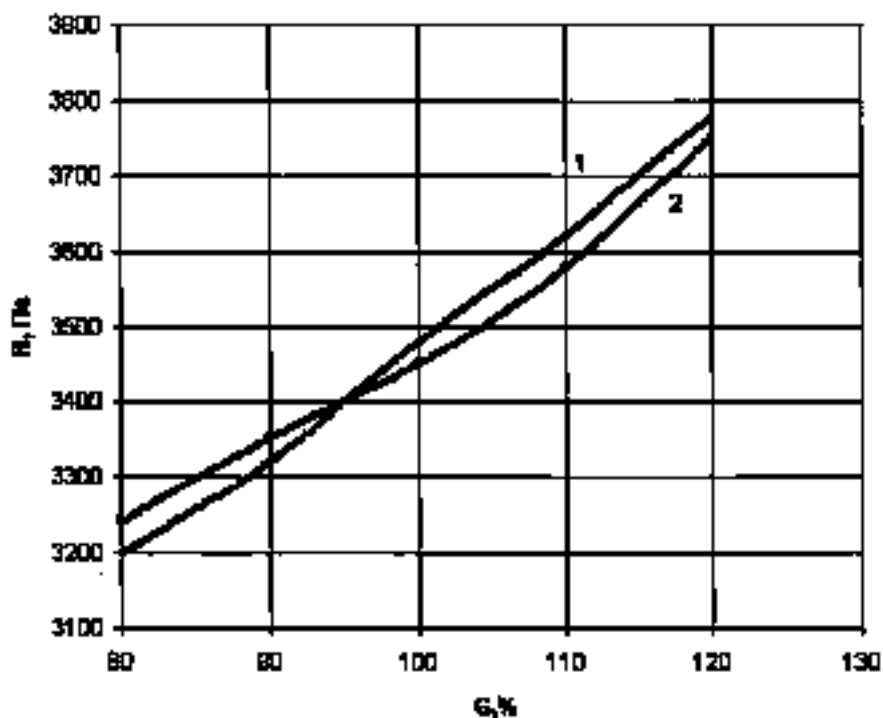


Рис. 5. Залежність втрати тиску в пневмовітці від її завантаження:
1 – розрахована; 2 – дослідна на моделі.

Для зняття цієї залежності, в імітаційній моделі на вхід $G10$ блоку SubSystem – Pnevmo – 10 необхідно подати сигнал з блоку Step, який налагоджений на зміну завантаження від 80% до 120% з інтервалом через 10%. З блоку Display знімають значення втрат тиску при конкретному завантаженні пневмовітки [8].

Перевірка адекватності моделі проводилась за критерієм Фішера. $F_{\text{дiс.}} = 0,9$
 $F_{\text{дiс.}} = 3,864$, умова виконується.

Використовуючи імітаційну модель пневмоустановки млина (рис. 4) проведені дослідження її динамічних режимів: зняття перехідних процесів в пневмовітках, визначення залежності витрат повітря від частоти обертання вентилятора у найбільш завантаженій пневмовітці млина.

Висновки: Для впровадження векторно-регульованого частотного електропривода на основі математичної моделі досліджено режими роботи продуктопроводів, можливі діапазони зміни швидкості суміші в них без загрози «завалу». На основі математичної моделі побудована імітаційна модель пневмовітки. Використовуючи імітаційну модель пневмоустановки млина проведені дослідження її динамічних режимів: зняття перехідних процесів в пневмовітках, визначення залежності витрат повітря від частоти обертання вентилятора у найбільш завантаженій пневмовітці млина. За результатами дослідження зроблено висновок, що для нормальної роботи пневмовітки завантаження повинно становити 0.18 кг/с при швидкості 12 м/с, більше

навантаження вимагає більшої швидкості. При зменшенні навантаження будуть зменшуватися втрати тиску, а при збільшенні навантаження втрати тиску зростають.

Список використаної літератури

1. Видмиш А.А., Ярошенко Л.В. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2020. 388 с.
2. Синявський О.Ю., Савченко П.І, Лавріненко Ю.М. та ін. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник. К.: Аграр Медіа Груп. 2013. 586 с.
3. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М. та ін. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: підручник. К.: Вища освіта. 2001.
4. Корбут В.П., Мілейковський В.О. Повітророзподілення опуклими напівобмеженими струминами при вентиляції з постійною витратою повітря. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*: науково-технічний збірник. 2021. Вип. 36. С. 37-50.
5. Матвійчук В.А., Рубаненко О.Є., Стаднійчук І.П. Електротехнології в АПК: навчальний посібник. ВНАУ. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 272 с.
6. Матвійчук В.А., Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є. Технології наукових досліджень: навч. Посібник. Вінниця: ВНАУ. Л. 49. 2015. 190 с.
7. Мілейковський В.О. Експериментальні аеродинамічні дослідження вентиляційних систем: посібник. Київ: Юстон. 2021. 216 с.
8. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. Технічна механіка: підручник. К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. 340 с.

Лариса САДКІВСЬКА²¹,

студентка 5 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДИЗЕЛЬНІ ДВИГУНИ: МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ ТА МАЙБУТНЄ

Анотація. В статті можна дізнатись історію створення дизельного двигуна, та як він змінювався протягом часу. Наразі вони відіграють велику роль у різних сферах діяльності. Звісно дизельні двигуни постійно стикаються з різними проблемами, які з певним часом вирішуються. Навіть при жорсткіших в майбутньому стандартів викидів NOx і CO₂, уже знаходять вирішення проблем.

Ключові слова: дизель, двигуни, стандарти, новітні технології.

²¹Науковий керівник – Рябошапка В.Б., старший викладач кафедри агроінженерії та технічного сервісу

Annotation. *In the article you can learn the history of the creation of the diesel engine, and how it has changed over time. Currently, they play a large role in various fields of activity. Of course, diesel engines are constantly faced with various problems, which are solved over time. Even with stricter standards for NOx and CO2 emissions in the future, solutions to the problems are already being found.*

Key words: *diesel, engines, standards, latest technologies.*

Вступ. Чи знаєте ви, що сьогодні дизельні двигуни приводять у дію всілякі речі, включаючи важку будівельну техніку, сільськогосподарські трактори, вантажівки, морські судна, автобуси та локомотиви? Їх навіть перетворюють на генератори електроенергії в офісах, аеропортах і лікарнях. Просто неможливо уявити наш сучасний світ без цієї унікальної енергетичної системи.

Дизельний двигун, будь-який двигун внутрішнього згоряння, в якому є повітря стиснене до достатньо високої температури, щоб запалити дизельне паливо, що впорскується в циліндр, де згоряння та розширення активізуються а поршень. Він перетворює хімічну енергію, що зберігається в паливі, на механічну енергію, яку можна використовувати для приводу вантажівок, великих тракторів, локомотивів і морських суден. Обмежена кількість автомобілів також має дизельний двигун, як і деякі електрогенераторні установки [1].

Винахід першого дизельного двигуна сягає далекого минулого, аж до 1890-х років. З моменту появи вони залишаються одними з найпоширеніших двигунів, які використовуються в енергетиці. Вони були корисні в різних галузях і функціональних можливостях.

Виклад основного матеріалу. У 1870-х роках пар був основним постачальником енергії для фабрик і поїздів. Поряд з двигунами внутрішнього згоряння навіть випускалися автомобілі з паровим двигуном.

У той час Рудольф Дизель був студентом, який вивчав термодинаміку, і йому прийшла в голову ідея створити двигун, який був би високоефективним і перетворював тепло, яке він виробляв, на енергію. Він почав працювати над тим, що стане першим дизельним двигуном.

Він відкрив свою першу майстерню в 1885 році, щоб розпочати розробку цього нового двигуна та застосувати свої теорії на практиці. Одна з його гіпотез полягала в тому, що вищий ступінь стиснення призведе до вищої ефективності та потужності.

Дизель отримав патенти на свої розробки протягом 1890-х років. Перший прототип дизельного двигуна був побудований у 1893 році, хоча перше випробування двигуна було невдалим, тому він повернувся до креслярської дошки.

У 1897 році Diesel дав успішні результати після багатьох удосконалень і випробувань. У лютому того ж року він зміг показати з двигуном ККД 26,2% (рис.1). Порівняно з паровою машиною, популярною в той час, двигун, розроблений Дизелем, був ефективнішим на 16,2% [2].

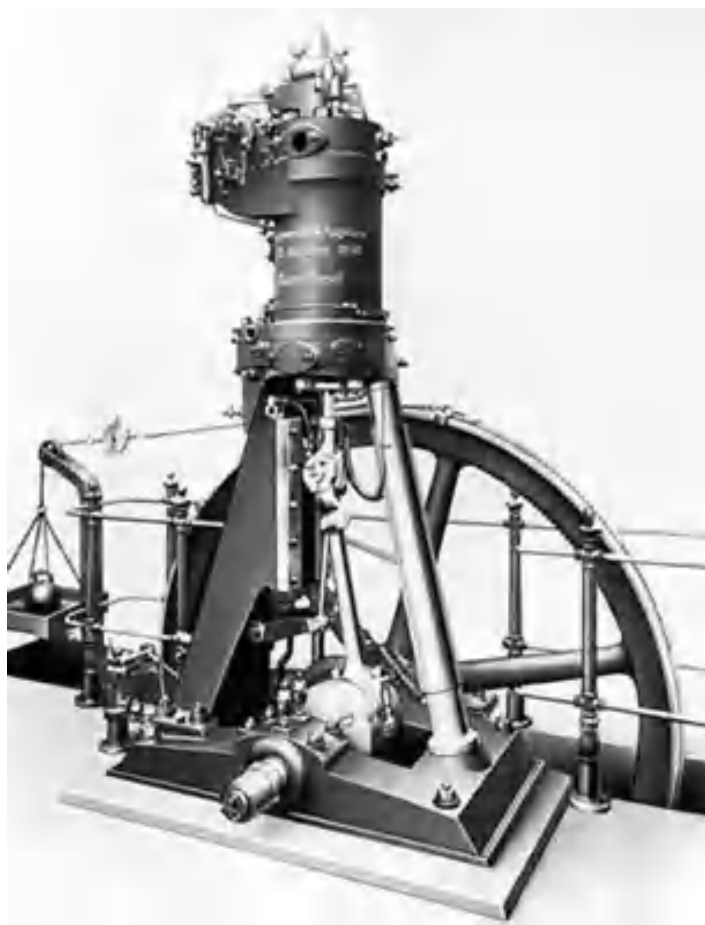


Рис. 1. Третій випробувальний двигун Diesel, використаний під час успішного приймального випробування 1897 року.

Компанія Cummins стала однією з перших, хто визнав новаторську технологію, розроблену Рудольфом Дізелем, перетворивши Cummins в один із провідних світових брендів дизельних двигунів.

Використовуючи запатентовану Clessie Cummins систему прямого впорскування 1921 року, Cummins успішно адаптувала конструкцію двигуна Rudolf Diesel для створення власного двигуна Model F.

Створення двигуна Model U прискорило Cummins до автомобільної потужності. Цей важливий винахід став для компанії більш ніж перемогою, і його слід відзначити як історичний прогрес для всієї галузі машинобудування. Через три роки після винаходу двигуна Model U, Клессі Каммінс влаштував одну зі своїх відомих публічних виставок і відправив вантажівку Indiana, оснащену двигуном Cummins Model U, у подорож із Нью-Йорка до Лос-Анджелеса. Це була перша вантажівка Cummins, оснащена виключно дизельним двигуном Cummins Model U, що дозволило вантажівці завершити свою подорож за рекордний час роботи всього за 97 годин. Така швидкість і довговічність були нечуваними, і їх було досягнуто за десятиліття до створення системи міждержавних автомагістралей США [3].

За останні двадцять років дизельний двигун зазнав технічної революції. Завдяки сучасним технологіям сучасний дизель потужністю 150 к.с. забезпечує в основному таку саму продуктивність щодо прискорення та ефективної

максимальної швидкості, що й автомобіль з турбонаддувом і бензиновим двигуном потужністю до 200 к.с. Зі значно меншим споживанням палива та викидами вуглекислого газу.

У порівнянні зі своїми попередниками, сучасний дизель має малу вагу та відносно високі оберти. У всіх відношеннях його можна порівняти з сучасним бензиновим двигуном, але він економічніший у експлуатації та трохи дорожчий у придбанні.

Сучасні дизелі варіюються від приблизно 10 кінських сил до 1000 кінських сил або близько того в діапазонах двигунів для відпочинку та комерційного використання для суден довжиною менше 24 метрів. Деякі з нових великих двигунів дійсно мають електронні системи контролю та/або управління, але переважна більшість малих дизелів є суто механічними, окрім стартера та іноді паливного соленоїда.

Тип двигуна, який ми використовуємо, має залежати від того, для чого він буде використовуватися [4].

Поглянувши на сьогоднішні заголовки автомобільних новин, можна подумати, що електромобілі з акумуляторними батареями (BEV) знаходяться на межі випередження двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Хоча в кінцевому підсумку це може статися в сегментах легкових автомобілів і легких вантажівок, дизельні ДВЗ ще деякий час залишатимуться основою для важких і промислових секторів. Тим не менш, стандарти щодо викидів, що постійно посилюються, вимагатимуть від виробників дизельних двигунів впровадження нових технологій у недалекому майбутньому. Це означає, що передові технології спалювання, відновлювані види палива та дизель-водневі або дизель-електричні гібридні технології можуть стати більш поширеними. Крім того, коли ми говоримо про дизельні двигуни, ми можемо побачити транспортні засоби великої вантажопідйомності з повноцінною електричною силовою установкою від акумуляторів.

Як і протягом десятиліть, нові норми викидів продовжуватимуть формувати майбутнє дизельного двигуна, але, незважаючи на особливо суворий набір нових стандартів викидів, які набудуть чинності в 2027 році, виробники двигунів все одно зможуть їх дотримуватися. І це буде далеко не останній ура дизеля. Лише на ринку легкових автомобілів і легких автомобілів, за оцінками, ІСЕ прослужать принаймні ще 25 років, що означає, що вони використовуватимуться у сегменті важких автомобілів набагато довше.

Більшість продуктів, які ми використовуємо, транспортуються вантажівками та потягами з дизельними двигунами, і більшість будівельних, сільськогосподарських і військових транспортних засобів і обладнання також мають дизельні двигуни. Як транспортне паливо, дизельне паливо пропонує широкий спектр характеристик, ефективності та безпеки. Дизельне паливо також має більшу щільність енергії, ніж інші види рідкого палива, тому воно забезпечує більше корисної енергії на одиницю об'єму.

У 2022 році споживання дистильованого (або дизельного) палива (за винятком біодизеля та відновлюваного дизеля) транспортним сектором

США становило близько 2,98 мільйона барелів на день, або близько 125 мільйонів галонів на день. Це річне споживання становило близько 75% від загального споживання дистилату в США та близько 15% від загального споживання нафти в США. За енергетичним вмістом на дизельне паливо припадало приблизно 23% загального споживання енергії в транспортному секторі США та приблизно 6% загального споживання первинної енергії в США [5].

Дизельні двигуни пройшли довгий шлях щодо ефективності та викидів. Сучасні дизельні двигуни чистіші та ефективніші, ніж будь-коли раніше, завдяки прогресу в технологіях і впровадженню сучасних стандартів викидів. Згідно з галузевим джерелом, у певних середовищах вміст твердих часток, які виділяються з вихлопу дизельного двигуна, може бути нижчим, ніж виміряний на впуску.

Оскільки існує багато дизельних програм, спрямованих на зменшення викидів, Детройт активно вжив заходів, щоб випередити гру. У 2010 році намагалися скоротити викиди NOx і CO₂ понад вимоги на той час – і продовжують робити те саме сьогодні. Наполегливо працюють, щоб не просто відповідати стандартам, але й бути лідерами, щоб майбутнє бізнесу було не лише ефективним, але й стійким.

У майбутньому існують також можливості для дизельних двигунів. Наприклад, використання відновлюваного дизельного палива, виготовленого з відпрацьованих масел і жирів, може значно скоротити викиди парникових газів порівняно з традиційним дизельним паливом. Крім того, прогрес у технології двигунів і паливної ефективності може допомогти дизельним двигунам залишатися життєздатним варіантом для великовантажних транспортних засобів, таких як вантажівки та автобуси [6].

У міру того як світ продовжує перехід до більш чистих джерел енергії, дизельне паливо також розвивається, щоб стати більш екологічним. Відновлюване дизельне паливо — це тип біопалива, яке виготовляється з відновлюваних ресурсів, таких як рослинні олії та тваринні жири, і працює чистіше, ніж стандартне дизельне паливо з наднизьким вмістом сірки. Проте як відновлюване дизельне паливо, так і дизельне паливо з низьким вмістом сірки значно зменшують викиди парникових газів порівняно з нафтовим дизелем. Хоча використання відновлюваного дизельного палива не є широко поширеним на всіх ринках, це варіант палива, який стає все популярнішим завдяки більшій економії палива, яку він забезпечує [6].

Два роки тому на симпозіумі з майбутніх екологічних двигунів і палива в Університеті Вісконсіна Андре Боман, професор машинобудування Мічиганського університету, продемонстрував потенціал диметилового ефіру як екологічного палива для майбутніх вантажівок. Boehman рекламував бездимне згоряння DME, високу стійкість до рециркуляції відпрацьованих газів, що дозволяє значно зменшити викиди NOx, а також його легкість зберігання та заправки паливом порівняно з природним газом і воднем. Він також має високе цетанове число, тобто двигун DME не потребує свічок запалювання.

Незважаючи на це, недоліком DME є його недостатня змащувальна здатність порівняно з дизельним паливом. Це означає, що існуючі системи впорскування Common Rail під високим тиском не будуть достатньо довговічними в дизельному двигуні, що працює на паливі DME.

В даний час Боеман і Чарльз Мюллер, науковий співробітник Ліверморської національної лабораторії Sandia, займаються проектом подолання проблеми, одночасно розвиваючи процес спалювання DME. Вони сподіваються створити доступні системи впорскування дизельного палива середньої та важкої навантаженості, які можуть працювати на DME і забезпечувати довговічність, еквівалентну нинішнім системам уприскування дизельного палива [7].

Коли ми дивимось вперед, майбутнє — це баланс і диверсифікація. І дизельні, і електричні силові агрегати створені для завтрашнього дня – кожен із них просто підходить для конкретних застосувань і потреб клієнтів. Отже, незалежно від того, дотримуєтесь ви світу дизельного палива чи зацікавлені в дослідженні можливостей електричного двигуна.

Висновок. В статті була розписана історія створення дизельного двигуна та його покращення з плином часу. Ми можемо побачити що й досі відбуваються вдосконалення, вирішення проблем зі зменшенням викидів. Оскільки дизельний двигун використовується не лише в автомобілях, і наразі намагаються знайти шляхи вирішення можливих майбутніх проблем, то можна сказати, що дизельний двигун ще не скоро зникне з нашого життя, і у нього є майбутнє.

Список використаної літератури

1. Armstrong L.V., Proctor C.L. Diesel engine. Definition, Development, Types, & Facts. Britannica. *Britannica: Encyclopedia*. (дата звернення 17.03.2025).
2. Історія дизельних двигунів та їх винахідників: веб-сайт. URL: <https://www.uti.edu/blog/diesel/diesel-engine-history> (дата звернення 17.03.2025).
3. Історія дизельних двигунів: веб-сайт. URL: <https://www.cummins.com/news/2023/04/04/history-diesel-engines> (дата звернення 17.03.2025).
4. Модернізовані дизельні двигуни: веб-сайт. URL: https://fernhurstbooks.com/knowledge_centre/244/the_modern_diesel_engine (дата звернення 17.03.2025).
5. Використання дизельного палива - Управління енергетичної інформації США (EIA). Домашня сторінка: веб-сайт. URL: <https://www.eia.gov/energyexplained/diesel-fuel/use-of-diesel.php> (дата звернення 17.03.2025).
6. Майбутнє дизельного палива: чи йде дизель в минуле?: веб-сайт. URL: <https://www.demanddetroit.com/our-company/community/blog/the-future-of-diesel-is-diesel-going-away/> (дата звернення 17.03.2025).

7. Майбутнє двигунів внутрішнього згоряння обіцяє ефективність, зелене паливо - ТТ: веб-сайт. URL: <https://www.ttnews.com/articles/future-combustion-engines> (дата звернення 17.03.2025).

Вадим ШЕВЧУК²²,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ

***Анотація.** У дослідженні розглянуто вплив сільськогосподарської техніки на стан дорожнього покриття, зокрема в умовах інтенсивного використання важкої техніки на сільських і міжміських дорогах України.*

***Ключові слова:** сільськогосподарська техніка, дорожнє покриття, навантаження, деформація, втомне розтріскування, сезонний вплив.*

***Annotation.** The study examines the impact of agricultural machinery on the condition of road surfaces, particularly in conditions of intensive use of heavy machinery on rural and intercity roads in Ukraine.*

***Keywords:** agricultural machinery, road surface, loading, deformation, fatigue cracking, seasonal impact.*

Вступ. Сільське господарство є важливою складовою економіки України, оскільки країна посідає одне з лідируючих місць серед виробників сільськогосподарської продукції в Європі та світі. В аграрному секторі активно використовуються різноманітні види сільськогосподарської техніки, що забезпечує високу ефективність у виконанні робіт на полях [1-3]. Проте інтенсивне використання важкої техніки може призводити до значних змін у стані дорожнього покриття, особливо на сільських та міжміських дорогах.

За останні десять років, зокрема, в Україні спостерігається збільшення використання великих і важких сільськогосподарських машин, таких як трактори, комбайни, самоскиди та інші, що забезпечують високу продуктивність на великих аграрних підприємствах. Однак, внаслідок їх руху по дорогах з низьким класом міцності, спостерігається прискорене руйнування дорожнього покриття. Згідно з даними Державної служби статистики України, протягом останніх років рівень аварійності та пошкодження доріг через важку техніку значно зріс, що ставить питання про необхідність адаптації дорожньої інфраструктури до нових умов експлуатації [1-3].

²²Науковий керівник – Паладійчук Ю.Б., к.т.н, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

Відомо, що пошкодження дорожнього покриття відбувається внаслідок значного навантаження на дороги, що виникає при русі сільськогосподарської техніки. У той час як стандартні вантажівки та легкові автомобілі не завдають серйозної шкоди, техніка, яка має велику вагу та великі габарити, може значно пошкоджувати асфальтне покриття і навіть спричиняти деформацію ґрунтових доріг. Зокрема, трактора та комбайни можуть викликати глибокі ями та тріщини, що знижує не лише якість дорожнього покриття, але й безпеку дорожнього руху.

Останнім часом у вітчизняній науці активно досліджується вплив важкої техніки на стан доріг. Наприклад, дослідження, проведене у 2019 році Національним транспортним університетом України, показало, що рух важких сільськогосподарських машин збільшує навантаження на дорожнє полотно в 3–5 разів порівняно з традиційними транспортними засобами. Враховуючи значні обсяги сільськогосподарської продукції, що транспортується в Україні, ця проблема потребує невідкладного вирішення для збереження дорожньої інфраструктури [1-3].

Виклад основного матеріалу. Дослідження спрямоване на аналіз впливу різних видів важких сільськогосподарських транспортних засобів на міцність і стійкість дорожнього покриття, підтвердили, що завантажені трактори та навантажені зернові візки завдають більше пошкоджень, ніж стандартні одновісні вантажівки масою 18 т [1-3]. З цього приводу було рекомендовано обмежити рух цих видів транспортних засобів на дорогах загального призначення лише у порожньому стані. Дослідження також виявило сезонний ефект пошкодження асфальту, де волога основа та підкладка весняного сезону виявилися основними факторами для руйнування покриття [1-3].

Крім того, вивчили вплив різних типів важкої сільськогосподарської техніки як на гнучкі, так і на жорсткі дорожні покриття. В цьому дослідженні було встановлено, що під час весняного сезону гусеничні транспортні засоби, призначені для створення однакового навантаження на асфальтобетонні та цементобетонні дороги, завдали значно більше навантаження, ніж одновісні напівшини масою 20 т. Обмеження щодо навантажень сільськогосподарських транспортних засобів було прийнято на основі результатів цього дослідження.

Одне із досліджень, мало на меті ретельно планувати та підготувати тестові ділянки на випробувальному полігоні. Перший етап дослідження передбачав проведення обширних польових випробувань для подальших аналізів [1,2].



Рис. 1. Вид зверху тестового випробування.

Тестові секції були побудовані на початку цього дослідження на випробувальному полігоні. На основі опису випробування з впливу навантаження важких сільськогосподарських транспортних засобів на характеристики дорожнього покриття, являють собою «тонкий» шар і «товстий» шар відповідно [2].

На рисунках 1 і 2 показано вид з висоти та деталі поперечного перерізу тестового випробування.

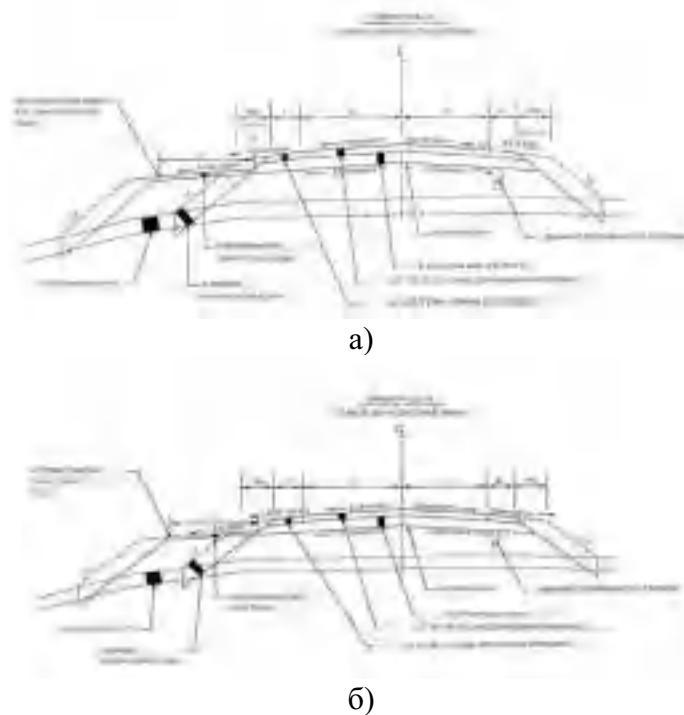


Рис. 2. Вид поперечного перерізу (а) «тонкої» гнучкої секції; (б) «товстої» гнучкої секції.

Таблиця 1. Структура дорожнього покриття гнучкої ділянки дорожнього покриття.

Поверхня	5.5 товстий шар (асфальт з PG58-34)	3.5 товстий шар (асфальт з PG58-34)
База	9 гравій агрегатний	8 гравій агрегатний
Підкладка	А-6 земляне покриття ґрунт (існуючий земляне покриття ґрунт)	Земляне покриття А-6 ґрунт (існуючий земляне покриття ґрунт)

На рисунку 3 показано тестові умови на жорсткій ділянці дорожнього покриття.

Таблиця 2. Структура дорожнього покриття на жорсткій ділянці дорожнього покриття.

Поверхня	7.5 товстий 15 м × 12 м	5 товстий 10 м × 12 м
База	12, Клас-6	1, Клас-1 6, Клас-1
Підкладка	А-6 земляне покриття ґрунт (існуючий земляне покриття ґрунт)	А-6 земляний ґрунт (існуючий земляне покриття ґрунт)

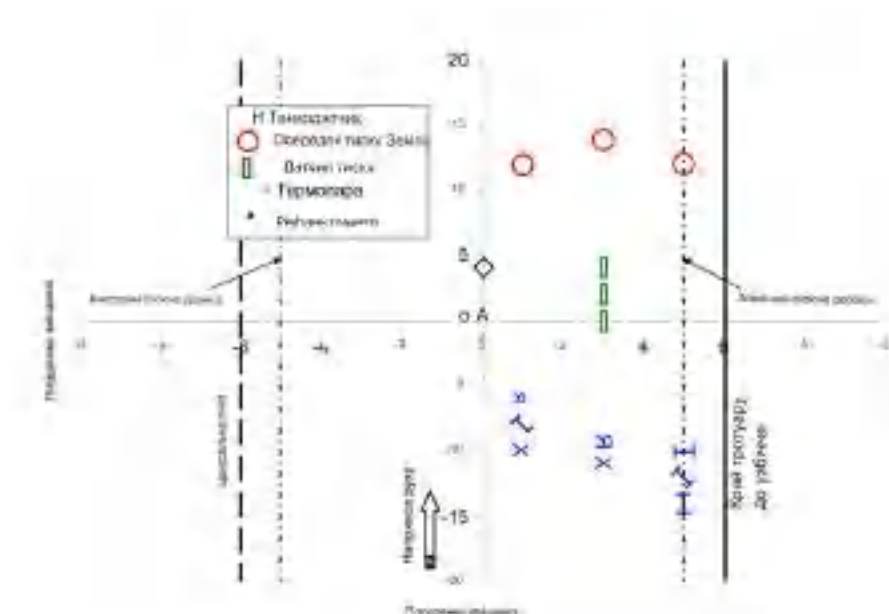


Рис. 3. Тестове виконання умов навантаження на жорсткій ділянці.

Три набори тензодатчиків, які охоплюють кожну смугу. Це було зроблено так, щоб критичні реакції були зафіксовані незалежно від типу конфігурації осі містить важке сільськогосподарське обладнання.

У деяких випадках це призвело до кількох показань деформації за один прохід деякі проходи вражають численністю масивів деформацій. Зовнішній масив колісної траєкторії деформації, який був встановлений на одному метрі від краю тротуару, було прийнято за основне джерело вимірювань [2-4].

Дві матриці тензодатчиків були встановлені на відстані двох метрів одна від одної поперек напрямку руху. Трійка датчиків ґрунтового тиску були встановлені на одній лінії з кожною з матриць тензодатчиків. Як видно на рисунку 4, кожен комплект тензодатчиків мав три орієнтації: поздовжньо, під кутом 45° , і поперечно до напрямку руху [2-4].

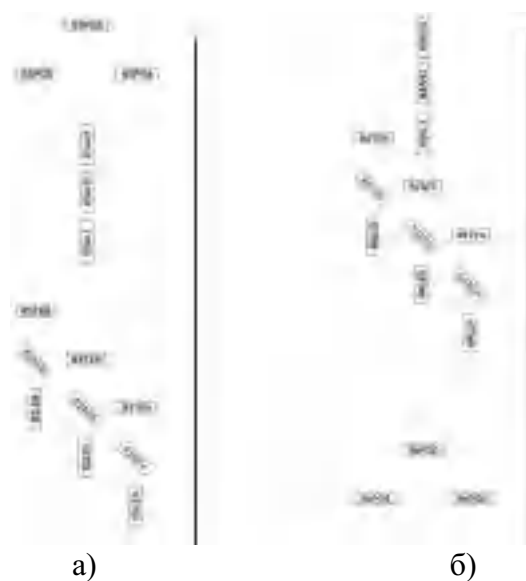


Рис. 4. Розміщення датчиків, позначення на захід по смузі: (а) дослідження №83; (б) дослідження №84.

Між кожним тензометричним датчиком була відстань у два метри поздовжньому, а також поперечному напрямку. Датчики тиску мали відстань у три метри від край тротуару, за яким слідує двометровий поздовжній інтервал між кожним із датчиків [2-4]. Термопару та рефлектometr було встановлено на центральній доріжці з інтервалом у чотири метри між ними поздовжній напрямком.

Для отримання різноманітних даних про кожний транспортний засіб, який проходив, було розроблено систему детального маркування, яка включала в себе різні типи обладнання [2]. Однак основною проблемою було оброблення та збереження великої кількості даних. Для вирішення цієї проблеми створена система маркування для відстеження цих даних.

Ця система маркування включала тензодатчики, які були розташовані в трьох напрямках: вздовж тротуару, під кутом до нього і поперек нього, а також датчики тиску землі. Щоб ідентифікувати їхнє положення, використовувалися цифрові мітки.

Наприклад, тензодатчики в поперечному напрямку на заході були позначені як 4, 5 і 6 (де 4 був найближчим до краю тротуару, а 6 – найближчим до центральної смуги), на сході – як 1, 2 і 3 (де 1 був найближчим до краю тротуару, а 3 – найближчим до центральної смуги).

Датчики тиску вимірювали зміщення в трьох напрямках: два горизонтальних вздовж і поперек тротуару і один вертикальний. Вони були позначені як AL1, AH2 і AV3 відповідно [2,3].

Кожен проїзд транспортного засобу надавав приблизно 20 000 точок даних на кожний датчик, включаючи інформацію про деформацію асфальту, прогин основи та напругу земляного полотна (рис. 5). Для збору цих даних використовувалися системи збору даних з високою швидкістю (1200 Гц) [3].

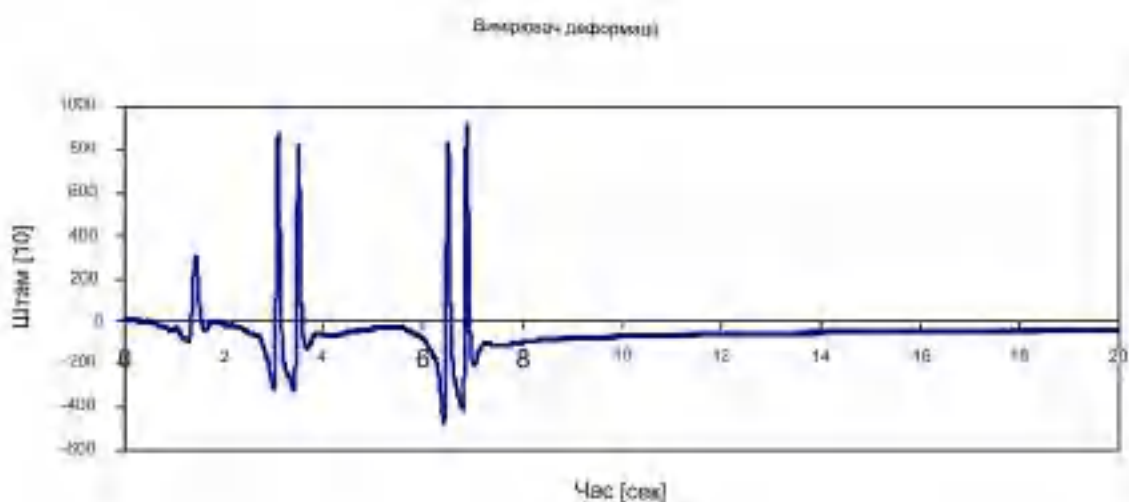


Рис. 5. Приклад хвилі реакції на деформацію.

Ми розглядали сезонний вплив реакції дорожнього покриття, для цього потрібно було створити добре сплановану програму тестування, щоб можна було

перевірити наявні транспортні засоби певний час, щоб зафіксувати якомога ближче до «осіннього» та «весняного сезону» [3-5].

У зв'язку з коливаннями температури та вологості у весняний та осінній періоди року, покриття зазвичай піддається різному рівню пошкоджень. Для того щоб вивчити цей ефект, проводили тестування двічі на рік – у березні та серпні. Тестування, проведені в серпні, розглядалися як осінній період, хоча в окремих випадках, наприклад, серпень може бути дуже спекотним місяцем [3-5]. Проте через обмежену доступність обладнання, це часто було єдиним доступним варіантом, оскільки фермери не завжди мали можливість відволікти своє обладнання протягом інших місяців.

Випробування, які проводилися в березні, відображали весняні умови, коли мерзлі шари в покритті розпочинали танути. Цей процес спричиняв збільшення кількості води, яка залишалася у шарах основи та фундаменту, призводячи до втрати стійкості конструкції покриття [3]. Крім того, для докладнішого вивчення впливу тестування на ранню осінь порівняно з пізньою осінню, було проведено додатковий тестовий сезон у листопаді.

Кожне тестування забезпечувало значну кількість інформації, включаючи вимірювання напруги, деформації та прогину [3,4]. Окрім відповідей, що стосуються руйнування дорожнього покриття, було також отримано конкретну інформацію про перевірені транспортні засоби, зокрема конфігурацію вісей, розміри коліс і масу коліс при різних рівнях навантаження. Система відеофіксації дозволяла реєструвати та аналізувати пошкодження дорожнього покриття. Текстовий сканер, що використовувався в цьому дослідженні, враховував контактний тиск та площу контакту слідів кожного автомобільного колеса для подальшого аналізу [3].

Програма тестування включала різні аспекти транспортних засобів, такі як їхня вага, цільова швидкість, відхилення в русі і тиск у шинах. Розклад випробувань був розроблений таким чином, щоб враховувати певну надмірність в транспортних засобах, що дозволило отримати більш повний і повторюваний набір даних.

Транспортні засоби були протестовані під різними рівнями навантаження, такими як 0%, 25%, 50%, 80% і 100%. Це досягалося за допомогою заповнення резервуарів для гною водою та зернового візка реальним зерном. Для точних вимірювань ваги кожного автомобіля були використані портативні ваги [4-6].

Також транспортні засоби тестувалися на різних швидкостях, включаючи повзання, 5 км/год, 10 км/год і високу швидкість, яка в цьому дослідженні становила від 15 до 25 км/год. У зв'язку з відсутністю дистанції для сповільнення транспортних засобів на кінці випробувальних ділянок, не було можливості протестувати їх при оперативній швидкості.

Для вимірювання зміщення транспортних засобів, лінії на тротуарах служили як точки відліку, і транспортні засоби вирівнювались, намагаючись зберегти відстань в 0, 12 або 24 метрів від цих ліній. Фактичні шляхи, по яких рухалися колеса, визначалися за допомогою відеозапису та аналізу реального руху транспортних засобів. Ваги для вимірювань були замінені на сталеві для

покращення точності результатів [4].

Ще однією поширеною формою пошкодження асфальтобетонного покриття є втомне розтріскування. Зазвичай воно починається в нижній частині асфальтного шару і поширюється вгору до верхньої частини [4]. Втомне розтріскування може виникати внаслідок розтягуючих напруг та деформацій в нижній частині шару асфальту, спричинених навантаженням, що пройшло. Інтенсивність цих напруг і деформацій залежить від розмірів та геометрії навантаження на вісь, а також від особливостей конструкції дорожнього транспорту.

Пошкодження, спричинене втомним розтріскуванням, зазвичай оцінюється як відношення кількості циклів навантаження до критичної кількості циклів навантаження [4,5].

Вимірювання Tekscan використовувалися для визначення впливу навантаження на дорожнє покриття та геометрію слідів шин важкого обладнання. Ми досліджували дві ситуації: перша – піввісь зі стандартним навантаженням на одну вісь, друга – навантаження на половину вісі сільськогосподарської техніки.

Для моделювання стандартної піввісі використовувалися два кругові навантаження з певним тиском [5]. Але для моделювання навантаження на піввісь сільськогосподарського обладнання, використовувалися різні кругові навантаження з різними радіусами, які були знайдені за допомогою програмного забезпечення Tekscan. Кількість коліс, їх радіуси і положення були визначені на основі вимірювань Tekscan.

Важливо зазначити, що в дослідженні ми враховували тільки нормальні напруження, і не враховували зсувні напруження. Ми також забезпечили, щоб тиск навантаження був однаковим для кожного кола, і визначали його, поділяючи величину навантаження на площу сліду [6].

На рисунку 6 представлений слід шини, отриманий за допомогою Tekscan, а також відповідна репрезентація цього сліду як послідовність кругових навантажень.

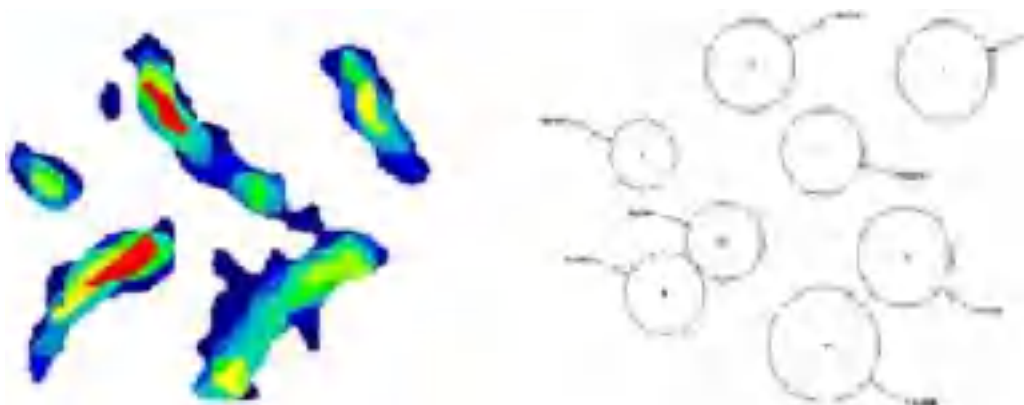


Рис. 6. Відбиток шин Tekscan і представлення кола рівної площі.

Властивості поверхневого покриття мають великий вплив на те, як конструкція реагує на навантаження, такі як напруження, деформація та прогин.

Для точного визначення ступеня пошкодження покриття необхідно враховувати характеристики матеріалів, з яких він складається [6].

У цьому дослідженні розглядалися різні шари, які складаються з асфальту, основи, земельного полотна і твердого основного шару. Базовий шар передбачався з товщиною 12 см, і в нього також може входити верхня частина стиснутого земельного полотна. Глибина земельного полотна до основи може коливатися від 12 до 240 см, а коли відсутній основний шар, глибина земельного полотна до кореневої породи стає ключовою.

Висновки. У результаті проведеного дослідження було визначено, що інтенсивне використання важкої сільськогосподарської техніки значно впливає на стан дорожнього покриття, зокрема на дороги з низьким класом міцності. Виявлено, що рух великих сільськогосподарських машин, таких як трактори, комбайни, та навантажені зернові візки, спричиняє значні пошкодження асфальтобетонних і ґрунтових покриттів, зокрема утворення ям, тріщин і втомного розтріскування. Найбільші пошкодження спостерігаються в умовах весняного сезону через підвищену вологість основи і підкладки, що знижує міцність покриття.

Ключовим результатом дослідження є рекомендації щодо адаптації дорожньої інфраструктури до умов зростаючого використання сільськогосподарських машин, зокрема удосконалення матеріалів покриття, застосування спеціальних покриттів для сільських доріг, а також впровадження обмежень щодо допустимих навантажень техніки на окремих ділянках доріг.

Список використаної літератури

1. Організаційні форми використання сільськогосподарської техніки: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/organizaciyini-formi-vikoristannya-silskogospodarskoyi-tehniki> (дата звернення 24.03.25).
2. Дослідження навантаження на дороги та мости: веб-сайт. URL: <https://trinity-group.com.ua/doslidzhennya-navantazhennya-na-dorogy-ta-mosty/> (дата звернення 24.03.25).
3. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.
4. Супрун Д.Г., Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б. Ремонт машин та обладнання: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2012. 85 с.
5. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І., Войцехівський С.О. Трактори та автомобілі: підручник. Київ: Вища освіта, 2003. 560 с.
6. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Мазур В.А., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві: підручник. Вінниця. 2017. 602 с.

Володимир ШКУТА²³,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ГІДРАВЛІЧНИМИ МЕХАНІЗМАМИ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ

***Анотація.** У статті досліджено принципи роботи та конструкцію гідравлічних систем, їхні ключові компоненти, а також переваги використання в сільськогосподарській техніці.*

***Ключові слова:** гідравлічна система, гідронасос, трактор, тиск, робоча рідина, об'ємний привід, насос-дозатор, технічне обслуговування.*

***Annotation.** The article examines the principles of operation and design of hydraulic systems, their key components, and the advantages of using them in agricultural machinery.*

***Key words:** hydraulic system, hydraulic pump, tractor, pressure, working fluid, positive displacement drive, metering pump, maintenance.*

Вступ. Застосування гідравлічного обладнання реалізовано у багатьох сферах господарства та промисловості. Ці системи зменшують людські зусилля, необхідні ефективної роботи виробництва, і навіть не вимагають особливих умов використання.

Гідравліка працює за принципом перетворення енергії рідини під час тиску на неї в механічну – після цього її можна передати на ключові вузли різної техніки[1-4].

Робота гідравлічної системи побудована на застосуванні тиску до різних рідин, внаслідок чого вивільняється механічна енергія. Ця енергія має потужність для забезпечення роботи складних підйомних або обертальних механізмів, так і для роботи простих інструментів.

Таким чином, техніка з меншими зусиллями може виконувати більший обсяг роботи. Системи гідравліки прості за конструкцією, мають велику зручність у використанні порівняно з іншими механізмами, а вироблюваної потужності достатньо, щоб забезпечити стабільну роботу практично будь-якого апарату [1,2].

Гідравліка відрізняється своєю стійкістю до зношування при тривалій роботі. Ця техніка не вимагає особливих умов для середовища, в якому використовується, а її обслуговування нерідко дешевше, ніж для аналогічних пневматичних або електричних механізмів [1,2].

Використання якісних витратних матеріалів та дотримання простих правил

²³Науковий керівник – Паладійчук Ю.Б., к.т.н, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу

експлуатації та обслуговування продовжить роботу такої техніки і вона зможе безперебійно працювати роками.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день, гідравлічна система широко встановлюється на різних видів техніки, оскільки вона є важливою системою, необхідною для їх нормального функціонування [1-5]. Кожен з її компонентів, а також система в цілому, виконує основну функцію – відбирає частину сили обертання від основного двигуна, перетворює її на робочу енергію рідинних потоків і направляє її до виконавчих механізмів та навісного обладнання (рис. 1).



Рис. 1. Гідравлічна система.

Гідравлічна система керування складається з численних компонентів та агрегатів, включаючи [1-3]: подвійну регульовану помпу з підсумовуючим регулятором потужності; клапанний блок; розподільну апаратуру; гідравлічний мотор; гідроциліндр; фільтруючі елементи; колектор; резервуар для робочої рідини; гідравлічні трубопроводи; з'єднувачі, фітинги та кріплення.

Гідравліка на тракторах може бути оснащена двома типами систем: динамічною та об'ємною [1-3]. Динамічну систему використовують дуже рідко через її складну конструкцію, низьку можливість ремонту і великі розміри компонентів. В Україні найчастіше трактори обладнують системою об'ємного типу, де велике значення має тиск.

Система об'ємного гідроприводу має більш компактні розміри порівняно з динамічною системою, але має обмежену швидкість переміщення рідини всередині [1-3]. Для її нормальної роботи потрібна апаратура, яка здатна опрацьовувати високий тиск до 350 МПа. Робочі камери гідравлічного насоса та двигуна чергуються, наповнюючись гідравлічною рідиною та випихаючи її під високим тиском [1-3].

Основна принципова суть роботи гідравлічної системи включає в себе наступні кроки:

1. Приводний дизельний двигун починає обертати вал насосного гідропрістрою, який перетворює механічну енергію на гідравлічну.

2. Рідке середовище рухається по системі трубопроводів та направляється до гідромоторів або гідроциліндрів. Це рідке середовище потрапляє всередину цих механізмів через клапани керування та перетворюється на механічну енергію або забезпечує зворотно-поступальний рух.

3. Після завершення роботи, робоча рідина зливається в гідролінії, повертається назад до резервуару для робочої рідини, і потім цей цикл повторюється.

Для забезпечення нормальної функціональності гідравлічної системи на тракторі дуже важливо дотримуватися наступних умов [1-5]:

1. Доручити проектування і монтаж агрегатів професіоналам, оскільки невірна установка може призвести до некоректної роботи окремих вузлів та всієї гідравлічної системи. Це також може призвести до передчасного зносу та збільшеного споживання ресурсів та зменшення продуктивності.

2. Під час транспортування трактора на робоче місце, важливо використовувати трал замість того, щоб дозволяти йому рухатися самостійно. Це сприяє підтримці та збереженню якості гідравлічної системи.

3. Регулярно проводити технічний огляд і обслуговування відповідно до рекомендацій виробника. Також слід використовувати оригінальні запчастини та якісні робочі рідини для забезпечення оптимальної ефективності гідравліки.

4. Залучати тільки досвідчених фахівців, таких як майстри та оператори, для роботи з гідравлічною системою та дотримуватися рекомендацій та інструкцій щодо умов та режимів роботи.

Щодо можливих несправностей гідросистеми трактора, це може включати такі проблеми [1,2]:

- Витікання рідини в точках з'єднання рідини, які може бути результатом зносу ущільнюючих елементів або недостатньої фіксації з'єднань.

- Високий шум в роботі насоса, який може бути зумовлений кавітацією, неспіввісністю, або зносом муфти та редукторів.

- Утворення пін у резервуарі для робочої рідини, яке може виникнути через недостатній рівень рідини або всмоктуюче повітря.

- Шум під час включення клапанної апаратури, який може бути наслідком розрегулювання, забруднення, або поломок та зносу елементів.

- Помітне зниження швидкості виконання операцій та недостатній натиск робочих елементів, що може бути зумовлене великими витоками рідини, низькою подачею насоса, або розладами у настройці клапана запобігання.

- Перегрів компонентів гідравліки, таких як насоси, циліндри, мотори, розподільники, та робоча рідина, який може бути результатом недостатнього обсягу мастила в системі, засмічення фільтрів, поломок та зносу агрегатів.

Перевірка та підтримка відповідних параметрів роботи гідравлічної системи дуже важлива для забезпечення нормального функціонування трактора та тривалого терміну його служби [1-3]. Тому регулярна перевірка та вимірювання таких параметрів, як тиск рідини, температура робочої рідини, рівень забруднення робочої рідини, рівень шуму та виявлення будь-яких аномалій допомагають забезпечити ефективну роботу гідравлічної системи.

Гідравлічне обладнання — це пристрої, що застосовуються у виробничих сферах. Гідравліку можна зустріти в сільськогосподарській техніці та спецтехніці, а також у будівельних механізмах [1-5]. Апаратура дозволяє досягти ефективного результату з мінімальними витратами зусиль, забезпечуючи

зручність та простоту виконання процесів. Робота таких пристроїв побудована на перетворенні тиску рідини на механічну силу [1-5].

Гідравлічна система представляє собою складну мультикомпонентну систему, і правильний вибір компонентів вимагає врахування різних аспектів:

1. Тиск робочої рідини в системі: Залежно від завдань гідравлічної системи, тиск може досягати значень до 450 бар і навіть більше [2].

2. Пропускна здатність гідросистеми: Важливо враховувати тип гідронасоса, приєднувальні розміри валу та фланця, його робочий об'єм та швидкість обертання [2].

3. Тип гідромотора: Необхідно враховувати приєднувальні розміри валу апаратури та фланця, його робочий об'єм, швидкість обертання та крутний момент [2].

4. Умови експлуатації верстатної гідравліки: Важливо визначити, чи потрібне підігрівання гідравлічного масла або його охолодження. Робоче середовище повинно залишатися в оптимальному діапазоні температур, оскільки занадто холодна або дуже гаряча олія може призвести до втрати властивостей та передчасного зношування гідравлічних компонентів або їх поломки [2].

5. Робоче середовище гідравлічної олії: Перед покупкою гідравлічного обладнання важливо ретельно розглянути тип мастила та його в'язкість. Вибір мастила повинен відповідати рекомендаціям заводу-виробника гідрообладнання. Використання несумісного мастила може спричинити некоректну роботу системи або навіть призвести до її поломки [2].

Таким чином, гідравліка – це складний і важливий аспект у багатьох технічних застосуваннях, і правильний вибір компонентів та дотримання оптимальних умов експлуатації гарантують надійну та ефективну роботу гідравлічної системи.

Сучасний прогрес дозволив використовувати у всій техніці гідравлічні системи, які дозволяють забезпечити надійну роботу системи [2]. Так, машини, які забезпечені гідравлічними системами, мають велику продуктивність, що приносить власнику більший прибуток.

Гідроагрегати призначені для керування роботою гідроприводу за рахунок впливу на потік рідини зі зміною напрямку його руху, тиску чи витрати. Для конструкції будь-якого гідроагрегата характерна наявність запірною чи запірно-регулюючого пристрою, що по конструкції може бути золотниковим, крановим чи клапанним [2,3]. По способу зовнішнього впливу на запірно-регулюючі елементи гідроагрегати підрозділяються на: регульовані, коли розмір робочого перетину для проходження рідини можна змінити в процесі роботи агрегата, чи настрійкою [2,3]. До регулюючого відносяться клапани тиску (напірні, редукційні й ін.), регулятори витрати, дроселюючі розподільники, дроселі і т.п. По способу приєднання розрізняють гідроагрегати трубного приєднання, стикові, модульні і що вбудовуються.

Гідравлічні насоси, передусім, використовуються для перетворення механічної енергії на гідравлічну [2-6]. Сьогодні існує безліч типів, моделей та конструкцій гідравлічних насосів, але всі вони служать одній меті – витісненню

рідини. Усі ці насоси відносяться до об'ємних, оскільки вони використовують принцип витіснення. Під час роботи насоса утворюються ізольовані камери всередині, і саме в цих камерах робоча рідина переміщується з області всмоктування до області нагнітання. Цей принцип дозволяє насосу працювати при високому тиску в гідравлічній системі (рис. 2) [2-6].



Рис. 2. Насос-дозатор.

Насос-дозатор – це гідравлічний вузол, який часто використовується в рульових механізмах різної спецтехніки. Він забезпечує пропорційне подання робочої рідини безпосередньо на гідроциліндр керування, спрощуючи роботу оператора та зменшуючи зусилля, які потрібні для управління рульовим механізмом [2-6]. Робочий принцип насоса-дозатора полягає в тому, що поршень виштовхує рідину під тиском в спеціальну камеру для дозування, а при поверненні всмоктує нову дозу рідини. Розмір дози може бути регульованим за допомогою спеціальної шкали, що дозволяє точно налаштувати обсяг і дозування [2-6]. Насоси-дозатори дозволяють регулювати подачу рідини залежно від потреб.

Існують кілька видів насосів-дозаторів (рис. 3.)



Рис. 3. Насоси дозатори: а) плунжерний; б) мембранний.

1. Плунжерні насоси: відзначаються високою продуктивністю та швидкістю роботи, здатністю перекачувати великі об'єми рідини (до 1000 літрів на годину), компактними розмірами та невеликою вагою. Підходять для застосування в польових умовах і вимагають мінімального обслуговування.

2. Мембранні насоси: працюють від стиснутого повітря і відрізняються високою продуктивністю та економічністю. Їх часто використовують для водоочищення та на великих підприємствах. Вони не потребують електроенергії та мають низький рівень шуму.

При виборі насоса-дозатора важливо враховувати різні фактори, які можуть вплинути на його продуктивність та надійність в роботі [2-6].

Шестерневі насоси також відносяться до об'ємних насосів і використовують принцип примусового зміщення рідини. У цих насосах дві

зубчасті шестерні, одна з яких є веденою, інша – ведучою [2-6]. Вони створюють розрідження у зоні всмоктування і перекачують рідину в область нагнітання. Шестерневі насоси можуть бути двох типів (рис. 4 а, б):

1. Із внутрішнім типом зачеплення: у цих насосах ведена шестерня розташована всередині провідної і спирається на півмісяць, виконаний із сталі. Вони відзначаються низьким рівнем пульсації та шуму.

2. Із зовнішнім типом зачеплення: ці насоси мають дві зовнішні шестерні, що обертаються і перекачують рідину. Вони відзначаються пульсацією на лінії нагнітання та високою продуктивністю.

3.

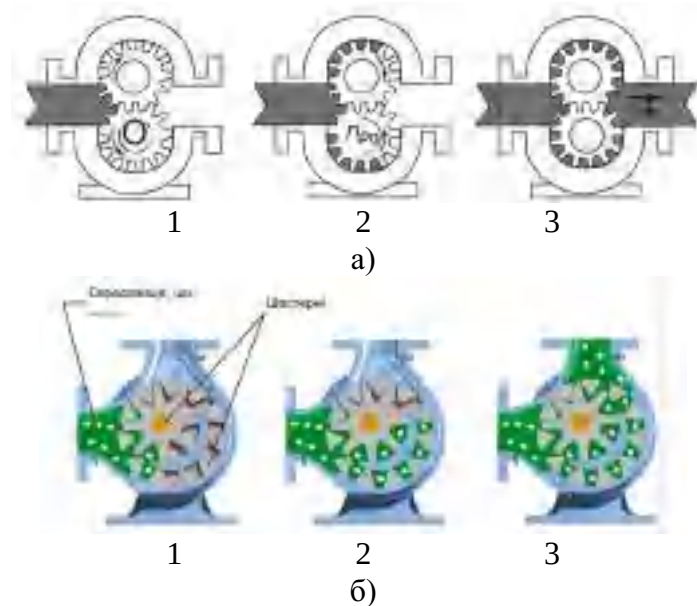


Рис. 4. Схема роботи шестеренного насоса: а) із зовнішнім зачепленням: 1 – початок процесу всмоктування рідкого середовища; 2 – заповнення робочої камери насоса рідким середовищем; 3 – початок процесу нагнітання рідкого середовища; б) з внутрішнім зачепленням: 1 – початок процесу всмоктування рідкого середовища; 2 – заповнення робочої камери насоса рідким середовищем; 3 – початок процесу нагнітання рідкого середовища [4].

При виборі шестерневого насоса важливо враховувати область його застосування та специфікації, що відповідають потребам вашого навантажувача.

Гідравлічний двигун, також відомий як гідродвигун, є гідравлічною машиною, яка перетворює енергію руху рідини в механічну енергію веденої компоненти, такої як вал, шток або інший подібний елемент [2-6].

Залежно від принципу роботи, гідравлічні двигуни можуть бути поділені на дві категорії:

1. Лопатеві (динамічні) гідродвигуни: ці гідравлічні двигуни використовують зміну кількості руху рідини для переміщення веденої компоненти. Ця зміна руху рідини взаємодіє з лопатями або робочими елементами, такими як гідротурбіни або водяні колеса, і призводить до руху веденої ланки (рис. 5).



Рис. 5. Лопатеві (динамічні) гідродвигуни.

2. Об'ємні гідравлічні двигуни: ці двигуни працюють за рахунок гідростатичного тиску, який виникає внаслідок наповнення робочих камер рідиною і переміщення витискачів. Витискач, який може бути виготовлений у вигляді поршня, пластини, зуба шестерні і т. д., безпосередньо виконує роботу під впливом тиску рідини (рис. 6).

3.



Рис. 6. Об'ємні гідравлічні двигуни.

Гідравлічні двигуни знаходять застосування в різних галузях промисловості та техніці, і їх вибір залежить від конкретних вимог і завдань, що стоять перед системою [4-6].

Об'ємні гідродвигуни можна розділити на три групи, враховуючи характер руху їх вихідної ланки:

1. Гідроциліндри: ці гідродвигуни мають зворотно-поступальний рух штока або плунжера як вихідну ланку.

2. Поворотні гідродвигуни: вони мають обмежений зворотно-поворотний рух вала як вихідну ланку.

3. Гідромотори: ці гідродвигуни мають необмежений обертальний рух вала як вихідну ланку.

У гідроциліндра вихідною ланкою є шток або плунжер, у поворотних гідродвигунів і гідромоторів - вал. Об'ємний гідродвигун також може мати вихідною ланкою корпус, якщо шток, плунжер або вал закріплені нерухомо. Робочою ланкою об'ємного гідродвигуна розуміють характерну деталь або групу деталей, що разом з іншими утворюють робочу камеру і рухають вихідну ланку об'ємного гідродвигуна [4-7].

Однією з відмінностей між об'ємним гідродвигуном і гідродинамічним є високий тиск в гідросистемах об'ємних гідродвигунів. Наприклад, номінальні тиски в гідросистемах екскаваторів можуть сягати 32 МПа, а в окремих випадках робочий тиск може бути навіть більшим за 300 МПа [5-7].

Залежно від форми робочих органів об'ємні гідродвигуни поділяють на зубчасті, шибєрні і поршневі. Поршневі гідродвигуни поділяються на радіально-поршневі і аксіально-поршневі в залежності від орієнтації осей циліндрів відносно осі ротора. В об'ємних гідравлічних двигунах, таких як гідроциліндри,

що використовуються в гідроприводах машин, переважно використовується олива як робоче середовище [5,6].

Динамічні гідродвигуни використовують кінетичну енергію потоку робочої рідини для створення механічного руху вихідної ланки. Один із прикладів такого двигуна - турбіна, яка використовує струмінь рідини під певним тиском для приведення в рух. У цьому типі гідродвигунів вихідна ланка здійснює обертовий рух [5-7]. Динамічні гідродвигуни використовуються для приводу великих систем, таких як автомобільні трансмісії, тепловози та інші системи великої потужності.

Лопатеві гідродвигуни, такі як гідротурбіни, які використовуються на гідроелектростанціях та в гідравлічних передачах машин, використовують воду як робочу рідину. У цих гідродвигунах рух лопатей спричиняє струмінь води під тиском, і це дозволяє їм генерувати механічну енергію, яка потім використовується для приводу інших механізмів [6,7].

Висновки. Гідравлічні системи широко застосовуються в техніці завдяки їхній ключовій ролі у перетворенні механічної енергії в гідравлічну для роботи виконавчих механізмів і навісного обладнання. Вони складаються з pomp, клапанів, моторів, циліндрів, фільтрів тощо. На тракторах використовуються динамічні та об'ємні системи, причому останні популярніші в Україні через компактність і можливість регулювання високого тиску.

Робота гідросистем включає перетворення енергії насосом, подачу рідини до механізмів і її повернення до резервуара. Для їх ефективності важливо забезпечити правильну установку, регулярне обслуговування, використання якісних матеріалів і дотримання робочих параметрів.

Гідравліка підвищує ефективність, зручність і потужність техніки, роблячи її незамінною у багатьох сферах.

Список використаної літератури

1. Робота гідравлічної системи: веб-сайт. URL: <https://hydromarket.com.ua/ua/a392288-rabota-gidravlicheskoj-sistemy.html> (дата звернення 10.03.2025).
2. Гідравлічне обладнання та інструмент: веб-сайт. URL: <https://hydraulic.ua/gidravlichne-obladnannya/> (дата звернення 15.03.2025).
3. Гідравлічні системи: веб-сайт. URL: <https://zeppelin.ua/spares/hydraulic-systems/> (дата звернення 15.03.2025).
4. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.
5. Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Ящук Є.В. Математичне моделювання гідропривода переведення широкозахватного сільськогосподарського агрегату із транспортного положення у робоче. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2022. № 3 (106). С. 54-63.
6. Веселовська Н. Р., Руткевич В. С., Шаргородський С. А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2019. 283 с.

7. Веселовська Н.Р., Іванов М.І., Руткевич В.С., Шаргородський С.А.
Гідравліка: навчальний посібник. Вінниця. 2019. 222 с.

Владислав ЯСІНСЬКИЙ²⁴,
студент 5-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ НЕСИМЕТРІЄЮ РЕЖИМУ В ЧОТИРИПРОВІДНІЙ ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ЯК ЗАДАЧА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Анотація. *Стаття розглядає керування несиметрією режиму в чотирипровідній електромережі підприємства як задачу багатокритеріальної оптимізації. Несиметрія напруги та струму спричиняє додаткові втрати енергії, знижує ефективність обладнання та якість електропостачання.*

Ключові слова: *керування несиметрією, чотирипровідна мережа, симетруючі пристрої, багатокритеріальна оптимізація, якість електроенергії, енергоефективність.*

Annotation. *The article considers the control of mode asymmetry in a four-wire power network of an enterprise as a multi-criteria optimization problem. Voltage and current asymmetry causes additional energy losses, reduces equipment efficiency and power supply quality.*

Key words: *unbalance control, four-wire network, balancing devices, multi-criteria optimization, power quality, energy efficiency.*

Вступ. Проблема якості електроенергії залишається актуальною, оскільки несиметрія напруги та струму призводить до додаткових втрат, зниження ефективності обладнання та погіршення роботи електромереж. Основними причинами зниження якості електроенергії є характер електричного навантаження та недосконалість параметрів джерела живлення. Вирішення цієї проблеми можливе двома шляхами: місцевим впливом на навантаження та корекцією параметрів у точці живлення.

Один із підходів – застосування трифазних несиметричних установок поперечної компенсації (оптимізуючих пристроїв, ОП), які використовують реактивні елементи (ємність, індуктивність) та підключаються до мережі за схемою «зірка» або «трикутник». Визначення параметрів ОП є ключовим завданням для досягнення симетрії системи.

Виклад основного матеріалу. Несиметрія режиму роботи трифазної системи супроводжується появою складових струмів та напруг зворотної й

²⁴Науковий керівник - Штуць А.А., к.т.н., старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

нульової послідовностей, що негативно впливають на електрообладнання. Для їх компенсації застосовуються методи внутрішнього та зовнішнього симетрування. Внутрішнє симетрування передбачає рівномірний розподіл навантаження між фазами, однак не завжди дозволяє досягти повної симетрії. Зовнішнє симетрування базується на застосуванні спеціальних пристроїв, які коригують параметри напруг і струмів.

До основних способів зовнішнього симетрування належать:

- Підключення додаткових опорів – простий, але енерговитратний метод;
- Багатофазні схеми випрямлення – обмежено застосовуються через внесення гармонік у мережу;
- Фазові зрівнювачі – компенсують струми зворотної послідовності, але мають значні габарити та складну конструкцію.

Сучасні методи симетрування спрямовані на компенсацію потужності зворотної та нульової послідовностей, що забезпечує стабільну роботу системи та підвищує енергоефективність електропостачання.

Використання симетруючого [1] ефекту трифазних асинхронних двигунів – застосовують, якщо трифазний двигун приєднано до системи з несиметричним навантаженням. При цьому двигун прагне відновити симетрію системи. Для такого випадку справедливий вираз:

$$\varepsilon_u = \frac{U''}{U'} = \frac{ZZ''_d + Z'_d Z''_d}{ZZ'_d + Z'_d Z''_d} \cdot \frac{U''_H}{U'_H}, \quad (1)$$

де ε_u – коефіцієнт несиметрії;

Z – опір лінії між джерелом живлення і місцем приєднання несиметричного навантаження;

Z'_d, Z''_d – опір двигуна струмам прямої і зворотної послідовностей;

U'_H, U''_H – напруга на навантаженні прямої і зворотної послідовностей.

З наведеного рівняння видно, що асинхронний двигун прагне зменшити несиметрію, оскільки $Z''_d \ll Z'_d$. При цьому струми зворотної послідовності, обумовлені навантаженням і двигуном, мають практично протилежні знаки:

$$-\frac{I''_H}{I'_d} = \frac{Z''_d}{Z} + 1. \quad (2)$$

У сумі вони зменшують результуючий струм зворотної послідовності в лінії. Максимальний симетруючий ефект створюють двигуни з мінімальним опором зворотної послідовності. З наведених вище рівнянь видно, що при $Z''_d \rightarrow 0$ несиметрія напруг і струмів також прагне до нуля.

Недолік цього способу полягає в тому, що асинхронні двигуни повинні працювати зі значним недовантаженням, бо в іншому випадку вони можуть вийти з ладу внаслідок перегріву.

Як один із способів пропонується також симетрування за допомогою введення системи додаткових ЕРС для зниження несиметрії. Тут вводиться система додаткових ЕРС, що може бути отримана або за рахунок пофазної різниці в коефіцієнтах трансформації, або за рахунок спадання напруги від струмів навантаження в пофазно різних додаткових опорах. Цей метод

застосовується найчастіше для компенсації повздовжньої несиметрії.

Розглянемо більш детально керований пристрій із симетрувальними елементами, що підключаються до лінійних напруг.

До складу керованих симетрувальних пристроїв, які використовуються в чотирипровідних електричних мережах 0,4 кВ і можуть бути застосовані в системі електропостачання підприємства «ТОВ», входять симетрувальні елементи, що включаються до лінійних напруг (рис. 1).

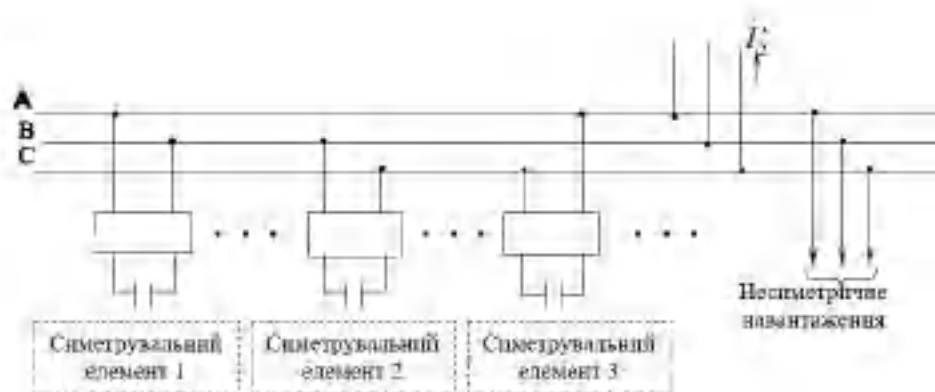


Рис. 1. Схема СП із симетрувальними елементами, що підключаються до лінійних напруг.

Симетрувальні елементи, які підключаються до лінійних напруг, здійснюють вплив лише на режим зворотної послідовності і відповідно на реактивну потужність, тому в основному використовуються у трипровідних мережах. Вони використовуються для вирішення задач покращення якості електроенергії і проблем забезпечення місцевих балансів реактивної потужності в системах електропостачання.

У [2] відмічено, що потенційні можливості оптимізаційних структур на основі силових реактивних елементів такі, що вони можуть забезпечити ліквідацію практично будь-яких відхилень показників якості електроенергії, що особливо стосується компенсації симетричних складових зворотної послідовності. Геометричну інтерпретацію викладеного можна проілюструвати рисунками (2, 3).

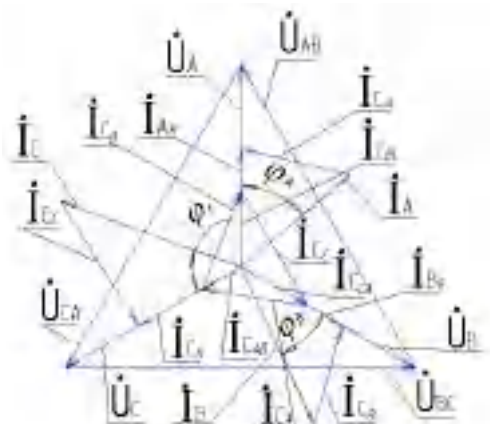


Рис. 2. Усушення амплітудної та фазної несиметрії.

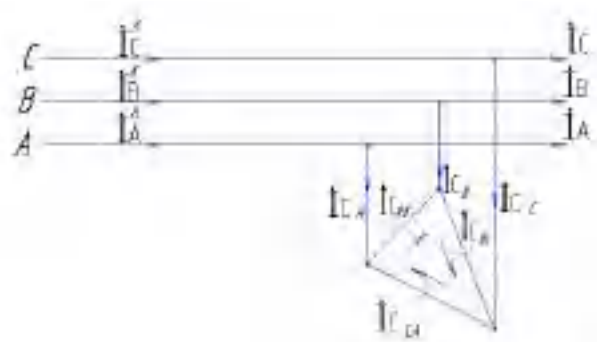


Рис. 3. Пристрій для усунення амплітудної та фазної несиметрії.

При використанні таких пристроїв у чотирипровідних мережах слід мати на увазі, що вони мають вплив лише на струм зворотної послідовності, тому в такому випадку необхідне використання додатково симетрувальних елементів, які б могли зменшувати струм I_0 , який сприяє виникненню різних відхилень фазних напруг у електроприймачів, неправильній роботі деяких кіл релейного захисту, збільшенню втрат активної потужності в елементах мережі і більшою мірою впливає на якість електричної енергії у чотирипровідній мережі. Розглянемо математичну модель [10] керування несиметрією в чотирипровідній електричній мережі. Її розв'язання ґрунтується на методах математичного програмування, що передбачає визначення критерію ефективності, врахування технічних обмежень і формування відповідної математичної моделі. Задача керування несиметрією режиму в чотирипровідній електричній мережі належить до класу оптимізаційних.

Критерій ефективності – це кількісний показник, який дозволяє порівнювати варіанти розв'язку та відбирати найоптимальніший. Вибір критерію може бути суб'єктивним, але завжди можливо визначити пріоритети та зосередитися на найважливішому показнику. Оскільки пристрої, що застосовуються для керування несиметрією, впливають на параметри режимів зворотної, нульової та прямої послідовностей, задача є багатокритеріальною. Це потребує комплексного підходу до вибору оптимального способу компенсації та корекції несиметрії в мережі.

Приймати керуючі рішення можна за критеріями: струм зворотної послідовності, напруга зворотної послідовності, струм нульової послідовності, напруга нульової послідовності, реактивна складова струму прямої послідовності (або реактивна потужність), відхилення напруги прямої послідовності, мінімальні значення яких забезпечуються при керуванні. Перераховані критерії у межах однієї системи симетричних складових функціонально пов'язані між собою, наприклад, струм та напруга зворотної послідовності. Зменшення значень всіх згаданих критеріїв супроводжується зменшенням активних втрат потужності в мережах живлення – ΔP_Σ :

$$\Delta P_\Sigma = \Delta P_2 + \Delta P_0 + \Delta P_Q, \quad (3)$$

де ΔP_2 , ΔP_0 , ΔP_Q – додаткові втрати активної потужності, зумовлені

відповідно режимами зворотної, нульової послідовностей і реактивною потужністю.

Перераховані складові втрат активної потужності можна прокоментувати таким чином:

- протікання струмів зворотної послідовності викликає додаткові втрати активної потужності, які визначаються за аналітичним виразом:

$$\Delta P_2 = 3 \cdot I_2^2 \cdot r, \quad (4)$$

де I_2 - струм зворотної послідовності, що генерується навантаженням;

r - опір фази лінії живлення;

- активні втрати, спричинені струмом нульової послідовності, якщо припустити, що опір фазного і нульового проводу однаковий, визначаються як сума втрат активної потужності в фазних провідниках від струму I_0 та в нульовому провіднику від струму $3I_0$ за такою формулою:

$$\Delta P_0 = I_0^2 \cdot r + I_0^2 \cdot r + I_0^2 \cdot r + (3 \cdot I_0)^2 \cdot r = 12 \cdot I_0^2 \cdot r, \quad (5)$$

де I_0 - струм нульової послідовності, що генерується навантаженням;

- активні втрати ΔP_Q спричиняються реактивними навантаженнями, що протікають по лінії живлення і дорівнюють:

$$\Delta P_Q = \frac{Q^2}{U^2} \cdot r, \quad (6)$$

де Q - величина реактивної потужності, що протікає по лінії живлення споживачів;

U - номінальна напруга мережі живлення.

Зважаючи на вищевикладене, можна стверджувати, що найбільш інтегральним критерієм ефективності є величина ΔP_Σ .

Математична модель має містити також систему обмежень, що вказує на можливі стани “включено” або “відключено” кожного вимикача СП. Такий опис, наприклад, для i -ого вимикача можна зробити якщо ввести булеву змінну x_i , $x_i = 1 \forall 0$, прийнявши, що якщо $x_i = 1$, то i -ий вимикач знаходиться у включеному стані, якщо ж $x_i = 0$, то він виключений.

СП окрім безпосередньої функції симетрування режиму виконують роль джерела реактивної потужності. Тому для задачі, що розглядається, серед можливих технічних обмежень має бути обмеження на величину реактивної потужності. Якщо допускається повна компенсація реактивних навантажень, то дане технічне обмеження має такий аналітичний вигляд:

$$Q' - \sum_{i=1}^n \Delta Q_i \cdot x_i \geq 0 \quad (7)$$

Зазначеним вище умовам буде відповідати така математична модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta P' - \sum_{i=1}^n \delta \Delta P_{\Sigma i} \cdot x_i \rightarrow \min \\ x_i + \bar{x}_i = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ Q' - \sum_{i=1}^n \Delta Q_i \cdot x_i \geq 0 \\ x_i; \bar{x}_i = 1 \forall 0, \end{array} \right. \quad (8)$$

Цільова функція запропонованої математичної моделі вимагає знаходження таких значень для x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, яким відповідають мінімальні сумарні втрати активної потужності в електричній мережі. Перше із обмежень математичної моделі вказує на можливі стани кожної із секцій: “включено” або “відключено”, а друге – встановлює допустиме значення на реактивну потужність вузла навантаження (в даному випадку допускається повна її компенсація, але виключається можливість появи зворотних перетоків від вузла навантаження у живильну мережу).

Подібний підхід розглядається авторами робіт [3,9] і адаптується нами для системи електропостачання певного підприємства.

Висновки. У ході дослідження проаналізовано проблему несиметрії електричних режимів у чотирипровідних мережах та методи її усунення. Несиметрія напруг і струмів призводить до додаткових втрат енергії, зниження надійності роботи обладнання та негативного впливу на якість електроенергії.

Ефективне керування несиметричними режимами потребує застосування симетруючих пристроїв (СП), які дозволяють зменшити вплив зворотної та нульової послідовностей, а також оптимізувати розподіл потужності в мережі. Важливим завданням є розробка математичних моделей і методів керування, що забезпечують мінімізацію втрат та підвищення енергоефективності системи.

Оперативне керування несиметрією в чотирипровідних електричних мережах є практично необхідним. Для симетрування режимів симетруючі пристрої (СП) повинні містити елементи, що підключаються як до лінійних, так і до фазних напруг, забезпечуючи необхідні керовані впливи на параметри зворотної та нульової послідовностей.

Генерація реактивної потужності є неминучим наслідком увімкнення симетруючих елементів СП, що впливає на баланс потужності в мережі.

Симетрування режиму зменшує струми та реактивну потужність, що, у свою чергу, сприяє зниженню сумарних додаткових втрат активної потужності та енергії, підвищуючи ефективність роботи електричних мереж.

Багатокритеріальна оптимізація є доцільним підходом до керування несиметрією в мережі, оскільки СП впливають не лише на параметри зворотної і нульової послідовностей, а й на величину реактивної потужності. Оптимізаційним критерієм може бути мінімізація сумарних втрат активної потужності.

Розв'язання задачі оптимального керування можливе за допомогою

методів математичного програмування, проте потребує розробки відповідних математичних моделей і алгоритмів управління.

Список використаної літератури

1. Мокін Б.І. Оптимізація режимів електроспоживання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2016. 152 с.
2. Мокін Б.І., Барчук В.А. Вплив несиметрії режиму на роботу освітлювальних установок зовнішнього освітлення та шляхи зменшення втрат активної потужності від протікання струмів несиметрії: стаття. Вінниця: ВНТУ. 2012. 4 с.
3. Мокін Б.І., Барчук В.А. Нескалярна квадратична цільова функція та алгоритм її мінімізації в задачі керування несиметрією режиму чотирипровідної електричної мережі: стаття. Вінниця: ВНТУ, 2012. 5 с.
4. Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навч. посіб. ВНАУ. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 332 с.
5. Шевченко А.В., Видмиш А.А., Штуць А.А. Геометричне моделювання в задачі трасування лінійних інженерних споруд *Вісник ХНУ. Серія Технічні науки*: науковий журнал. 2020. №1(281). С. 279-285.
6. Штуць А.А., Зозуляк І.А., Балабан Д.С. Аналіз та дослідження методів і засобів діагностики ізоляції електрообладнання. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*: науковий журнал. 2024. Т. 2. № 3 (337). С. 126-136.
7. Штуць А.А., Зозуляк І.А., Григоренко Н.В. Аналіз факторів ризику аварій ліній електропередач обумовлених кліматичними умовами. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*: науковий журнал. 2024. Т. 1. № 3(335). С. 314-325.
8. Мокін Б.І., Мокін О.Б., Базалицький В.П. Оцінка потужності, яка може бути отримана з вітрового потоку, створюваного рухом залізничного потягу: стаття. Вінниця: ВНТУ. 2012. 4 с.
9. Мокін Б.І., Паянок О.А., Бабій С.М. Автоматичне фільтрування вищих гармонік на шинах тягових підстанцій міського електричного транспорту із використанням реакторів з підмагнічуванням: стаття. Вінниця: ВНТУ, 2012. 6 с.
10. Мокін О.Б., Мензул О.М., Мізерний В.М., Мокін Б.І. Математична модель прогнозу рівня кваліфікації, яку отримає кожний студент в результаті освоєння робітничої професії. Частина 1: Формалізація, структуризація і параметризація задачі: посібник. Вінниця: ВНТУ. 2012. 5 с.

Владислав ЮЗЬКО²⁵,
студент 4 курсу,
інженерно-технологічного факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ: YOLOV8N ТА SORT У ДІЇ

***Анотація.** Стаття розглядає розробку інтелектуальної системи моніторингу дорожнього руху на основі нейромережевої моделі YOLOv8n та алгоритму відстеження SORT. Проаналізовано їхню ефективність у реальному часі, можливості ідентифікації транспортних засобів і перспективи впровадження для підвищення безпеки на дорогах.*

***Ключові слова:** розпізнавання автомобілів, YOLOv8n, SORT, відстеження об'єктів, машинне навчання.*

***Annotation.** The article discusses the development of an intelligent traffic monitoring system based on the YOLOv8n neural network model and the SORT tracking algorithm. Their real-time performance, vehicle identification capabilities, and prospects for implementation to improve road safety are analyzed.*

***Key words:** vehicle recognition, YOLOv8n, SORT, object tracking, machine learning.*

Вступ. Системи автоматичного розпізнавання транспортних засобів є важливою складовою сучасних інтелектуальних транспортних систем. Високоточне визначення та відстеження автомобілів відіграє ключову роль у таких застосуваннях, як автоматизовані системи контролю руху, безпека дорожнього руху та управління трафіком. У зв'язку з розвитком глибокого навчання значну популярність здобули моделі на основі згорткових нейронних мереж, зокрема YOLO (You Only Look Once), що забезпечує баланс між швидкістю та точністю детекції.

Для забезпечення безперервного моніторингу транспортних засобів необхідно використовувати ефективний алгоритм відстеження, який дозволяє ідентифікувати один і той самий автомобіль на послідовних кадрах відео. У даній роботі розглянуто використання алгоритму SORT (Simple Online and Realtime Tracking), який базується на фільтрі Калмана для прогнозування положення об'єктів. Також проаналізовано підхід до підготовки даних для навчання моделей та реалізацію системи розпізнавання номерних знаків.

Виклад основного матеріалу. Вибір моделі для розпізнавання автомобілів. Вибірпі дходящої моделі для виявлення об'єктів є ключовим етапом у процесі розробки ефективної системи розпізнавання автомобілів. Ця система

²⁵Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

має бути здатна визначати та відстежувати присутність транспортних засобів у різноманітних умовах, забезпечуючи високу точність та стабільну роботу. З-поміж доступних варіантів моделей було обрано попередньо навчену модель YOLOv8n, базуючись на датасеті COCO. Детальний опис цього вибору, враховуючи конкретні вимоги до розпізнавання автомобілів та переваги моделі YOLOv8n, наведено в цьому підрозділі.

Модель YOLOv8n входить до родини YOLO (You Only Look Once), розробленої з метою оптимального балансу між швидкістю обробки та точністю. Це робить її чудовим варіантом для реалізації в системах, що працюють у режимі реального часу, наприклад, у програмах розпізнавання автомобілів.

Літера «n» у YOLOv8n вказує на «нано», тобто ця конкретна версія моделі оптимізована для забезпечення високої швидкості та продуктивності. В системах розпізнавання автомобілів, що працюють у режимі реального часу, обробка відеопотоків повинна відбуватися надзвичайно оперативно, щоб гарантувати швидку і точну ідентифікацію та відстеження. Легка архітектура YOLOv8n забезпечує її зручність для використання на пристроях з обмеженими обчислювальними ресурсами, таких як вбудовані системи та мобільні пристрої.

Незважаючи на компактні розміри, YOLOv8n демонструє високий рівень точності. Модель розроблена таким чином, щоб ефективно виявляти автомобілі навіть у складних сценаріях, включаючи різноманітні умови освітлення, різні кути огляду та часткові перекриття об'єктів. Навчання на наборі даних COCO ще більше підвищує її надійність, оскільки під час навчання було опрацьовано великий спектр зображень з автомобілями.

Датасет COCO характеризується різноманітністю та включає понад 200 000 зображень із мітками для 80 різних категорій об'єктів. Ця різноманітність гарантує, що модель YOLOv8n добре узагальнюється та може працювати в різних середовищах та умовах, які зустрічаються в реальних додатках. Здатність моделі точно визначати автомобілі буде ефективною в міських, приміських та сільських умовах.

Надійні можливості виявлення YOLOv8n виходять за межі простого визначення наявності автомобілів. Вона також гарантує успішне знаходження автомобілів з використанням обмежувальних рамок (рис. 3.1), що забезпечують точну інформацію про їх місцезнаходження. Це критично важливо для таких додатків, як системи допомоги при паркуванні та інтелектуальне керування дорожнім рухом, де необхідна точна інформація для подальших процесів.

Для створення повної системи розпізнавання авто, потрібно значно більше, ніж просто виявлення транспортних засобів. Ключовим є отримання цих результатів, зберігаючи відповідність об'єктів у всіх кадрах відео. Правильне відстеження об'єктів забезпечує точне стеження за кожним виявленим автомобілем під час його переміщення в зоні видимості камери. Серед багатьох досліджених алгоритмів було обрано SORT (Simple Online and Realtime Tracking).

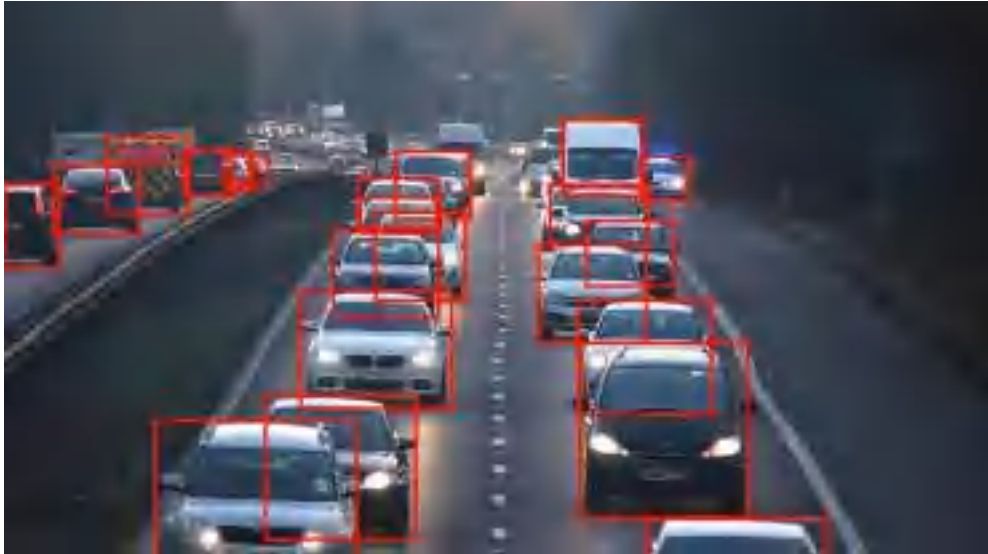


Рис.1. Розпізнавання автомобілів моделлю YOLOv8n.

Вибір алгоритму відстеження об'єктів.

SORT передбачає майбутні позиції об'єктів, що відстежуються, використовуючи фільтр Калмана. Це означає, що навіть у випадках оклюзії, або коли об'єкти тимчасово зникають з поля зору, алгоритм здатний підтримувати точне відстеження. Угорський алгоритм фактично призначає виявлені об'єкти наявним траєкторіям, що дозволяє підтримувати оптимальність призначень пар і гарантує мінімізацію витрат, уникнення неправильного призначення траєкторій.

Як зображено на схемі (рис.3.2), в кожному кадрі автомобілі спочатку виявляються за допомогою YOLOv8n, що генерує відповідні обмежувальні рамки. Ці виявлені рамки передаються в SORT, який ініціалізує нові траєкторії для тих автомобілів, які раніше не були виявлені, або оновлює позиції існуючих траєкторій. Цей послідовний процес сприяє ефективній роботі системи в динамічних середовищах.

Передбачувальні можливості фільтра Калмана, вбудованого в SORT, сприяють збереженню траєкторій транспортних засобів, навіть якщо вони тимчасово закриті іншими об'єктами. Крім того, механізм асоціації даних алгоритму сортує транспортні засоби, які знову з'являються після оклюзії, для забезпечення безперервного та надійного відстеження.

Вибір алгоритму SORT в системі розпізнавання автотранспорту забезпечує гармонійне поєднання простоти, дієвості та стабільності. Його здатність функціонувати у реальному часі, легкість інтеграції та сумісність з моделлю детекції YOLOv8n роблять його оптимальним рішенням для моніторингу автомобілів у відеопотоці. Інтеграція SORT та YOLOv8n сприяє точному та надійному виявленню та відстеженню автотранспорту. Такий вибір гарантує безперебійну роботу системи розпізнавання автомобілів, зберігаючи високу ефективність навіть в умовах динамічного та складного середовища.

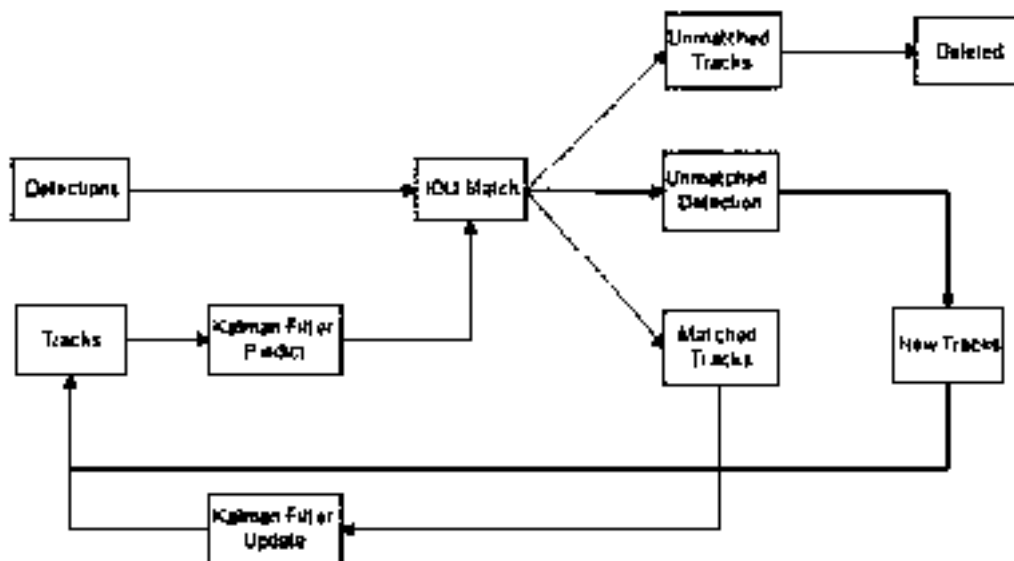


Рис. 2. Процедура відстеження об'єктів алгоритмом SORT.

Втілення моделі і розпізнавання номерних знаків. Огляд спеціального набору даних.

Для досягнення високої точності та ефективності у виявленні номерних знаків була обрана модель YOLOv8n та спеціальний датасет для її навчання. Спеціальний датасет під назвою `resized640_aug3xACCURATE` було взято з онлайн ресурсу «Roboflow». Зважаючи на його опис на сайті, цей набір даних має кілька переваг і може виявитися вдалим вибором для розробки натренованої моделі розпізнавання номерних знаків.

Описаний масив даних структурований через докладний поділ та методику первинної обробки, метою якої є вдосконалення процесу навчання для виявлення об'єктів за допомогою моделі YOLO. Дані розподілено на три частини: навчальний, валідаційний та тестовий набори. Навчальний набір

включає 87% від загального об'єму даних, а саме 21 174 зображення. Це базова підмножина, що застосовується для навчання моделі. Валідаційний набір, що використовується для точної адаптації параметрів моделі та запобігання перенавчанню, містить 8% від масиву даних, тобто 2048 зображень. Завершальний етап – тестовий набір, що критичний для підсумкової оцінки ефективності роботи моделі, нараховує 4% від усіх даних, тобто 1020 зображень.

Етапи попередньої обробки ретельно застосовують для забезпечення однорідності та готовності зображень для моделі (рис. 3.3). Одним з етапів попередньої обробки є автоматичне орієнтування, яке коригує орієнтацію зображень на основі їхніх метаданих, забезпечуючи коректну

орієнтацію. Цей крок допомагає підтримувати сталість у наборі даних. Окрім цього, розмір всіх зображень змінюється шляхом їхнього розтягнення до фіксованого розміру 640x640 пікселів, стандартизуючи вхідний розмір для моделі та полегшуючи пакетну обробку під час навчання.

Для покращення набору даних використано серію методів доповнення. Кожен навчальний приклад помножується на три через різноманітні перетворення для розширення варіативності даних. Виконується горизонтальне

відображення, створюючи дзеркальну копію зображення, що практично подвоює різноманітність даних. Кадрування розширює зображення з мінімальним масштабуванням 0% та максимальним масштабуванням 15%, імітуючи різні розміри об'єктів та кути огляду. Обертання реалізується у межах від -10° до $+10^\circ$, що збільшує різноманітність та робить модель стійкішою до змін орієнтації об'єкта. Зсув незначно спотворює зображення як по горизонталі, так і по вертикалі в межах $\pm 2^\circ$, що допомагає моделі адаптуватися до змін перспективи.

Перетворення у градації сірого застосовується до 10% зображень, покращуючи здатність моделі розпізнавати об'єкти незалежно від кольору. Також здійснюється коригування відтінку, насиченості, яскравості та експозиції, кожне в межах певного діапазону, що імітує різні умови освітлення та налаштування камери. Ці корегування разом підвищують надійність моделі. Гауссове розмиття з радіусом до 0,5 пікселя моделює ситуації незначного розмиття, допомагаючи моделі працювати з різною якістю зображення. Наостанок, збільшення вирізу створює оклюзії, застосовуючи п'ять прямокутників вирізу на зображення, кожен з яких займає 2% від площі зображення. Це змушує модель вчитися визначати об'єкти, навіть якщо частини відсутні, покращуючи здатність до узагальнення різноманітних сценаріїв.



Рис. 3. Зразок модифікованих зображень тренувального набору.

Враховуючи попереднє опрацювання та розширення, сформований масив даних прагне надати багатогранний та вичерпний набір прикладів для навчання. Такий підхід сприяє покращенню здатності моделі узагальнювати та підвищує її стійкість, що робить її більш ефективною у розв'язанні завдань ідентифікації об'єктів у реальному світі.

Висновки. Розглянута комбінація моделей YOLOv8n та алгоритму SORT дозволяє забезпечити високу точність детекції та відстеження транспортних засобів у реальному часі. Проведене дослідження підтвердило ефективність вибору YOLOv8n для розпізнавання автомобілів завдяки її компактності, високій швидкості обробки та точності. Використання SORT забезпечує коректне відстеження транспортних засобів навіть за умов часткової оклюзії та змін позиції об'єкта у кадрі.

Попередня обробка даних, включаючи доповнення та стандартизацію набору зображень, значно підвищила ефективність навчання моделі. Запропонована система може бути використана в задачах інтелектуального

моніторингу дорожнього руху, автоматизованих паркувальних системах та безпеці на дорогах. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на покращення алгоритмів відстеження та інтеграцію розпізнавання номерних знаків у комплексну систему аналізу дорожнього руху.

Список використаної літератури

1. Leonardo ELSAG Automated License Plate Readers (ALPR) and Cameras. Leonardo Home Page. URL: <https://www.leonardocompanyus.com/lpr> (дата звернення 20.03.2025).
2. Brahmbhatt S. Practical OpenCV. Berkeley, CA : Apress, 2013. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6080-6> (date of access: 18.05.2024).
3. OpenCV modules. OpenCV. URL: <https://docs.opencv.org/4.x/> ((дата звернення 20.03.2025).
4. Bose S. Traffic Detection Using OpenCV. SSRN Electronic Journal. 2020. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3604892> (дата звернення 20.03.2025).
5. From Healthcare to Automotive: Exploring OpenCV Applications in 2023. OpenCV. URL: <https://opencv.org/blog/opencv-applications-in2023/> (дата звернення 20.03.2025).
6. OpenCV Tutorial: A Guide to Learn OpenCV in Python. Great Learning Blog: Free Resources what Matters to shape your Career!. URL: <https://www.mygreatlearning.com/blog/opencv-tutorial-inpython/> (дата звернення 20.03.2025).

Vladyslava NAGORYANSKA²⁶,

4th year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

EXPEDIENCY OF USING FLAT-PUNCHED SIEVES IN GRAIN CLEANING MACHINES

Annotation. *The article notes the efficiency of using flat-punched sieves in grain cleaning machines. The analysis of their design features, operating principle. The results obtained can be used to improve technological processes after grain processing and to develop modern equipment for farms and industrial enterprises.*

Keywords: *grain cleaning machines, flat-punched sieves, separation, grain calibration*

Анотація. *У статті відзначається ефективність використання*

²⁶Науковий керівник – Липницький Р.М., асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

плоскопробивних решіт у зерноочисних машинах. Проведено аналіз їх конструктивних особливостей, принципу роботи. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технологічних процесів після збірної обробки зерна та розробки сучасного обладнання для фермерських і промислових господарств.

Ключові слова: зерноочисні машини, плоскі перфоровані решета, сепарація, калібрування зерна.

Introduction. Efficient grain cleaning is one of the key stages after the prefabrication process, which affects the quality of the final product and the profitability of production. Modern grain cleaning machines are equipped with all types of sieves that ensure the removal of impurities and calibration of grain material. One of the most promising solutions is the use of flat-punched sieves, which are characterised by increased productivity, durability and the ability to more accurately separate grain into certain fractions. This article highlights the specifics of their design, operating principle and advantages over traditional sieves

Presentation of the main material. In a grain cleaning machine, the sieves installed in it perform several operations: they separate large impurities, small impurities and broken grain from the grain material; they divide the grain material into grades; and they calibrate the seeds. That is why several sieves are installed in one grain cleaning machine to perform different operations [1].

Sieves in grain cleaning machines are divided into fractional (B1), spikelet (B2), sowing (B1) and sorting (G1) sieves. The number and arrangement of sieves in the mill depends on the purpose of the machine (preliminary, primary, secondary cleaning, seed sorting, calibration) (Fig. 1). Machines for preliminary and primary cleaning are equipped with sieves for separation of large impurities and under-sowing sieves; in machines for secondary seed cleaning, sorting sieves are also installed; calibration machines have sets of sieves that divide the seed material into fractions with equal seed sizes [1].

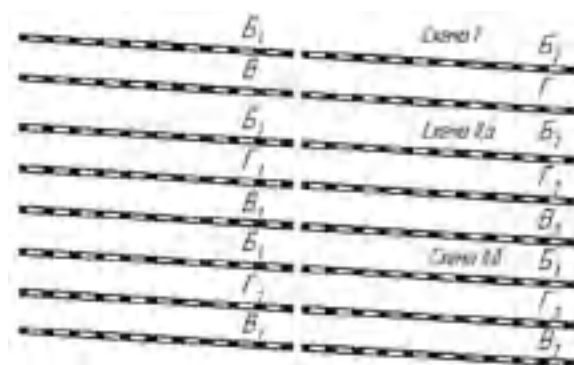


Fig. 1. Technological layouts of sieves in sieve mills of grain cleaning machines.

When choosing and selecting sieves for each tier for a particular crop, according to the relevant selection rules [2], it is necessary to install sieves with different openings of the appropriate size. For example, for wheat, barley, rye, millet and oats, sieves B1, B2 and G1 should have rectangular openings, and sieve V1 should have round

openings

Table 1. Sieve set for the ZVS-20A machine.

Culture	Sieve openings dimensions, mm			
	B_1	B_2	V_1	G_1
Wheat	2,8...3,2	3...4	Ø2...2,5	1,7...2,4
Rye	2,2...2,6	3...3,6	Ø2...2,5	1,5...2
Barley	3...3,6	3,6...5	Ø2,5	2...2,4
Oats	2...2,4	2,6...6,6	Ø2,5	1,7...2
Millet	1,7...2	2...2,4	Ø2	1,5...1,7
Buckwheat	3...4	Ø5...6,5	Ø2,5...3,6	Ø3,6...4

In accordance with the selection rules and the selected technological scheme of sieves arrangement in sieve mills, it is recommended to install sieves with the same type of holes. However, due to the fact that the optimal oscillation frequency of sieves with rectangular and round holes is different, the separation process will not be efficient on the sieve for which the kinematic mode created does not correspond to the optimal one. As a result, the efficiency of the entire grain cleaning machine will decrease.

The efficiency of the separation process is influenced by the design parameters of grain cleaning machines, such as the size and shape of the sieve openings, the angles of inclination of the sieve bodies and their suspensions, as well as the mode-kinematic parameters of the machine: the amplitude and frequency of oscillations of the sieve mill, the speed of movement and the length of the path travelled.[3]

The angle of inclination of the sieve mills affects the efficiency of the separation process. When it decreases, the probability of grains falling into the sieve holes decreases, which leads to the need to increase the oscillation frequency. With an increase in the angle of inclination, conditions may arise for the grain mass to quickly descend from the sieve and incomplete separation of impurities. In modern grain cleaning machines, the angle of inclination is on average 6° ... 8°.

Table 2. Amplitude and frequency parameters of grain cleaning machines.

Make of machine	Oscillation amplitude of the sieve mill, mm	Vibration frequency of the sieve state, Hz.	Angle of inclination of the sieve mill, deg.
ZVS-20A	7,5	6	6
MVO-10	7,5	8,1	6
MVU-100	15	5	6
SVU-5B	7,5	7,8	5
OZS-50	7,5	6	6
SVU-60	15	6	6

An important factor affecting the separation process is the oscillation direction angle, which is determined by the angle between the direction of force of the structural element that is part of the electric drive and the position of the sieve in the sieve body. Higher values of this angle are necessary to improve separation when using sieves with round holes, since in such separation it is necessary to create a mode of throwing the

grain mass to change the oriented position and better passage of grains. The smallest values of the oscillation directional angle are recommended for sieves with oblong rectangular holes, where there is no need to create grain mass tossing.

In the study of grain cleaning machines [4], inequalities in the amplitudes of oscillations of the upper and lower sieve states were found, while the level of these values stated in the technical passport. This fact indicates the inefficiency of the ongoing separation process, as there are deviations of the kinematic parameters of the operating mode from the nominal data of the machines.[5]

Due to the above-mentioned shortcomings of grain cleaning machines and their considerable cost, many agricultural producers, and mostly small farms and private households, refuse to carry out post-harvest processing and store uncleaned grain.

Increasing the productivity of modern grain cleaning machines is accompanied by an increase in their overall dimensions, in particular, an increase in the area of sieve bodies, changes in the kinematic modes of sieve mills, and an increase in the number of sieve mills. All of these measures increase the metal consumption of structures, increase the size and weight of units and, as a result, increase the energy consumption of such machines.

Conclusion. The study results confirm the feasibility of using flat-punched sieves in grain cleaning machines. It has been established that their use can increase the efficiency of the grain material separation process with optimal distribution of fractions and reduction of quality grain losses. The use of sieves with properly selected openings and optimal kinematic parameters reduces energy consumption and increases the productivity of grain cleaning machines.

The analysis of design and performance characteristics showed that current trends in the development of grain cleaning equipment are aimed at increasing its productivity, but this is accompanied by an increase in the overall size and energy consumption of the units. For small and medium-sized farms, compromise solutions are being sought that ensure effective grain cleaning by improving the design of sieves and optimising their kinematic modes of operation.

Further research should be aimed at improving the technological parameters of separation and developing new types of sieves with improved performance characteristics.

References

1. Podpryatov G.I., Rozhko V.I., Skaletska L.F. Technology of storage and processing of crop production: textbook. K. : Agrarian education, 2014. 393 c.
2. Kotov B.I., Stepanenko S.P. Fundamentals of the theory and technology of air separation of grain materials: monograph. Kyiv: CP Print, 2023. 427 c.
3. Theory of grain separation V. P. Olshansky et al. Kharkiv: KHNTUA, 2017. 803 p.
4. Pryshliak V. M., Kovalchuk O. V. Agricultural machines: methodical instructions for performing laboratory work of students of the faculty of agricultural mechanisation: VDAU, 2005. 44 p.
5. Yaroshenko L.V., Zamriy M.A., Kupchuk I.M. Design development and

study of technological parameters of machines for vibration centrifugal-planetary processing. Vibrations in Engineering and Technology. 2020. №2 (97). С. 41-50.

Олександр БАНАХ²⁷,
студент 2 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПІДБОРУ ЯБЛУК З ЗЕМЛІ МЕТОДОМ ЗГРІБАННЯ

***Анотація.** Розглянуто метод підбору яблук із землі за допомогою щітки з вертикальною віссю обертання та ланцюгово-грабельного транспортера. Описано процес переміщення яблук по поверхні ґрунту, їх подальше завантаження в тару через приймальний жолоб.*

***Ключові слова:** підбирач, принципова схема, яблука, згрібання, процес, робочий орган, пальці.*

***Annotation.** The method of picking apples from the ground using a brush with a vertical axis of rotation and a chain-rake conveyor is considered. The process of moving fruits along the soil surface and their subsequent loading into containers through a receiving chute is described.*

***Key words:** picker, schematic diagram, apples, raking, process, working body, fingers.*

Вступ. Підбір яблук з землі є важливим етапом в технології збирання врожаю, особливо для садів, де плоди можуть опадати через пошкодження чи природні фактори, такі як вітер або перезрілість. Один із ефективних методів збору – це згрібання, яке передбачає переміщення яблук по поверхні ґрунту за допомогою спеціальних механізмів [1-3].

Даний метод передбачає переміщення яблук по поверхні ґрунту з подальшим їх завантаженням у тару через приймальний жолоб. Однак для досягнення високої ефективності цього процесу важливо враховувати конструктивні та фізичні аспекти роботи підбирача, такі як тип пальців, які взаємодіють з поверхнею ґрунту, а також характеристики самих яблук. Також необхідно розглядати основні етапи процесу підбору яблук методом згрібання, проаналізувати конструктивні особливості підбирача та вплив різних факторів на ефективність збору плодів [3].

Виклад основного матеріалу. Підбір яблук методом згрібання передбачає переміщення їх по поверхні ґрунту з подальшим переведенням на поверхню

²⁷Науковий керівник – Гунько І.В., к.т.н., професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

приймального жолоба. Підібрані яблука проходять через сепаруючий пристрій і завантажуються у великогабаритну тару. Конструктивна схема підбирача яблук представлена на рис.1, яка обґрунтована в результаті пошукових досліджень. Підбирач являє собою пристрій, що складається з щітки 1 з вертикальною віссю обертання та підбираючого ланцюгово-грабельного транспортер 2 для винесення яблук з пристовбурної смуги. Підбираючий ланцюгово-грабельний транспортер 2 складається з двох нескінченних ланцюгових контурів, з'єднаних між собою граблями.

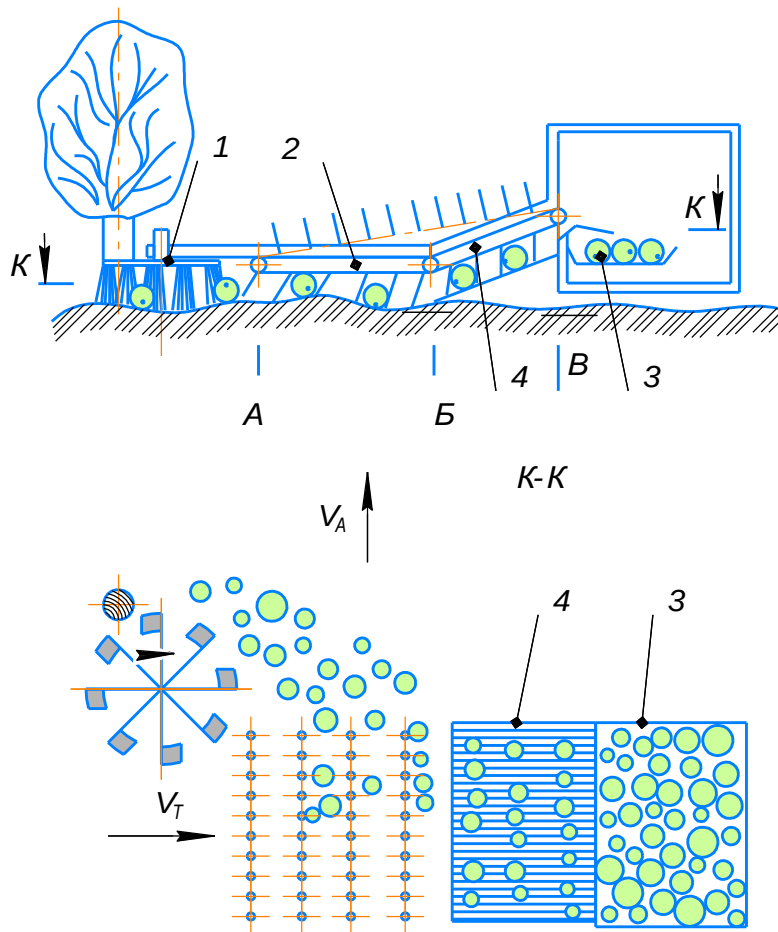


Рис. 1. Принципова схема підбору яблук з землі

Щітка з вертикальною віссю обертання, обробляючи міжстовбурову смугу, виносить яблука в зону дії ланцюгово-грабельного транспортера. Ланцюгово-грабельний транспортер, рухаючись перпендикулярно напрямку руху підбирача на горизонтальній ділянці АБ (рис.1), пересуває яблука по поверхні землі до кромки приймального жолоба 4. Завдяки постійному контакту кромки приймального жолоба з поверхнею ґрунту, яблука відриваються від поверхні ґрунту і по похилій ділянці БС ланцюгово-грабельного транспортера надходять в тару 3. Таким чином, для обґрунтування параметрів підбирача яблук необхідно досліджувати рух плодів в процесі згрібання і обґрунтувати умови переходу їх на поверхню приймального жолоба. Встановлено, що яблука під дією горизонтально рухомих пальців переміщуються по поверхні ґрунту. Характер пересування їх залежить від напрямку і співвідношення діючих на яблуко сил

(рис. 2).

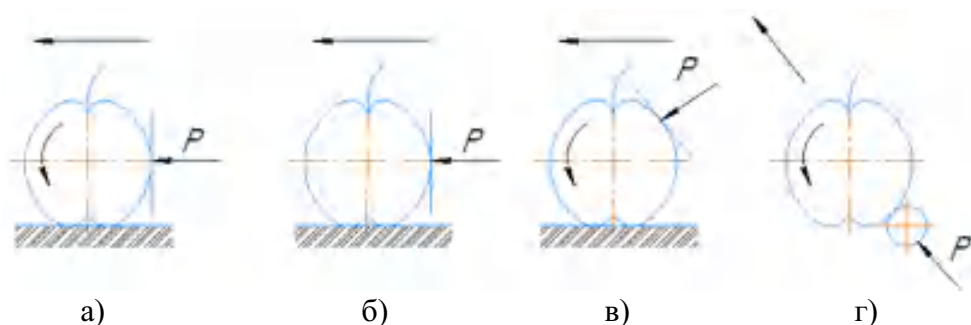


Рис. 2. Способи пересування яблук по поверхні ґрунту: а – кочення з підпором; б – ковзання; в – кочення з защемленням; г – кантуванням.

Напрямок діючих на плід сил в процесі згрібання залежить від конструктивного виконання пальців (рис. 3). Під дією еластичних пальців яблука можуть пересуватися по схемі а, б, в (рис. 2), а під дією шарнірних пальців можливо їх пересування по схемі а, б і г.

Аналізуючи процес пересування яблук під дією еластичних пальців можна замітити, що рух їх по схемі «а» і «б» можливий при вертикальному положенні пальців. В цьому випадку при коченні з підпором (схема «а» рис. 2), яблуко по поверхні ґрунту котиться, а по поверхні пальців ковзає.

Коли опір перекочуванню яблука стає більше, ніж сила тертя її з пальцем, яблуко починає ковзати по землі. Однак з огляду на те, що пальці в процесі згрібання торкаються поверхні ґрунту, то еластичні пальці рухаються у напрямку відхиленому від вертикального положення. У зв'язку з цим, за певних умов, яблуко починає переміщатися по схемі «в».

Розглянемо процес защемлення яблука еластичними пальцями (рис. 3 а). Для цього скористаємося умовою рівноваги круглого тіла, затиснутого між двома поверхнями [4]. Так як сила тертя плода з поверхнею ґрунту більше ніж з поверхнею пальця, то згідно [5] защемлення плода відбудеться при умові:

$$\gamma = 2\varphi_1, \quad (1)$$

де φ_1 – кут тертя плода з поверхнею пальця;

γ – кут між поверхнею ґрунту і дотичною, проведеною в точці контакту з плодом.

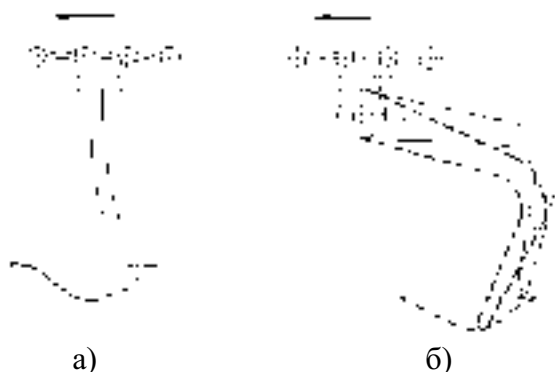


Рис. 3. Конструктивне виконання пальців граблів: а – еластичні пальці; б – шарнірні пальці.

Отже, умова защемлення плода залежить від матеріалу пальців, при цьому кут тертя плода з ґрунтом повинен бути більше, ніж кут тертя плода з пальцем.

Для гумових пальців з кутом тертя рівним $\beta = 35^\circ$, защемлення плодів буде відбуватися при $\gamma = 70^\circ$. З огляду на нерівності поверхні ґрунту, від яких у великій мірі залежить відхилення пальців від вертикального положення, найбільш імовірним способом пересування плодів під дією еластичних пальців є рух яблук за схемою «в» (рис. 2).

Під дією шарнірних пальців, в залежності від конструктивних і кінематичних параметрів граблів, рух яблук можливо за схемою «а» і «гг». Аналізуючи взаємодію шарнірних пальців з плодом (рис. 4 б) бачимо, що характер руху яблук буде залежати від співвідношення кутів α (кут між вектором абсолютної швидкості руху пальців $\bar{V}$ і вектором швидкості ланцюгово-грабельного транспортера $\bar{V}_T$) та ε (кут між вектором $\bar{V}_T$ і нормаллю в точці дотику пальця з плодом); при $\alpha < \varepsilon$ з яблуком взаємодіють два пальця, яблука в цьому випадку рухаються по траєкторії руху пальців двома можливими способами (рис. 2 а і б) - при про $\alpha < \gamma$ яблуко в процесі згрібання постійно контактує з одним пальцем, в цьому випадку, від тангенціальної складової сили взаємодії пальця з яблуком P_T виникає момент, під дією якого яблуко обертається по траєкторії відмінній від траєкторії пальця. Так як кут ε залежить від конструктивних параметрів, то з рис. 4 б випливає наступне співвідношення [5, 6]:

$$\sin \varepsilon = \frac{a}{2(R+r)}, \text{ звідки } \varepsilon = \arcsin \frac{a}{D+d}, \quad (2)$$

де a – відстань між пальцями;

D – діаметр плода;

d – діаметр пальця.

При $\alpha < \varepsilon$ в процесі згрібання можливе скупчення плодів в передній частині ланцюгово-грабельного транспортера. При $\alpha < \varepsilon$ в процесі згрібання відбувається зміщення плодів щодо пальців в напрямку руху агрегату, в результаті чого виключається їх скупчення.

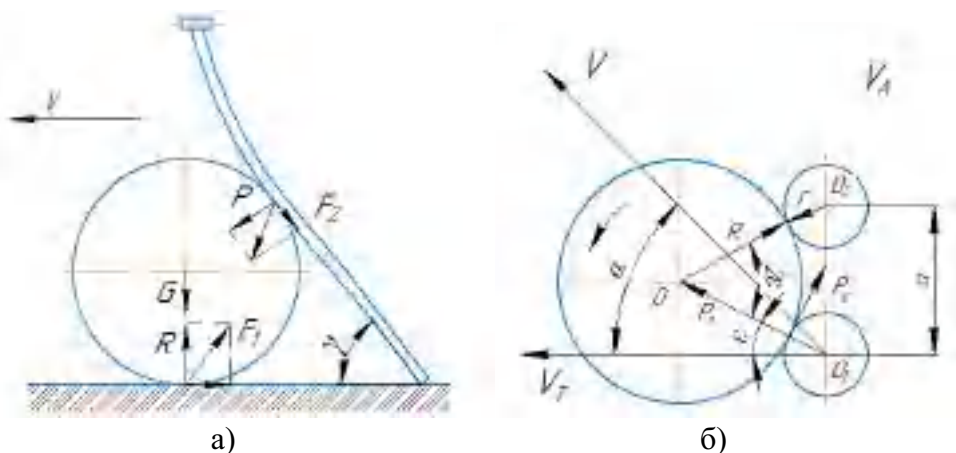


Рис. 4. Схеми до аналізу взаємодії пальців з плодами в процесі згрібання:
а – еластичні пальці; б – шарнірні пальці.

Отже, параметри руху яблук в процесі згрібання під дією еластичних і шарнірних пальців різні. В силу особливостей взаємодії еластичних пальців з плодами вони ефективно можуть згрібати яблука навіть по нерівній поверхні, однак, зі збільшенням щільності розташування плодів, будуть погіршуватись умови їх згрібання, так як в цьому випадку яблука, взаємодіючи один з одним, збільшують опір пересуванню, що в кінцевому рахунку впливає на траєкторію і швидкість пересування їх в процесі згрібання. Так як шарнірні пальці пересувають плоди перед собою, то швидкість руху яблук в напрямку прийомного жолоба буде збігатися зі швидкістю пальців. Щільність розташування плодів при цьому не може впливати на повноту згрібання.

Проведений аналіз процесу підбору показує, що для обґрунтування оптимальних параметрів ланцюгово-грабельного транспортера необхідно досліджувати рух плодів в процесі згрібання обома видами пальців.

Проведений аналіз процесу підбору показує, що для обґрунтування оптимальних параметрів ланцюгово-грабельного транспортера необхідно досліджувати рух плодів в процесі згрібання обома видами пальців.

Дослідження руху яблук в процесі згрібання також дозволяє виявити критичні моменти, що можуть потребувати вдосконалення, зокрема в частині конструкції пальців і механізмів, що взаємодіють з поверхнею ґрунту. Важливим аспектом є також зниження витрат на додаткові операції, такі як сортування і очищення яблук після збору. Це дозволяє зробити процес збирання більш економічно вигідним, особливо в великих садівничих господарствах.

Висновки. Метод підбору яблук з землі за допомогою згрібання є важливою складовою технології збору врожаю в сучасному садівництві. Встановлено, що використання щітки з вертикальною віссю обертання в поєднанні з ланцюгово-грабельним транспортером ефективно забезпечує переміщення яблук по поверхні ґрунту до приймального жолоба, де плоди завантажуються в тару для подальшого зберігання або переробки. Розгляд конструктивних особливостей пальців, що взаємодіють з плодами, показав важливість їх налаштування для забезпечення ефективного і безпечного збору. Оскільки рух яблук по поверхні ґрунту залежить від напрямку і характеру сил, що на них діють, оптимізація цих сил може значно покращити процес збирання, зменшити ризик пошкоджень плодів і підвищити якість кінцевого продукту.

Подальші дослідження в цій галузі повинні бути спрямовані на удосконалення конструкції підбирачів яблук, зокрема на розробку більш ефективних механізмів для оптимізації руху плодів та мінімізації їх пошкоджень. Варто звернути увагу на використання новітніх матеріалів для пальців і транспортерів, що дозволяють зменшити знос та підвищити довговічність обладнання.

Також важливим є розвиток автоматизованих систем для збирання яблук, які включають вдосконалені датчики та алгоритми для точної оцінки стану плодів і ґрунту, що дозволяє оптимізувати процес збору в реальному часі. Впровадження роботизованих технологій, зокрема автономних машин для згрібання, може значно знизити трудові витрати і підвищити ефективність у

великих садах.

Іншим напрямком розвитку є вивчення екологічних аспектів процесу згрібання, зокрема впливу на здоров'я ґрунту і навколишнє середовище. Оскільки метод згрібання передбачає безпосередній контакт яблук із землею, важливо розробити технології, які мінімізують ризик забруднення плодів і підтримують екологічну сталість садів.

Отже, подальше вдосконалення технологій підбору яблук методом згрібання, оптимізація конструкції підбирачів і впровадження автоматизованих рішень відкривають значні можливості для підвищення ефективності та економічної вигідності процесу збору в садівництві.

Список використаної літератури

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Горобей В.П. Актуальні аспекти розвитку механізації дослідних робіт в рослинництві. *Вісник аграрної науки: науковий журнал*. 2016. № 10. С. 5–12.

2. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. *Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки: науковий журнал*. 2012. Вип. 11. Т. 2 (66). С. 8–14.

3. Статистичний бюлетень «Збирання урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України»: веб-сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2017/bl/03/bl_pvzusgk2016_xl.zip (дата звернення 15.03.2025).

4. Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. К.: Вища освіта. 2005. 464 с.

5. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. К. : Агроосвіта. 2015. 678 с.

6. Тищенко С.С., Дубровін В.О., Теслюк В.В., Волянський М.С. Сільськогосподарські машини. Теорія і розрахунок робочих органів машин для поверхневого обробітку ґрунту: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» та «Машинобудування». Київ: ЦП «Компринт». 2015. 158 с.

Сергій ЧЕПІЛЬ²⁸,
студент 5-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛОВИХ ВИТРАТ БУДІВЕЛЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

***Анотація.** У статті розглядаються сучасні енергоефективні технології управління тепловим споживанням будівель, які сприяють зменшенню витрат енергії та поліпшенню комфорту в приміщеннях. Особлива увага приділяється новітнім методам і системам, які використовуються для оптимізації.*

***Ключові слова:** Теплові витрати, ізоляційні матеріали, опалення.*

***Annotation.** The article discusses modern energy-efficient technologies for managing the heat consumption of buildings, which help to reduce energy consumption and improve indoor comfort. Particular attention is paid to the latest methods and systems used to optimize*

***Key words:** heat consumption, insulating materials, heating.*

Вступ. Підвищення ефективності економіки народного господарства нерозривно пов'язане із втіленням в усі його сфери досягнень науково-технічного прогресу, одним з найважливіших елементів якого є автоматизація технологічних процесів. При цьому автоматизацію виробництва не слід розуміти як просте насичення контрольно-вимірювальними приладами існуючих чи проєктованих технологічних процесів. Проблеми технології та автоматизації вирішуються взаємозв'язано.

Виклад основного матеріалу. Широке втілення автоматизації технологічних процесів являється не тільки одним з важливих факторів підвищення продуктивності праці, але і найважливішим засобом підвищення якості продукції, зменшення відходів та енергоємності продукції.

Автоматизація теплових пунктів виконується на підставі типових проєктних рішень, що розроблені спеціалізованими проєктними інститутами з врахуванням досліджень динамічних властивостей об'єкту, раціоналізаторськими пропозиціями та винаходами в цій галузі.

Метою автоматизації теплового пункту за темою дипломного проєкту є розробка проєктної документації, що включатиме в себе функціональну схему автоматизації, та принципові схеми сигналізації, регулювання, живлення, блокування, а також розрахунок забезпечення енергоресурсами системи автоматизації, розрахунок регулюючого органу одного з контурів АСР, розробку

²⁸Науковий керівник – Штуць А.А., к.,т.,н. старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

заходів з безпечної експлуатації об'єкту та системи автоматизації, а також з охорони навколишнього середовища.

Опис технологічного процесу автоматизації. Технологічний процес підігріву води в бойлерній з двохступеневим пароводопідігрівником проходить наступним чином. Вода з зворотної магістралі опалення мережними насосами подається в змійовик теплообмінника першого ступеня I, з нього підігріта до $70...75^{\circ}\text{C}$ вода послідовно проходить до другої секції підігріву, де підігрівається до остаточно регламентованої температури, що дорівнює 90°C [1].

Гріюча пара, що надходить до пароводопідігрівників з тиском 1.5 МПа та температурою 180°C віддає теплову енергію на підігрів води з мережі опалення і в результаті цього конденсується на стінках пароводопідігрівників, звідки стікає і поступає в бак збору конденсату. При досягненні максимального рівня в ньому вмикається насос відбору конденсату і перекачує воду до парогенератора. При досягненні нижнього рівня в бакові збору конденсату насос вимикається. Структурна схема роботи бойлерної показана на рисунку 1.

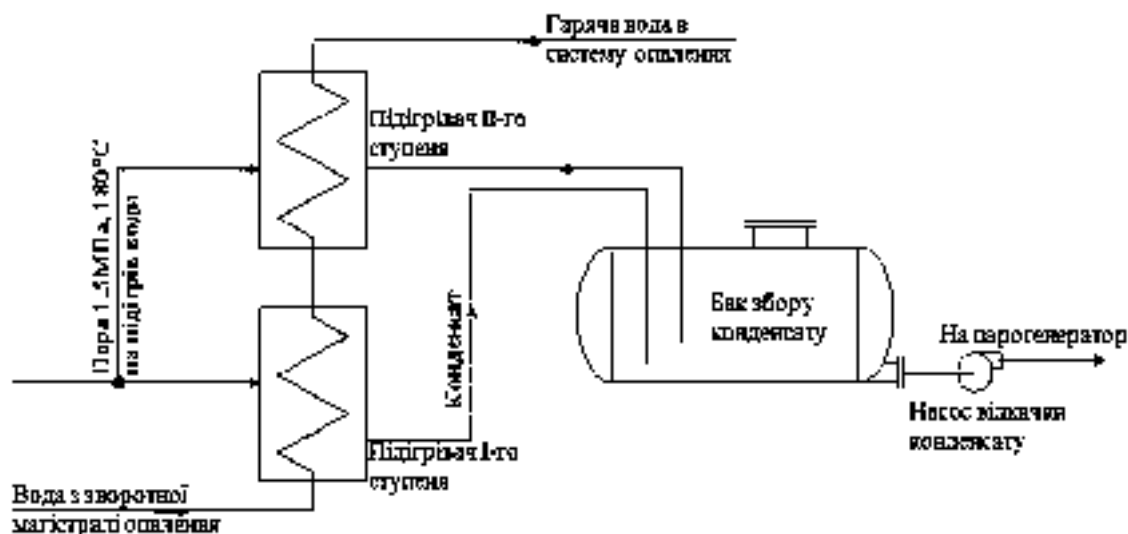


Рис. 1. Структурна схема технологічного процесу пароводопідігріву.

Особливості об'єкту автоматизації та технологічних середовищ. Основною бойлерної, як об'єкту автоматизації, є досить мала ємність підігрівачів по входу-виходу води, що зумовлена внутрішнім об'ємом пучків труб. Це призводить до зменшення запізнення та сталої часу між коливаннями тиску та витрат води на вході та на виході секцій. При послідовному включенні секцій підігріву об'єкт характеризується двома ємностями.

По каналу зміни температурного режиму бойлерної, властивості об'єкту автоматизації характеризуються аперіодичною ланкою другого порядку. На цей канал впливають збурення з боку зміни витрат води на нагрів, а також коливання тиску пари на підігрів.

Об'єкт автоматизації відноситься до категорії вибухобезпечних, а приміщення бойлерної – до приміщень з особливою небезпекою ураження електричним струмом. Відповідно до цього необхідно щит автоматизації

розташовувати в окремому приміщенні, а контрольно-вимірювальні прилади і засоби автоматизації вибирати у вологозахищеному виконанні.

Технологічним середовищем бойлерної є пара, її тиск та температуру вказано в п. 1.1 і 1.2. Вода має густину $\rho = 1 \text{ г/см}^3$, кінематичну в'язкість $\gamma = 3.05 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$ (при температурі 70...90°C).

Вибір параметрів контролю, регулювання, блокування і сигналізації. В якості параметрів регулювання вибираємо найважливіші показники якості роботи бойлерної та безпеки її експлуатації [2].

Оскільки бойлерна призначена для підігріву води до заданої температури, то в якості параметру регулювання вибираємо температуру води на виходах кожної секції підігрівників. Оскільки об'єкт великою сталою часу та значним запізненням по цьому каналу не володіє, то доцільно обмежитись використанням одноконтурної системи регулювання, без визначення інформації про зміну температури в середній точці. Понижена температура води на виході свідчить про недостатню ефективність теплообміну в теплообміннику, а підвищена температура – про зниження витрат живильної води, що може призвести до труб. Регулювання температури води доцільно вести за допомогою зміни витрат пари на підігрівачі.

Іншим важливим параметром регулювання, що характеризує безпечний режим експлуатації котла є тиск пари в колекторі. При пониженні тиску, це призводить до погіршення теплообміну та пониження температури води на виході бойлерної. При підвищеному тиску пари якість теплообміну також погіршується внаслідок втрати частини теплоти разом з конденсатом.

Для контролю ефективності роботи систем регулювання ці ж параметри необхідно вимірювати і відображати оператору на щиті управління. До параметрів контролю слід також додати витрати теплої води на систему опалення, а також рівень води в бакові збору конденсату.

Формулювання задач автоматизації. Автоматизація об'єкту ставить своєю метою оптимізацію параметрів якості роботи бойлерної за умови економії теплоносіїв, електроенергії.

Іншою важливою задачею автоматизації є полегшення умов праці обслуговуючого персоналу за рахунок можливості налагодження параметрів контурів регулювання з окремого щита автоматизації.

Автоматичне підтримання постійного значення тиску пари в колекторі дозволить стабілізувати процес теплообміну з врахуванням максимальної тепловіддачі і мінімальної витрати теплоносія. Автоматичне підтримання температури гарячої води ставить за свою задачу отримання на виході об'єкту води з постійною температурою, як основного показника якості роботи бойлерної.

Остаточна задача автоматизації об'єкту полягає в отриманні економічного ефекту від втілення автоматизації. Економічний ефект буде зумовлений економією теплоносія, а також зменшенням вірогідності виникнення аварійних ситуацій при експлуатації обладнання.

Матеріально-технічні засоби автоматизації. Контролер POL638.70 / DH1 зі стандартною програмою для опалення.

Контролер з вбудованою панеллю оператора.

Конфігурація до трьох первинних контролерів з системою повторного заповнення, до 4-х опалювальних контурів (контурів закачування або змішувальних контурів) і до двох контурів гарячого водопостачання.

Конфігурацію всіх функцій і призначення входів-виходів можна вільно визначити через панель оператора, без необхідності програмування (контролери POL638 ... DH1 поставляються з встановленим додатком для опалення, завантажити інші програми неможливо).

Для розширення входів / виходів контролера до нього можна підключити до 4-х модулів вводу / виводу.

Налагодження та моніторинг через зовнішню панель оператора, WEB-інтерфейс або через комунікацію, за допомогою сервісних програм або SCADA-систем [3].

Розвинені можливості комунікації, вбудовані інтерфейси і зовнішні комунікаційні модулі для: Modbus RTU, Modbus / IP, BACnet IP, WEB-сервера, M-bus.



Рис. 2. Зовнішній вигляд контролера.

Основні параметри базового контролера:

- 8 універсальних входів / виходів (конфігуруються входи / виходи для аналогових або дискретних сигналів);
- 5 дискретних входів (сухі контакти);
- 2 аналогових виходу (DC 0 ... 10 В);
- 6 релейних виходів (НО-контакти);
- інтерфейси: RS-485, RS-232, USB, Process Bus, Ethernet;
- Слот для SD-карти для поновлення програми та завантажувача;
- Харчування AC 24 В або DC 24 В;
- Робоча температура -40 ... 70 ° С.

Модулі розширення.

До 3-х модулів розширення POL955.00 / STD і 1 модуль POL945.00 / STD можуть бути приєднані до базового контролеру. У цьому випадку загальна кількість доступних входів і виходів – 71.

Основні параметри модуля POL955.00 / STD:

- 8 універсальних входів / виходів (конфігуруються входи / виходи, для аналогових або дискретних сигналів);
 - 4 релейних виходу (NO-контакту);
 - 2 аналогових виходу (DC 0 ... 10 В);
 - живлення від контролера.
 - Основні параметри модуля POL945.00 / STD:
 - 4 універсальних входу / виходу (конфігуруються входи / виходи, для аналогових або дискретних сигналів);
 - 4 релейних виходу (NO-контакту);
 - живлення від контролера.
- Панелі оператора (рисунок 3., рисунок 4).



Рис. 3. Знімна панель оператора - POL871.



Рис. 4. Вмонтована панель оператора – POL895.

Додаткові комунікаційні модулі.

- комунікаційний модуль BACnet MSTP - POL904.00;
- комунікаційний модуль BACnet / IP - POL908.00;
- вдосконалений комунікаційний WEB-модуль - POL909.50;
- комунікаційний модуль M-Bus-POL907.00.

Розробка функціональної схеми автоматизації та її опис. Функціональна схема автоматизації приведена на арк.1 графічної частини проекту. Вона працює наступним чином [4].

Розрідження в топці пекарної печі вимірюється дифманометричним перетворювачем (1-1), з якого сигнал поступає через міліамперметр (1-2) на аналоговий вхід перетворювача частоти (1-3). Вихідний сигнал вбудованого ПІ-регулятора перетворювача частоти формує завдання по швидкості обертання

електроприводу димососа. Контур охоплено лінією від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю обертання електроприводу.

Температура гарячої газів вимірюється термоперетворювачем опору (5-1), що підключено до регулятора температури (5-2). Вихідний сигнал регулятора управляє станом трипозиційних реле на базі клемно-блочного з'єднання (5-4), що з'єднано з виконавчим механізмом приводу в рух регулюючого клапану подачі газового палива до пальників. Контур охоплено лінією від'ємного зворотного зв'язку по положенню виконавчого механізму.

Контактні групи елементів приладів контролю тиску газів, наявності полум'я увімкнені через проміжні реле (3-2, 4-2, 6-2) до схеми блокування подачі палива до пальників. Блокування відбувається за допомогою соленоїдного вентиля СВМ-10 (6-3), розташованого на трубопроводі подачі газу до пекарної печі.

Дистанційне управління електроприводами вентилятору та димососу здійснюється за допомогою ключів вибору режиму SA1, SA2 та кнопочних постів SB1, SB2. Для місцевого управління електроприводами вентилятору та димососу використовуються кнопочні пости SB3, SB4. Збір даних про стан проміжних реле, кнопок та перемикачів здійснюється дискретними входами програмованого логічного контролера (ПЛК Twido LMDA20DTK). До додаткової шини цифрового інтерфейсу ПЛК (TWDNOZ485) підключаються також регулятори температури по зонах випічки (3 шт.), перетворювач частоти димососа. Сполучення ПЛК з системою моніторингу здійснюватиметься через вбудований вхід для програмування по кабелю TSXPCX1031-RS232.

Розробка принципів схем автоматизації та їх опис. Принципові схеми автоматизації розроблено у відповідності з функціональною схемою автоматизації, і включають в себе схеми регулювання температури газів і розрідження в топці пекарної печі, схему управління, блокування і сигналізації, схему живлення засобів автоматизації.

Схеми працюють наступним чином.

При спрацюванні одного з контактів електроконтактних манометрів 3-1 або 6-1, або контакту приладу контролю полум'я 4-2 через розмикаючі контакти відповідних реле K2, K3 або K4 та діоди VD1, VD3 чи VD5 буде прикладатися півперіод фазної напруги до обмотки центрального реле сигналізації K1. При цьому реле K1 спрацює і замкне свої контакти в колі дзвінка HA1, іншими контактами воно зашунтує розмикаючі контакти реле K2, K3 або K4 та діоди VD1, VD3 чи VD5 та замкне свої контакти в колі обмоток реле K2, K3 і K4. Через замкнений технологічний контакт 3-1, 6-1 або 4-2, один з діодів VD2, VD4 чи VD6, обмотку реле K2, K3 і K4 та замкнений контакт реле K1 потече струм, який визве спрацювання відповідного реле K2, K3 і K4. Спрацювання реле викличе загорання відповідної сигнальної лампи HL1, HL2 або HL3, а також розмикання кола живлення електромагніту соленоїдного вентиля YA. При розмиканні кола електромагніту його шток буде під дією пружини закривати трубопровід подачі палива до пальників. Кнопка SB1 призначена для перевірки справності схеми сигналізації, а кнопка SB2 – для зняття звукового сигналу. Всі контакти

проміжних реле вмикаються додатково на дискретні входи ПЛК, який своїм виходом Q0.7 дублює дію автоматики безпеки і виконує функцію діагностики через стан реле K1. До виходу Q0.1 ПЛК через проміжне реле підключається магнітний пускач подового транспортера. Схема керування двигуном подового транспортера передбачає ручний та автоматичний режими роботи. Вибір здійснюється за допомогою перемикача SA2, контроль стану якого забезпечується ланкою проміжне реле $\Leftrightarrow$ ПЛК з котушкою управління на 220 В.

Схема управління електродвигуном димососа включає в себе ключі вибору режиму управління (автоматичний з ПІ-регулятором чи ручний) SA1, кнопки ручного керування SB1 ... SB4, а також магнітний пускач KM1. Виміряне значення розрідження в топці пекарної печі за допомогою дифманометричного перетворювача “Сапфір-22ДВ” 2ВР, перетворене в уніфікований струмовий сигнал 0 – 5 мА передається через міліамперметр 2РА типу Ф-1759 на вхід перетворювача частоти [5].

Температура в першій зоні печі, виміряна термоперетворювачем опору ЗВК, поступає у вигляді пасивного сигналу (зміна опору) на входи регулятора температури ЗР 10, 12, 22. При відхиленні температури від заданого значення на одному з виходів регулятора 7, 11 або 9, 11 буде з'являтися імпульс, тривалість якого пропорційна відхиленню температури. Цей імпульс поступає на входи 7, 5 або 9, 5 (залежно від виникаючого відхилення – додатнього чи від'ємного) клемно-блочного з'єднання (КБЗ). При додатному відхиленні температури від заданого значення на виході КБЗ 6 і 8 з'явиться потенціал 220 В, цей потенціал через кінцеві вимикачі виконавчого механізму поступатиме на обмотку L1 двигуна виконавчого механізму що повертатиме вал в сторону закривання регулюючого органу подачі газу до пальників. З реостатного датчика положення виконавчого механізму поступає інформація на входи регулятора 21, 25, 23, замикаючи контур від'ємного зворотного зв'язку за положенням виконавчого механізму. При виникненні від'ємного відхилення буде з'являтися потенціал 220 В на виходах 8 і 10 підсилювача і на обмотці L2, виконавчий механізм повертатиме вал в сторону відкривання подачі газу [6].

Розробка програмного забезпечення системи автоматизації. Програмне забезпечення контролера заблоковане виробником і не доступне для редагування. В проекті проведено розробку ПЗ для вищого рівня системи управління. Середовище Vijeo Citect 7.3 підтримує редактори програмного коду Visual Basic та Cicode. В проекті використовувався редактор Cicode. Нижче наведено фрагменти ПЗ для відпрацювання наступних функцій.

Висновки. В результаті виконання роботи було розроблено та проведено техніко-економічний аналіз ефективності системи управління опаленням та гарячим водопостачанням навчального корпусу з використанням індивідуального теплового пункту. Основними рішеннями по автоматизації об'єкту є використання цифрових регуляторів температури, що дозволяє збільшити точність підтримання теплового режиму, тиску. Для діагностики та дублювання автоматики безпеки, зв'язку пристроїв нижнього рівня з

середовищем візуалізації процесу на ПК вибрано програмований логічний контролер та розроблено програму його функціонування.

Список використаної літератури

1. Мандрика А.С. Енергоефективні технології : навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет. 2021. 330 с.
2. Закладний О.М. Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: навчальний посібник. Київ: Кондор. 2005. 408 с.
3. Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навчальний посібник. Харків: БУРУН і К. 2006. 320 с.
4. Соловей О.І. Енергетичний аудит: навчальний посібник. Черкаси: ЧДТУ. 2005. 299 с.
5. Денисюк П.Л., Бардик Є.І., Вожаков Р.В. Основи проектування теплових та гідравлічних електростанцій: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи. Київ: НТУУ «КПІ». 2012. 66 с.
6. Сивокобиленко В.Ф., Лебедев В.К. Перехідні процеси в системах електропостачання власних потреб електростанцій: навчальний посібник. 2012. 36 с.

Ростислав КРАВЕЦЬ²⁹,

студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТРАНСФОРМАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ: ШЛЯХ ДО ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ТА АВТОНОМНОСТІ

***Анотація.** У статті розглядаються основні тенденції трансформації автомобільної галузі у зв'язку з активним впровадженням електромобілів та безпілотних технологій. Акцент зроблено на перевагах електротранспорту, зокрема на екологічності, економічності та підвищеній безпеці завдяки системам автопілоту.*

***Ключові слова:** електромобіль, безпілотний автомобіль, система керування, система автопілот, швидкість руху, електродвигун.*

***Annotation.** The article examines the main trends in the transformation of the automotive industry in connection with the active implementation of electric vehicles and autonomous driving technologies. Emphasis is placed on the advantages of electric transport, particularly its environmental friendliness, cost-effectiveness, and enhanced*

²⁹Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

safety through autopilot systems.

Keywords: *electric vehicle, autonomous car, control system, autopilot system, driving speed, electric motor.*

Вступ. Натепер майже 80% глобального автомобільного сектору рухається до виключення вуглеводневого пального з подальшим переходом на електрокари та гібриди.

Справжній переворот у царині машинобудування розпочався зі старту продажів першого комерційного преміум-седана Tesla Model S. Автомобілісти відзначили безшумність, динамічність та комфорт нового авто. Проте не лише турбота про довкілля притягує до себе увагу клієнтів. Інноваційна система автопілота, яка допомагає водію на дорозі, є прогресивною не тільки через впровадження сучасних технологій, а й завдяки доведеній безпечності такого транспорту. Система автоматично регулює швидкість, самостійно утримує смугу та дотримується всіх правил дорожнього руху.

Виклад основного матеріалу. За останні роки автомобільна галузь зазнала трансформацій, що перевищують ті, що відбулися за попереднє десятиліття. Сучасна світова індустрія активно шукає альтернативні джерела енергії, щоб замінити вуглеводневе паливо, і електромобіль представляє собою один з ключових варіантів.

Електромобіль - це транспортний засіб, що приводиться в рух електричним двигуном. Нині електромобілі, переважно приватний вид транспорту, використовуються для перевезення людей у містах, лісових зонах та зонах відпочинку. Тобто там, де екологічні аспекти використання транспорту мають найбільше значення.

Україна увійшла до п'ятірки країн з найбільшою динамікою розвитку ринку електромобілів, поступившись Норвегії, Швеції та Ісландії. Протягом останніх дев'яти років загальна кількість електромобілів в Україні, починаючи з нульової позначки, досягла більше 10000 одиниць [1].

Як вже зазначалося, електромобілі обладнані електродвигуном замість двигуна внутрішнього згоряння. Для живлення двигуна електромобіль використовує потужний тяговий акумулятор, який потребує підключення до зарядної станції або розетки. Також, оскільки електромобілі працюють на електриці, їхня конструкція позбавлена таких компонентів, характерних для паливних автомобілів, як паливний насос, магістралі та бак. Типова будова електромобіля представлена на рисунку 1.

У електромобілі додаткова батарея живить допоміжні системи. Зарядний порт дає можливість з'єднати авто з зовнішнім джерелом енергії для заряджання тягової батареї.

Перетворювач постійного струму трансформує постійний струм високої напруги з тягової батареї на постійний струм низької напруги, який потрібен для запуску допоміжних систем авто та заряджання допоміжної батареї.

За допомогою живлення від тягової батареї, електродвигун приводить у рух колеса автомобіля. В деяких моделях використовуються мотор-генератори,

котрі поєднують функції приводу та регенерації енергії.

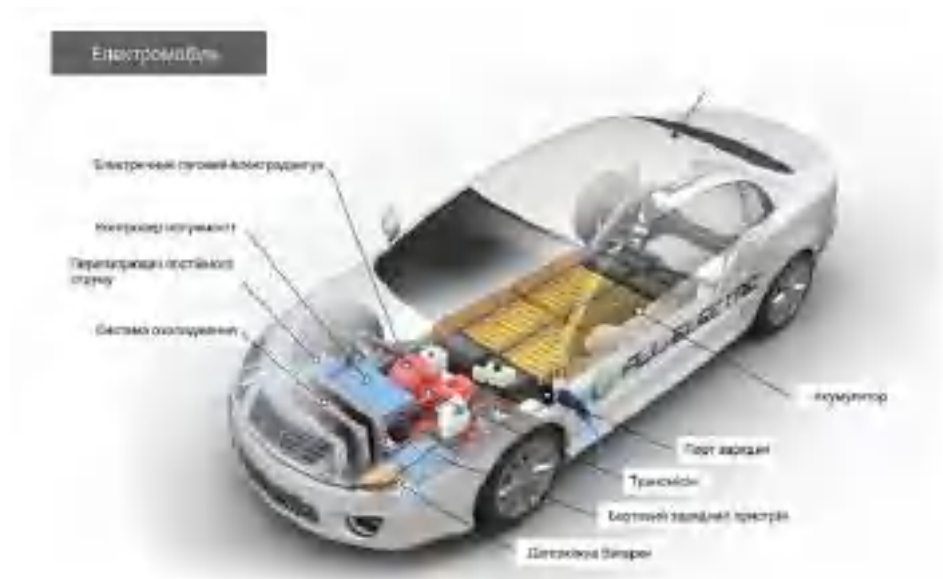


Рис. 1. Схема розміщення ключових елементів електромобіля [2].

Бортовий зарядний пристрій отримує змінний струм через зарядний порт та перетворює його у постійний струм для заряджання тягової батареї. Під час зарядки пристрій контролює параметри акумулятора, такі як напруга, струм, температура та рівень заряду.

Контролер живлення регулює потік електричної енергії, що надходить від акумулятора, керує швидкістю електродвигуна та крутним моментом, який він видає.

Система охолодження підтримує необхідний температурний режим для електродвигуна, силової електроніки та інших вузлів.

Акумулятор зберігає електроенергію для живлення двигуна.

Трансмісія передає механічну потужність від двигуна до приводу коліс.

Основними перевагами електромобілів є:

- зменшення витрат на перевезення вантажів та пасажирів – заряджати автомобіль електрикою значно дешевше, ніж заправляти бензином чи газом;
- ефективніше використання пропускної здатності доріг завдяки централізованому регулюванню транспортним потоком;
- тривалий термін служби – повне зношення акумулятора в електромобілі відбувається значно пізніше, ніж зношується двигун внутрішнього згорання;
- розширення можливостей використання автомобіля для людей з обмеженими можливостями;
- при застосуванні системи автопілоту – мінімізація ДТП та кількості людських жертв у них;
- для безпілотних автомобілів передбачено можливість перевезення вантажів у небезпечних зонах, під час природних та техногенних катастроф або військових дій;

- фінансові пільги для стимулювання розвитку галузі електричного транспорту – у багатьох країнах світу для електромобілів виділяють окрему смугу руху або надають певні знижки при купівлі. В Україні також є відповідний законопроект [3].

Попри велику кількість позитивних аспектів користування електромобілями, є низка певних недоліків, які з часом повинні бути усунені.

Одним з найголовніших мінусів є значна вартість електричних автомобілів. В першу чергу, для забезпечення електрокару енергією на визначений кілометраж шляху використовуються дорогі літій-іонні акумулятори, яких для підтримки та гарантування належного рівня енергії для всіх систем електромобіля потрібно велика кількість. Наприклад, для живлення Tesla Model S застосовуються 15 блоків, де розміщено 6 груп по 74 маленьких елементів у формі циліндричних капсул – літій-іонних комірок Panasonic 18650 вагою 46 грамів. Розташування комірок та блоків представлено на рисунку 2.

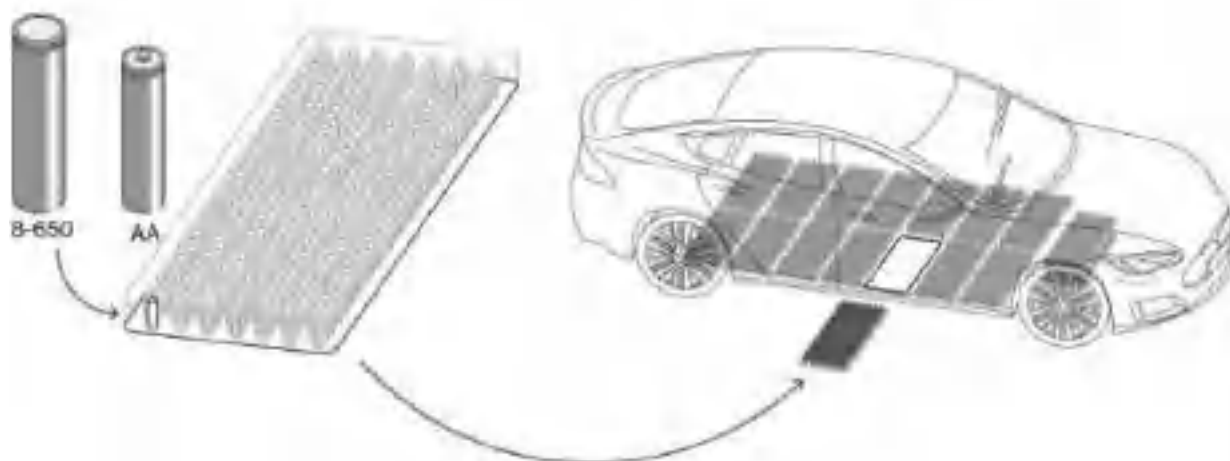


Рис. 2. Використання літій-іонних осередків Panasonic 18650 в автомобілі Tesla Model S [4].

По-друге, для створення передових технологій потрібні значні фінансові впливання.

Що також впливає на початкову вартість автівки. Ще одним недоліком використання електрокарів в Україні є обмежена кількість офіційних дилерських центрів та сервісних точок.

Але все ж таки в електромобілях є беззаперечні переваги над автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння:

- електродвигуни мають вищий коефіцієнт корисної дії (ККД), досягаючи 90-95%, на відміну від 22-42% у ДВЗ;
- електрокару не потрібні такі компоненти, як коробка передач, кардан, диференціал, що є в традиційному авто;
- електромобіль демонструє вражаючу динаміку розгону (це підтверджується тестами на 100 км/год, які середньостатистичні електромобілі долають за 5-7 с) і може довго підтримувати високу швидкість;

- система рекуперативного гальмування дозволяє поповнювати акумулятор;

- простота технічного обслуговування і великий інтервал між ТО, що, у свою чергу, сповільнює знос деталей.

Враховуючи численні переваги електрокарів, спостерігається стрімке збільшення кількості компаній, залучених до їх розробки. У 2011 році лише Tesla, Renault, Mitsubishi і Nissan були лідерами у цій сфері. Сьогодні ж 90% автовиробників пропонують лінійки електрокарів, не поступаючись автомобілям з ДВЗ. Крім того, такі комерційні гіганти, як Google, Waymo, Aptiv та Яндекс, зосереджені на розробці безпілотних авто на базі електромобілів.

На сьогодні активну роботу з розробки електромобілів ведуть: Ford (Ford Ecostar – максимальна швидкість 180 км/год, максимальна відстань на одній зарядці 70-80 км); Volkswagen (електричні версії Golf, Jetta та модель CityStromer максимальна швидкість 100 км/год, максимальна відстань на одній зарядці 50-90 км); Renault (Clio Electrique максимальна швидкість 100 км/год, максимальна відстань на одній зарядці 100 км); Porsche (Taycan – максимальна швидкість 260 км/год, максимальна відстань на одній зарядці 450 км); BMW (i8 Roadster – максимальна швидкість 250 км/год, максимальна відстань на одній зарядці – 440 км) [5-8].

Хоча на даний момент електрокари стали звичним явищем на дорогах. Вони сприяють покращенню екологічної обстановки, але не здатні суттєво зменшити кількість аварій, спричинених людським фактором. Недотримання швидкісного режиму чи неувважність за кермом можуть призвести до трагічних наслідків. Для вирішення цієї проблеми все частіше в електрокарах використовуються системи автопілота для уникнення потенційних небезпек на дорозі.

Висновок. Сучасна автомобільна галузь перебуває на етапі глибоких структурних змін, що зумовлені потребами сталого розвитку, екологічної безпеки та технологічного прогресу. Впровадження електромобілів стало ключовим кроком на шляху до зниження залежності від традиційних видів пального та зменшення викидів в атмосферу. Завдяки високому ККД електродвигунів, простоті конструкції, низьким витратам на обслуговування та динаміці розгону, електрокари поступово витісняють автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння.

Паралельно з розвитком електротранспорту активно впроваджуються системи автономного керування, що сприяє підвищенню безпеки дорожнього руху та мінімізації людського фактору в аваріях. Використання автопілотів відкриває нові горизонти для транспортування, зокрема в умовах надзвичайних ситуацій чи обмежень мобільності.

Незважаючи на численні переваги, електромобілі мають і певні обмеження: висока початкова вартість, дефіцит зарядної інфраструктури, а також необхідність у стратегічних інвестиціях у виробництво акумуляторів. В Україні, попри наявні виклики, спостерігається позитивна динаміка розвитку ринку електротранспорту, що свідчить про поступове формування нової культури

споживання та мобільності.

Отже, електромобілі та безпілотні технології вже сьогодні є не лише перспективними напрямками розвитку, а й реальними складовими майбутнього транспорту. Подальші дослідження, вдосконалення технологій та державна підтримка у сфері електромобільності сприятимуть сталому розвитку як автомобільної промисловості, так і суспільства загалом.

Список використаної літератури

1. Система заряду електромобіля: веб-сайт. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/65539> (дата звернення: 09.03.2025).
2. Вершинин Д.В. та ін. Багатодвигунний автоматизований електропривод електромобіля. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*: науковий журнал. 2010. Т. 1. № 1.
3. Сорочинський Я.З. та ін. Розробка оптимальної системи керування технічним станом акумулятора електромобіля. *Vidnovluvana energetika*: науковий журнал. 2024. № 3(78). С. 46–53.
4. Al-Ammouri A., Ishchenko R. Using a wind generator for increasing of power reserve of electric car. *The National Transport University Bulletin: scientific journal*. 2024. Vol. 1. no. 58. P. 3–10.
5. Mokin B.I., Mokin O.B., Horeniuk V.V. The Identification Method of Models Optimal Movement of Electric Car with Induction Motor. *Visnyk of Vinnytsia Politechnical Institute: scientific journal*. 2020. Vol. 148. no. 1. P. 32–38.

Максим GERMANOVСЬКИЙ³⁰,

студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Анотація. Впровадження енергоефективних технологій у сільське господарство відіграє важливу роль у зменшенні енергоспоживання, оптимізації ресурсів та зниженні впливу на довкілля. У статті розглядаються ключові методи та інноваційні підходи, такі як автоматизація, використання дронів, сенсорних технологій, світлодіодного освітлення, точного землеробства та відновлюваних джерел енергії.

Annotation. Implementing energy-efficient technologies in agriculture plays an important role in reducing energy consumption, optimizing resources, and reducing

³⁰Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

environmental impact. The article examines key methods and innovative approaches such as automation, the use of drones, sensor technologies, LED lighting, precision farming, and renewable energy sources.

Вступ. Сучасне сільське господарство потребує значної кількості енергії для забезпечення ефективного виробництва. Зростання цін на енергоресурси, глобальні зміни клімату та необхідність зниження негативного впливу на довкілля стимулюють фермерів та агропідприємства до впровадження енергоефективних рішень. Раціональне використання енергоресурсів є не лише питанням економічної ефективності, а й важливим фактором стійкого розвитку агропромислового комплексу. В умовах зростання витрат на електроенергію та паливо, виробники сільськогосподарської продукції змушені шукати нові технологічні рішення, що дозволяють знизити собівартість виробництва та підвищити екологічність своєї діяльності [1].

Автоматизація та цифровізація стають ключовими напрямками розвитку агропромислового комплексу. Використання інтелектуальних систем керування, сенсорних технологій, інтернету речей (IoT) та великих даних (Big Data) дозволяє підвищити точність управління виробничими процесами, скоротити втрати ресурсів і зменшити споживання електроенергії. Зокрема, застосування систем точного землеробства дає змогу оптимізувати використання води, добрив та пестицидів, що суттєво підвищує ефективність ведення сільського господарства.

Окреме місце займають відновлювані джерела енергії, що відкривають нові можливості для забезпечення енергонезалежності фермерських господарств. Сонячні електростанції, вітрові турбіни, біогазові установки та теплові насоси дозволяють знизити витрати на енергоресурси, а також скоротити викиди парникових газів. Енергоефективні теплиці, що використовують сучасні системи клімат-контролю, забезпечують оптимальні умови для вирощування культур із мінімальним споживанням енергії.

Інноваційні підходи, такі як утилізація органічних відходів для виробництва біопалива, комбіновані системи генерації та зберігання енергії, дозволяють створювати замкнені екосистеми, що мінімізують втрати енергетичних ресурсів[2]. Використання новітніх методів керування енергоспоживанням у сільському господарстві дає змогу не лише знизити витрати, а й підвищити екологічність агропромислового виробництва.

У цій статті розглянуто основні енергоефективні технології, що активно впроваджуються у сільськогосподарській сфері, їхній вплив на економічні показники агропідприємств, а також перспективи їх подальшого розвитку.

Виклад основного матеріалу. Автоматизація та інтелектуальні системи керування.

Інтеграція автоматизованого обладнання сприяє значному зниженню енергоспоживання. Використання розумних тракторів, систем GPS та автоматизованих теплиць дозволяє ефективніше керувати сільськогосподарськими процесами. Датчики та безпілотники забезпечують

оперативний збір даних, що сприяє точному розподілу ресурсів та мінімізує енергетичні втрати. Автоматизовані системи дозволяють контролювати рівень вологості, температуру та склад ґрунту, що покращує врожайність і знижує витрати енергії на утримання посівів. Використання технологій штучного інтелекту в управлінні фермами дозволяє здійснювати аналіз даних у реальному часі та прогнозувати майбутні врожаї на основі зібраної інформації. Крім того, впровадження автономних роботизованих систем для виконання польових робіт, таких як автоматичне внесення добрив або збирання врожаю, значно підвищує ефективність використання енергії[3].

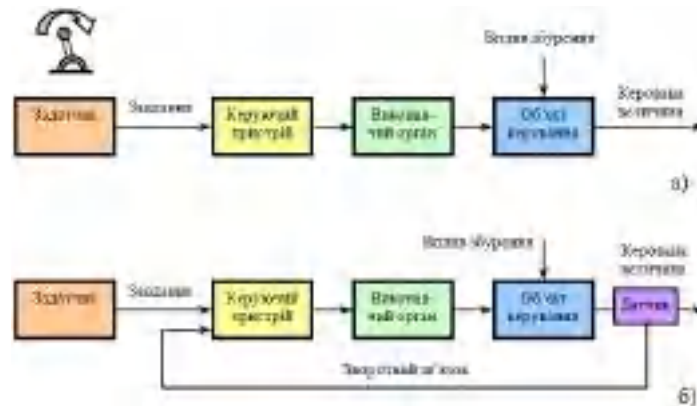


Рис. 1. Функціональні схеми автоматичних систем
(а – розімкнена система; б – замкнена система).

Окрім польових робіт, автоматизація відіграє важливу роль у тваринництві. Використання розумних годівниць, автоматизованих систем доїння та клімат-контролю у приміщеннях для тварин дозволяє зменшити витрати електроенергії, оптимізувати використання кормів та підвищити продуктивність тваринницьких комплексів.

Автоматизовані системи зрошення. Застарілі методи поливу часто призводять до надмірного споживання води та енергії. Автоматизовані зрошувальні системи з датчиками вологості забезпечують подачу води лише в необхідних обсягах, що значно знижує енергетичні витрати та підвищує продуктивність фермерських господарств. Такі системи працюють у поєднанні з прогнозами погоди, що дозволяє точно визначати оптимальний час для поливу та уникати зайвого витрачання ресурсів. Крім того, застосування крапельного зрошення значно скорочує втрати води та дозволяє зменшити витрати електроенергії на її перекачування. Інноваційні зрошувальні системи також інтегруються з хмарними технологіями, що дає можливість фермерам віддалено контролювати витрати води та енергії [2-3].

Сучасні автоматизовані зрошувальні системи також враховують тип ґрунту, погодні умови та фазу росту рослин, що дозволяє ще точніше регулювати подачу води та зменшувати її перевитрати.



Рис. 2. Система автоматичного поливу та зрошення.

Світлодіодне освітлення та точне землеробство. Світлодіодне освітлення зменшує витрати електроенергії у теплицях, а також сприяє оптимальному росту рослин завдяки індивідуально підбраному спектру світла. Використання GPS-навігації та змінної норми внесення добрив дозволяє оптимізувати використання ресурсів, підвищуючи ефективність сільськогосподарських робіт. Використання інтелектуальних агроплатформ та алгоритмів штучного інтелекту для аналізу даних про врожайність та стан ґрунту дає можливість підвищити ефективність управління агропроцесами. Додатково, інноваційні методи ведення точного землеробства дозволяють автоматизувати процеси обробки ґрунту та догляду за посівами, що значно скорочує витрати людських ресурсів та енергії.

Окрім цього, використання дронів для моніторингу стану посівів дозволяє своєчасно виявляти проблеми з вологістю, хворобами рослин або нестачею поживних речовин, що значно підвищує ефективність управління агропроцесами.



Рис. 3. Світлодіодне освітлення та точне землеробство.

Відновлювані джерела енергії. Сонячні батареї, теплові насоси та вітрові турбіни забезпечують екологічно чисту енергію для сільського господарства. Використання таких технологій зменшує залежність від традиційних джерел енергії та сприяє сталому розвитку агросектору. Впровадження біогазових установок дозволяє перетворювати органічні відходи на електроенергію та тепло, що значно покращує енергоефективність фермерських господарств. Окрім цього, розвиток акумуляторних технологій дає можливість зберігати надлишкову енергію, вироблену сонячними чи вітровими електростанціями, для подальшого використання в періоди пікового навантаження [4-5].



Рис. 4. Відновлювальні джерела енергії.

Висновки. Енергоефективні технології відіграють ключову роль у розвитку сучасного сільського господарства. Впровадження автоматизованих систем, точного землеробства, світлодіодного освітлення та відновлюваних джерел енергії сприяє значному зниженню експлуатаційних витрат та екологічного впливу. Використання цих технологій дозволяє аграрному сектору не лише підвищити продуктивність, але й зробити виробництво більш стійким та екологічно чистим. У майбутньому подальший розвиток та впровадження енергоефективних рішень стане важливим фактором для забезпечення продовольчої безпеки та збереження природних ресурсів. Державна підтримка та міжнародні інвестиції у розвиток енергоефективних технологій у сільському господарстві відіграватимуть ключову роль у подальшій трансформації аграрного сектору.

Список використаної літератури

1. Антощенкова В.В., Пересада М.О. Роль інновацій у сільському господарстві. *Аграрні інновації*: науковий журнал. 2023. № 22. С. 175–179.
2. Білінська В. Сучасні інноваційні технології в сільському господарстві: основна характеристика та перспективи впровадження. *Вісник Київського*

національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка: науковий журнал. 2015. Вип. 7(172). С. 74–80.

3. Грачов О. Штучний інтелект в сільському господарстві. *Наука і техніка сьогодні*: науковий журнал. 2024. № 12(40).

4. Дем"янчук В.В. Сонячна енергія як альтернатива електроенергії в сільському господарстві. *Студентський вісник Національного університету водного господарства та природокористування*: науковий журнал. 2018. Вип. 2 (10). С. 14–16.

5. Федан В.І. Технічний прогрес у сільському господарстві: навчальний посібник. К. 1973. 64 с.

Владислав ХРИЩЕНЮК³¹,

студент 5 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АДАПТЕРИ ТА ПРИСТОСУВАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОНЯШНИКА

Анотація. У статті розглядаються сучасні адаптери та пристосування для зернозбиральних комбайнів, що використовуються під час збирання соняшника. Описано їх конструктивні особливості, принципи роботи, переваги та недоліки. Проведено аналіз різних технологічних рішень для підвищення ефективності збирання соняшнику, зменшення втрат олійного насіння та оптимізації роботи комбайнів.

Ключові слова: зернозбиральні комбайни, збирання, адаптери, пристосування, жатка, транспортери.

Annotation. modern adapters and devices for grain harvesters used in sunflower harvesting. Their design features, principles of operation, advantages, and disadvantages are described. An analysis of various technological solutions is conducted to improve sunflower harvesting efficiency, reduce oilseed losses, and optimize harvester performance.

Key words: combine harvesters, harvesting, adapters, attachments, header, conveyors.

Вступ. Збір врожаю сільськогосподарських культур є одним із найважливіших етапів у сільському господарстві, що безпосередньо впливає на ефективність виробництва та якість отриманої продукції. Для збирання соняшника застосовують різні технічні засоби, проте їх експлуатаційні

³¹Науковий керівник - Холодюк О.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

характеристики не завжди відповідають сучасним вимогам. Важливими показниками є коефіцієнт надійності, продуктивність і наробіток на відмову, які визначають ефективність роботи обладнання.

Метою даної статті є розгляд конструктивних особливостей існуючих адаптерів та пристосувань зернозбиральних комбайнів для збирання соняшника.

Виклад основного матеріалу. Існуючі технічні засоби для збирання соняшника не повністю відповідають технічним вимогам щодо якості виконання технологічного процесу (рис. 1). Так, за даними протоколів випробувань зернозбиральних комбайнів на збиранні соняшнику та літературних джерел [1, 2], втрати олійного насіння за жаткою, дроблення і облущування молотильно-сепаруючим пристроєм (МСУ), вміст бур'янів у бункерному купі досягають 20%.

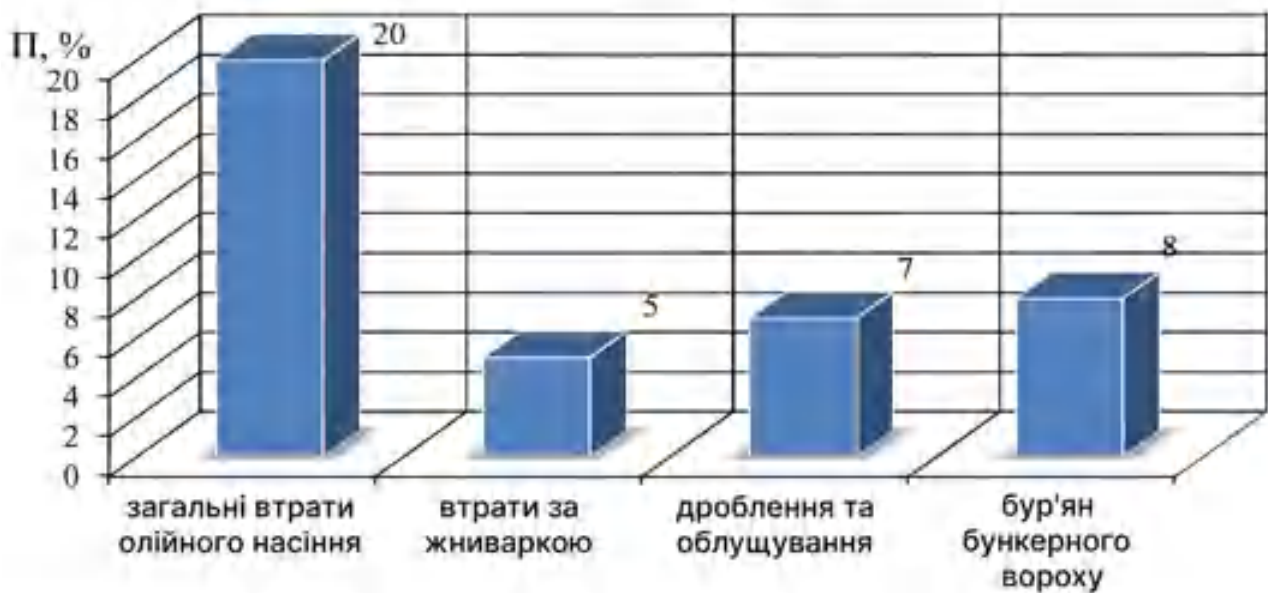


Рис. 1. Зниження якості виконання технологічного процесу збирання соняшника.

Технологічні схеми та технічні засоби для скошування соняшника. Існуючі технології збирання соняшнику засновані на використанні адаптерів і пристосувань до зернозбиральних комбайнів, що дозволяють підвищити якість збирального процесу та продуктивність комбайна при мінімальних трудо-і енерговитратах.

Період збирання соняшника обмежений агротехнічними термінами, тому від рівня технічного оснащення процесу збирання залежить якість його виконання. Для скошування соняшнику зернозбиральними комбайнами застосовують такі технічні засоби: адаптери, жатки та пристосування, оснащені ліфтерами, ланцюговими транспортерами стебел та кошиків, транспортерами або жолобами для олійного насіння.

Жатки або пристосування для збирання соняшника оснащують мотовилами та стебlopідйомниками. Є також пристосування для збирання соняшнику, які є комплектом робочих елементів, що встановлюються на базові жатки комбайнів. Найбільш поширений варіант пристосування Зміївського [], яке складається з дільників, що закріплюються на нерухомих сегментах ріжучих

апаратів, бічних фартухів, і вітрового щита, що монтується за жаткою.

На основі аналізу конструкцій адаптерів, жаток і пристосувань для скошування соняшнику, можна виділити такі основні технічні засоби:

1. Пристосування з лопатевим мотовилом. Використовують жатки для збирання зернових колосових культур, переобладнані під збирання соняшника (пристосування Зміївського);

2. Адаптери, оснащені ліфтерами ланцюговими транспортерами стебел і стрічковими транспортерами олійного насіння або вібростолами;

3. Адаптери, оснащені ланцюговими транспортерами стебел і жолобами для осипання олійного насіння;

4. Пристосування, оснащені трубним мотовилом із захватами;

5. Жатки з направляючою пластиною і вальцем;

6. Жнивarki з гелікоїдальним мотовилом та захопленнями.

Адаптер з транспортерами стебел та олійного насіння. Технологічний процес роботи даного пристосування (рис. 2) відбувається наступним чином. Жатку 1 комбайна направляють у загін таким чином, щоб ліфтери 2 потрапили в міжряддя соняшнику. Після цього в процесі руху комбайна, стебла соняшнику 6, розділені стеблорізками по міжряддях, нахилиються під впливом ліфтера 2 таким чином, щоб направити кошик в положення над стрічковим транспортером 3. Стебло соняшника захоплюється захопленнями 4 транспортерів стебел. Потім відбувається затягування корзинки соняшника гачком так, щоб її зріз різальним апаратом відбувався біля основи. Після зрізу кошик подається до шнека 5 жатки з подачею в похилу камеру комбайна. Втрати олійного насіння за пристосуванням можуть становити від 0,3 до 2,43% [3].

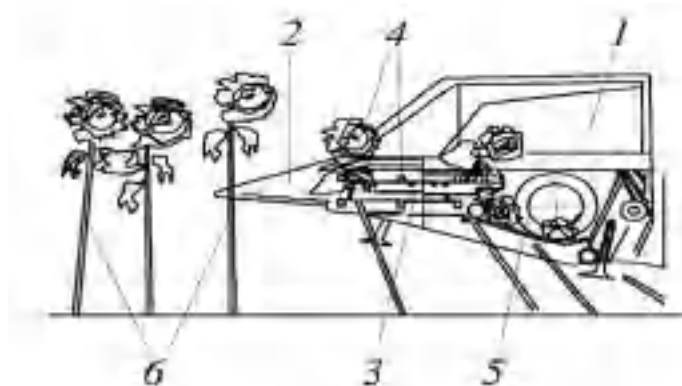


Рис. 2. Схема скошування адаптерами з транспортерами:

1 - жатка; 2 - ліфтери; 3 - стрічковий транспортер; 4 - захоплювач транспортера; 5 - шнек жатки; 6 - стебла соняшнику.

До недоліків даного пристрою можна віднести наступне:

1. Вплив ліфтерів і транспортерів стебел на стебла сприяє обсіпання олійного насіння на полотні стрічкового транспортера. Частина їх потрапляє в простір між стрічкою транспортера і корпусом ліфтера.

2. Процес скошування потребує технологічної швидкості руху комбайна 5...9 км/год в залежності від врожайності культури. При збільшенні швидкості

вище рекомендованої відбувається забивання простору між стрічкою транспортера і бічною частиною корпусу ліфтера.

3. Складність конструкції та підвищена матеріаломісткість. Маса вітчизняних зразків становить 1800...2500 кг залежно від модифікації, а зарубіжних зі рамою, що складається, більше 4000 кг.

4. Адаптер має високу вартість, що робить його використання на невеликих площах або в районах з невисокою урожайністю соняшника нерентабельним.

5. Залежність від ширини захвату сівалки. Найчастіше посів соняшника виробляється сівалкою СУПН-8. Ширина адаптера при збиранні повинна дорівнювати 5,6 м. В іншому випадку виникають значні втрати олійного насіння і кошиків (8-15%) [2].

До адаптерів даного виду відносяться вітчизняні конструкції шириною захвату від 10 до 16 м, які мають складну раму та дільники. Вони представлені наступним рядом модифікацій: ПСП-1,5М; ПСП-810, ПСП-10М (Falkon); ПСП-10МГ; РСМ-091.52 (рис. 3, а). Можлива комплектація з подрібнювачем стебел.

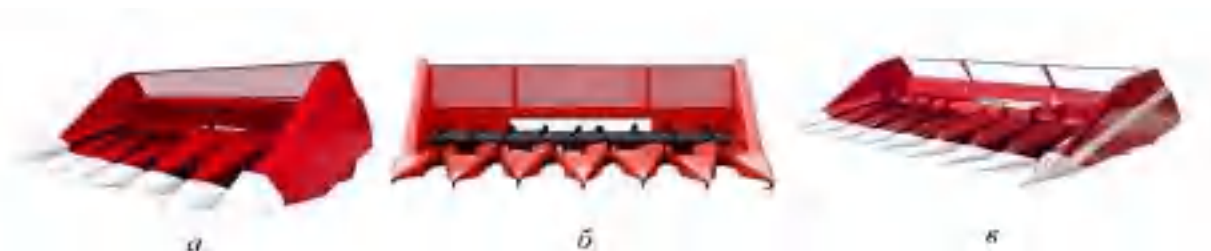


Рис. 3. Адаптери з транспортерами:
а - Falkon-1200-3; б - OROS-UN; в - НАШ-873.

Адаптери з транспортерами стебел і вібротранспортерами олійного насіння. У технологічному процесі збирання соняшника пристосуваннями з транспортерами стебел і вібростолом зрізані біля основи стебла кошики і обсіпане маслонуасіння надходять на вібростіл і за рахунок амплітуди його коливань переміщуються до шнека жатки. Насіння обсіпаються на поверхню вібростола, що знижує їх втрати. Вібростіл має асиметричну конструкцію, що сприяє зменшенню втрат олійного насіння при їх переміщенні до шнека жниварки. Привід вібростолів жатки OROS-UN здійснюється за рахунок ролика ланцюга, що подає, з ексцентриком (рис. 3, б). В адаптерах НАШ модифікацій 673/873/1273/1256 у приводі вібростолів передбачений додатковий молоточок (рис. 3, в). Їхня ширина захоплення становить 4,2 м, 5,6; 6,5 та 8,76 м; маса 1750 кг, 2100, 2250 та 2500 кг [3, 4].

Недоліки даних адаптерів такі самі, як і в розглянутих раніше. У процесі руху кошиків по вібростолу відбувається їхнє додаткове вимолочування. В результаті частина олійного насіння від коливальних рухів вібростола обсіпається за його межі. Якісна робота вібростола залежить від точності його налаштування. У разі відхилення кута нахилу вібротранспортера від заданих параметрів втрати насіння зростають.

Більшість конструкцій адаптерів для збирання соняшнику в країнах ближнього і далекого зарубіжжя оснащені ланцюговими транспортерами стеблів

і кошиків, а також жолобами для самоосипання насіння замість стрічкових транспортерів і вібростолів.

Адаптери з транспортерами стебел та жолобами для олійного насіння. Відмінною особливістю цих конструкцій є відсутність стрічкових транспортерів і вібростолів для кошиків та олійного насіння. Осипане в процесі захоплення насіння потрапляють в жолоби, розташовані під кутом, і переміщуються до шнека жатки. Технологічний процес скошування соняшнику жатками даного типу аналогічний процесу роботи адаптерам з транспортерами стебел і олійного насіння.

Жатки входять у стеблестій соняшнику 1 (рис. 4) ділянками 2, гачки 3 ланцюгових транспортерів 4 протягують стебла 5 до ріжучого апарату 6. Зрізані кошики подаються до шнека жниварки 7. Осипання в процесі захоплення стебел 8 наступним їх переміщенням до шнека жатки. Викиду кошиків і олійного насіння за межі жатки перешкоджають бічні щити 9.

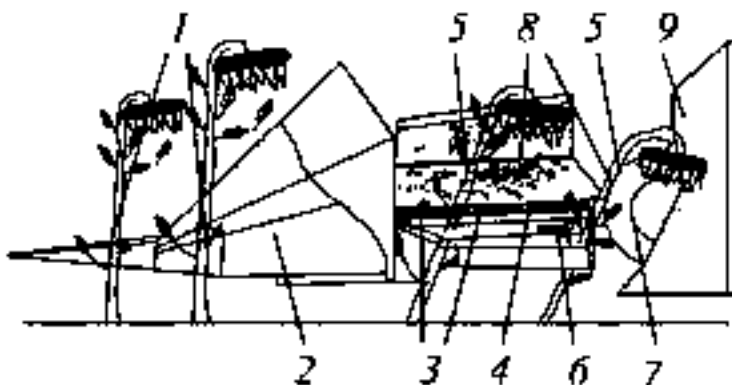


Рис. 4. Схема скошування адаптерами з жолобами:

1 - стебловий соняшник; 2 - ділянки; 3 - гачки; 4 - ланцюгові транспортери; 5 - стебла; 6 - ріжучий апарат; 7 - шнек; 8 - похилий жолоб; 9 - бічні щити.

Адаптери Geringhoff Sun Star (Німеччина) додатково оснащені вертикальними ланцюговими транспортерами для стебел, розташованими між двома жолобами для осипання олійного насіння (рис. 5, а). Модельний ряд жаток представлений модифікацією Sun Star 800-1600В, що відповідає числу рядів від 8 до 16 і ширині захвату 5,6 і 11,2 м відповідно. Конструкція дозволяє варіювати шириною міжряддя від 50 до 75 см. Маса 2580-5010 кг, залежно від ширини захвату. Жатки, призначені для збирання більше 8 рядків та виготовляють з можливістю бути складними.

Жатки Sun Master 870 і Sun Master 1270 випускають для збирання 8 і 12 рядків з міжряддям 70 см (рис. 5, б) з шириною захвату 5,6 та 8,4 м [5, 6].

Адаптер італійського виробництва Quasar Capello призначений для збирання кукурудзи, але може бути переобладнаний для соняшнику за допомогою установки вітрових щитів для збирання високорослого соняшника, уловлювачів на капоти, ріжучого апарату з активними ножами, що обертаються, і противагами (рис. 5, в).

Українські модифікації адаптерів ПЗС-6, 7,4 та 9,1 John Greaves аналогічної

конструкції випускається з можливістю прибирання 8, 9 та 12 рядків (рис. 5, г). Маса адаптерів 2000 кг, 2470 та 3040 кг.

Італійські жатки Fantini G 02 і Fantini G 03 орієнтовані на збирання 9 рядків соняшнику з міжряддями 45 см; 70; 75; 80 і 90 см. Ширина захвату становить 5,4 м, що дозволяє проводити збирання як вздовж, так і впоперек рядків. Капот стебlopідйомника виготовлений із пластику.



Рис. 5. Адаптери з жолобами:

а - Geringhoff Sun Star Horizon; б - SunMaster, в - Quasar Capello; г - ПЗЗ-8; д - Fantini GP; е - Akturk Makina; ж - Argus R; з - Dominoni Top Sun.

Турецький аналог адаптера Akturk Makina представлений модифікаціями з шириною захвату 5,6 м, 7,0 та 9,2 м (рис. 5, е), їх маса 1840 кг, 2540 та 2700 кг (таблиця 1). Адаптери укомплектовані подрібнювачами.

Таблиця 1. Технічні характеристики адаптерів з транспортерами стебел та жолобами для олійного насіння.

Модифікація	Ширина захоплення, м.	Кількість рядків, шт.	Маса, кг.
<i>Agrus R</i>			
Agrus R	2,8	4	1400
Agrus R 670 (675)	4,2	6	1950
Agrus R 870 (875)	5,6	8	2700
Agrus R 1270	8,6	12	3600
<i>Geringhoff</i>			
<i>цільна рама</i>			
Sun Star 800F	5,6	8	2710
Sun Star Horizon 800 FB (подрібнювач)	5,6	8	2910
<i>складальна рама</i>			
Sun Star 800-1600B	5,6-11,2	8-16	2480-4810
Sun Star Horizon 800-1600FB(подрібнювач)	5,6-11,2	8-16	2580-5010

Продовження таблиці 1.

Модифікація	Ширина захоплення, м.	Кількість рядків, шт.	Маса, кг.
Sun Master			
<i>Sun Master</i>	5,6	8	1680
<i>Sun Master</i>	8,4	12	-
Quaster Copello			
<i>цільна рама</i>			
F 4	3,18-3,26	4	1680
F 5	3,7-4,0	5	2050
F 6	4,55-4,9	6	2480
F 8	6,15-6,5	8	2820
F 12	8,4-9,6	12	3130
F 16	-	16	4500
F 18	-	18	-
ПЗС			
ПЗС-8	6,0	8	2000
ПЗС-12	7,4	9	2470
Fantini GO			
<i>цільна рама</i>			
GH 3	5,4	4; 5; 6; 8; 19; 12 (45; 70; 80; 90 см)	-
GO 3	5,4	4; 5; 6; 8; 19; 12 (45; 70; 80; 90 см)	-
<i>складальна рама</i>			
GH 3	5,4	4; 5; 6; 8; 19; 12 (45; 70; 80; 90 см)	-
GO 3	5,4	4; 5; 6; 8; 19; 12 (45; 70; 80; 90 см)	-
Akturk Makina			
Akturk Makina	5,6	8	1840
Akturk Makina	7,4	10	2540
Akturk Makina	9,1	12	2700
Dominoni Top Sun			
<i>цільна рама</i>			
GT 905	3,65-3,85	6	1760
GT 906	4,25-4,5	8	2140
GT 908	5,75-6,10	10	2750
GT 910	7,15-7,6	12	3400
GT 912	8,85-9,40	24 (для міжряддя 56 см.)	4300
GTL 916	11,65-12,40	32	-
<i>складальна рама</i>			
GT 906	4,25-4,50	8	1700
GT 908	5,75-7,60	8	2050
GT 910	7,15-7,60	10	2600
GT 912	8,85-9,40	24 (для міжряддя 56 см.)	3100

Адаптери з горизонтальними ланцюговими транспортерами для захоплення стеблів і жолобами для олійного насіння і кошиків використовують для збирання кукурудзи протиризами (рис.5, ж, з). Адаптер Dominoni Top Sun представлені моделі для прибирання 4-16 рядків, що еквівалентно ширині захвату 2,8-11,2 м.

Модельний ряд Quasar Capello представлений модифікаціями F6, F8 і F12 з кількістю рядків 6, 8 і 12 для міжрядь 70 см. Ширина захвату жаток 4,2 м, 5,6 і 8,4 м (див. таблицю 1). Обшивка та наконечники адаптера виготовлені з технополімеру, що знижує налипання рослинних залишків у процесі збирання та зменшує матеріаломісткість конструкції.

Висновки. Проведений аналіз адаптерів та пристосувань для скошування соняшника показав, що їхні робочі органи є недосконалими. У процесі роботи спостерігаються ударний вплив на кошики, а також намотування стебел, що сприяє вимолочуванню олійного насіння з їх подальшим осипанням на поверхню ґрунту.

Список використаної літератури

1. Кулініч О.М., Ткаченко С.П. Технологічні особливості збирання соняшника зернозбиральними комбайнами: навчальний посібник. К.: Аграрна освіта. 2021. 214 с.
2. Лісовий В.О. Жниварки для соняшника: конструктивні особливості та експлуатаційні характеристики: посібник. Харків: НТУ «ХПІ». 2020. 189 с.
3. Vasylychenko P., Holovko A. Efficiency of sunflower harvesting with modern adapters. *Journal of Agricultural Engineering: scientific journal*. 2021. Vol. 58(3). P. 245-259.
4. Ivanov S., Petrenko M. Performance analysis of sunflower harvesting headers. *Agricultural Machinery Research: scientific journal*. 2020. Vol. 11(2). P. 67-81.
5. Geringhoff H. Sunflower harvesting technologies: Innovations and trends. *AgriTech Europe: scientific journal*. 2022. Vol. 25(4). P. 312-328.
6. Fantini G. Sunflower harvesting: Adaptations and modern solutions. *Italian Agricultural Journal: scientific journal*. 2021. Vol. 19(1). P. 54-69.

Олег СОЛЯР³²,
студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Анотація. *Геоінформаційні технології (ГІС) є важливим інструментом для збору, обробки та аналізу просторових даних, що використовуються у містобудуванні, екології, транспорті, сільському господарстві та військовій справі. Вони забезпечують інтеграцію різних типів даних, їх візуалізацію та моделювання.*

Ключові слова: *Геоінформаційні технології, ГІС, GNSS, GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, дистанційне зондування Землі, ДЗЗ, LiDAR, геоінформаційне моделювання.*

Annotation: *Geographic information technologies (GIS) are an important tool for collecting, processing, and analyzing spatial data used in urban planning, ecology, transportation, agriculture, and military affairs. They provide integration of different types of data, their visualization and modeling.*

Key word: *Geoinformation technologies, GIS, GNSS, GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, remote sensing, remote sensing, LiDAR, geoinformation modeling.*

Вступ. У сучасному світі обсяг просторових даних зростає з величезною швидкістю, що потребує нових підходів до їх збору, обробки та аналізу. Геоінформаційні технології (ГІТ) стали важливим інструментом у багатьох сферах, таких як містобудування, екологія, сільське господарство, транспорт, логістика та безпека. Використання ГІТ дозволяє отримувати точні відомості про навколишнє середовище, що сприяє ухваленню ефективних управлінських рішень та оптимізації процесів у різних галузях.

Розвиток геоінформаційних технологій став можливим завдяки появі сучасних геодезичних приладів, супутникових навігаційних систем, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та програмного забезпечення, яке дозволяє обробляти великі масиви геопросторових даних. Інтеграція цих технологій відкриває нові можливості для аналізу просторової інформації, що робить ГІТ незамінним інструментом для науковців, інженерів, аналітиків та управлінців.

Завдяки використанню штучного інтелекту, хмарних обчислень та Інтернету речей (IoT), сучасні ГІТ значно підвищують ефективність управління територіями, прогнозування змін у навколишньому середовищі та оптимізацію процесів, пов'язаних із просторовими даними. Ця стаття розглядає ключові технології та прилади, що використовуються у геоінформаційних технологіях, їх

³²Науковий керівник - Холодюк О.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

сучасний стан, перспективи розвитку та виклики, з якими стикається ця галузь.

Основною метою цієї статті є аналіз сучасних технологій та приладів, що використовуються у сфері геоінформаційних технологій, а також дослідження їхнього впливу на різні галузі. У зв'язку з цим ставляться такі завдання: Описати сучасні геодезичні прилади та їх роль у зборі геопросторових даних, дослідити можливості супутникових навігаційних систем у геоінформаційних технологіях, проаналізувати застосування безпілотних літальних апаратів для збору та обробки просторових даних, вивчити програмне забезпечення, яке використовується для обробки та аналізу геоданих, розглянути перспективи розвитку геоінформаційних технологій та їхній вплив на різні галузі.

Виклад основного матеріалу. Геоінформаційні технології (ГІС-технології) є комплексом засобів і методів, які використовуються для збору, збереження, аналізу, обробки та візуалізації просторових даних. Вони поєднують у собі апаратне та програмне забезпечення, що дозволяє ефективно працювати з географічною інформацією. Завдяки геоінформаційним технологіям можливо моделювати та прогнозувати зміни в природному середовищі, оптимізувати управління територіями та ресурсами, а також підвищувати точність прийняття рішень у різних галузях діяльності. Основою геоінформаційних технологій є географічні інформаційні системи (ГІС), які дозволяють інтегрувати просторові дані з різних джерел, аналізувати їх та представляти у вигляді цифрових карт, тривимірних моделей місцевості або інших візуалізацій. Використання ГІС значно полегшує обробку великої кількості інформації, що особливо актуально для екологічного моніторингу, містобудування, геологічних досліджень та транспортної логістики. Геоінформаційні технології активно застосовуються у різних сферах діяльності: Картографія та геодезія – використання ГІС для створення цифрових карт, моделювання рельєфу та аналізу змін місцевості, екологічний моніторинг – контроль змін у природному середовищі, прогнозування кліматичних змін, оцінка рівня забруднення повітря, води та ґрунтів, містобудування та управління територіями – аналіз розподілу земельних ресурсів, планування інфраструктури, оцінка впливу містобудівних проєктів на довкілля, сільське господарство – моніторинг посівних площ, аналіз стану ґрунтів, прогнозування врожайності та оптимізація зрошувальних систем, транспорт і логістика – оптимізація маршрутів, прогнозування дорожнього руху, моніторинг стану транспортної інфраструктури безпека та оборона – розвідка, моніторинг територій, управління надзвичайними ситуаціями та координація рятувальних операцій. Сучасний розвиток геоінформаційних технологій значною мірою залежить від інтеграції з іншими передовими технологіями, такими як штучний інтелект, хмарні обчислення та великі дані. Використання машинного навчання для аналізу просторових даних дозволяє автоматизувати виявлення змін у місцевості, прогнозувати природні катастрофи та оптимізувати управлінські процеси. Значною перевагою геоінформаційних технологій є їхня гнучкість та універсальність. Вони можуть бути адаптовані для вирішення завдань у будь-якій сфері, де необхідна робота з просторовими даними. Подальший розвиток ГІС-технологій відкриває нові можливості для точнішого

аналізу та ефективнішого управління ресурсами, що робить їх невід'ємною частиною сучасної науки та практичної діяльності.



Рис. 1. Приклади використання у ГІС.

Сучасне геодезичне обладнання відіграє ключову роль у забезпеченні високоточного збору просторових даних. Використання новітніх технологій дозволяє підвищити точність вимірювань, скоротити час проведення робіт та автоматизувати процеси збору та обробки інформації. Вимірювальні прилади, що застосовуються у геодезії, поділяються на кілька основних категорій: тахеометри, нівеліри, лазерні далекоміри, супутникові приймачі, безпілотні літальні апарати (БПЛА) та лазерні сканери.



Рис. 2. 3D сканер Trimble TX 8.



Рис. 3. Дрон БПЛА Delair Tech UX 11.

Одним із найпоширеніших інструментів у геодезичних дослідженнях є **електронний тахеометр**. Це прилад, що дозволяє вимірювати горизонтальні та вертикальні кути, а також відстань до цілі за допомогою лазерного або інфрачервоного випромінювання. Сучасні тахеометри мають вбудовані комп'ютери, що дозволяють миттєво обробляти отримані дані, зберігати їх у

пам'яті приладу та передавати на інші пристрої. Найбільш передові моделі тахеометрів забезпечують безвідбивачеві вимірювання, що дозволяє отримувати дані навіть у важкодоступних місцях. Нівеліри – ще одна важлива група геодезичних приладів, що використовуються для визначення висотних відміток місцевості. Вони поділяються на оптичні, електронні та лазерні. Оптичні нівеліри працюють на основі зорової труби та рейок, тоді як електронні моделі можуть автоматично визначати висоту та передавати дані на цифрові пристрої. Лазерні нівеліри є найбільш точними та швидкими у використанні, оскільки дозволяють здійснювати вимірювання без необхідності встановлення додаткових міток. Сучасні лазерні далекоміри дозволяють точно визначати відстань до об'єкта шляхом аналізу часу проходження лазерного імпульсу. Вони застосовуються для різних геодезичних завдань, зокрема для будівельних робіт, кадастрових зйомок та визначення обсягів земельних масивів. Лазерні далекоміри можуть працювати як окремі прилади або бути інтегрованими в тахеометри та лазерні сканери. Інноваційною технологією у сфері геодезії є використання лазерного сканування. Лазерні сканери дозволяють отримувати детальні тривимірні моделі місцевості, будівель та інженерних конструкцій. Вони працюють за принципом активного визначення відстані до об'єкта за допомогою лазерного променя, створюючи хмару точок, яка потім використовується для побудови точних цифрових моделей. Ця технологія широко застосовується в архітектурі, містобудуванні та промислових дослідженнях. Ще однією важливою групою геодезичних приладів є GNSS-приймачі (Global Navigation Satellite System). Вони використовуються для високоточного визначення координат у глобальній системі навігації. Сучасні GNSS-приймачі можуть працювати з декількома навігаційними системами одночасно (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou), що забезпечує вищу точність позиціонування. Геодезичні GNSS-приймачі використовуються для топографічних зйомок, моніторингу деформацій земної поверхні та картографування. Останнім часом широкого застосування в геодезії набули безпілотні літальні апарати (БПЛА), які використовуються для аерофотозйомки та створення 3D-моделей місцевості. Дрони оснащуються високоточними камерами та лазерними сканерами, що дозволяє отримувати детальну інформацію про рельєф та об'єкти на великих територіях. Використання БПЛА значно скорочує час проведення геодезичних робіт, а також дозволяє отримувати дані з важкодоступних місць. Сучасні геодезичні прилади продовжують розвиватися завдяки інтеграції з передовими цифровими технологіями. Поєднання геодезичного обладнання з програмним забезпеченням для автоматичного аналізу даних дозволяє значно підвищити ефективність вимірювань та їхню точність. Використання хмарних обчислень, штучного інтелекту та автоматизованих алгоритмів обробки даних відкриває нові можливості у сфері геодезичних досліджень та просторового аналізу.

Сучасна геоінформаційна галузь значною мірою базується на використанні супутникових навігаційних систем та безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Ці технології дозволяють проводити високоточне позиціонування,

картографування та моніторинг територій з мінімальними затратами часу та ресурсів. Поєднання даних супутникової навігації та аерофотознімання забезпечує створення детальних карт, цифрових моделей рельєфу та тривимірних зображень місцевості. Однією з ключових технологій у цій сфері є глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS, Global Navigation Satellite System). Вони забезпечують визначення координат об'єктів у будь-якій точці Землі. Основними діючими супутниковими навігаційними системами є: GPS (Global Positioning System, США) – найпоширеніша навігаційна система, що має глобальне покриття та забезпечує точність позиціонування в межах кількох сантиметрів при використанні геодезичних приймачів. Galileo (Європейський Союз) – європейська навігаційна система, що має високу точність і надійність. BeiDou (Китай) – сучасна навігаційна система, що активно розвивається та забезпечує точність до кількох сантиметрів у спеціальних режимах роботи.



Рис. 4. Nivel System N32x.



Рис. 5. Супутник KA GPS BLOCK IIA.

Геодезичні GNSS-приймачі використовують сигнали від кількох систем одночасно, що дозволяє підвищити точність позиціонування. Це особливо важливо для топографічного знімання, створення кадастрових карт, моніторингу інженерних конструкцій та спостереження за природними змінами. Сучасні GNSS-приймачі оснащені технологіями корекції (RTK – Real-Time Kinematic), які забезпечують сантиметрову точність у режимі реального часу. Окрім традиційних наземних методів збору геопросторових даних, дедалі більшого поширення набувають безпілотні літальні апарати (БПЛА). Вони забезпечують швидке отримання зображень великих територій, що значно зменшує трудовитрати та підвищує ефективність геодезичних досліджень. БПЛА оснащуються високоточними камерами, мультиспектральними сенсорами та лідарними системами, що дозволяє отримувати високоякісні дані для подальшої обробки. Залежно від конструкції, безпілотники поділяються на: Квадрокоптери та мультикоптери – мають високу маневреність і здатність зависати на місці, що дозволяє проводити детальну зйомку локальних об'єктів. Вони використовуються для інспекції будівель, картографування малих територій та створення тривимірних моделей місцевості. Крилообразні дрони – мають більший радіус дії та можуть охоплювати великі території за один політ. Вони

використовуються для аерофотозйомки сільськогосподарських угідь, лісових масивів та великих інфраструктурних об'єктів.



Рис. 6. Квадрокоптер KFPLAN KF615.

Геоінформаційні технології (ГІТ) не можуть ефективно функціонувати без сучасного програмного забезпечення, яке забезпечує обробку, аналіз та візуалізацію геопросторових даних. Сучасні геоінформаційні системи (ГІС) використовують великі обсяги даних, отримані з різних джерел – супутникових знімків, безпілотних літальних апаратів (БПЛА), датчиків дистанційного зондування, GNSS-приймачів та інших геодезичних приладів. Обробка таких даних вимагає використання потужних обчислювальних технологій, хмарних сервісів та методів машинного навчання. Програмне забезпечення для геоінформаційних технологій можна поділити на кілька основних категорій: ГІС – це спеціалізоване програмне забезпечення для збирання, обробки, аналізу та візуалізації географічних даних. Вони дозволяють створювати інтерактивні карти, аналізувати просторові об'єкти та проводити складні моделювання природних і техногенних процесів. Програмне забезпечення для обробки супутникових знімків та аерофотознімків: ENVI – потужне програмне забезпечення для аналізу супутникових знімків та гіперспектральної обробки даних. ERDAS IMAGINE – використовується для класифікації зображень, аналізу змін ландшафту та створення цифрових моделей рельєфу. Agisoft Metashape – програмне забезпечення для обробки аерофотознімків та створення 3D-моделей за допомогою фотограмметрії. Програмне забезпечення для обробки хмар точок та лазерного сканування. CloudCompare – безкоштовне ПЗ для роботи з хмарами точок, отриманими з лазерних сканерів та фотограмметричних знімків. LAStools – набір інструментів для швидкої обробки великих обсягів даних лазерного сканування (LiDAR). TerraScan – комерційне програмне забезпечення, що використовується для класифікації та аналізу даних LiDAR. Геоаналітичні інструменти для обробки великих даних. Завдяки стрімкому зростанню обсягів геопросторової інформації виникла потреба у використанні технологій великих даних (Big Data). Обробка таких даних у геоінформаційних системах здійснюється за допомогою: Google Earth Engine – хмарна платформа для аналізу супутникових знімків із доступом до великих архівів геоданих. PostGIS – розширення для бази даних PostgreSQL, яке дозволяє працювати з просторовими даними та виконувати складні геоаналітичні запити. Nadoop GIS

– система для розподіленої обробки великих геопросторових даних.

Висновки. Геоінформаційні технології є невід’ємною частиною сучасного наукового та практичного аналізу просторових даних. Вони дозволяють ефективно працювати з географічною інформацією, інтегруючи дані з різних джерел для прийняття стратегічних рішень у різних сферах – від екологічного моніторингу та містобудування до сільського господарства та оборони.

Список використаної літератури

1. Кравцова В.О. Геоінформаційні системи та технології: підручник. Київ: КНУ. 2020. 356 с.
2. Палієнко В.П., Ковальчук І.П. Основи геоінформатики: навчальний посібник. Видавництво Львівської політехніки. Львів. 2019. 289 с.
3. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems: manual. Oxford University Press. 2015. 346 p.
4. Geographic Information Systems and Science. Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. Wiley:Press, 2017. 512 p.
5. Шевчук С.О. Сучасне геодезичне обладнання: навчальний посібник. Харків: ХНУГХ. 2018. 267 с.
6. Сергієнко О.М. Дистанційне зондування Землі: підручник. Київ: Наукова думка. 2017. 312 с.

Антон ДІДЕНКО³³,

студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО: ОРГАНІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ТА ЙОГО ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ

Анотація. У статті розглянуто концепцію екологічно чистого землеробства, зокрема органічного виробництва, як стратегії сталого розвитку аграрного сектору. Досліджено основні принципи органічного землеробства, його вплив на збереження навколишнього середовища та біорізноманіття. Окрему увагу приділено економічним перевагам органічного виробництва, зокрема попиту на екологічно чисту продукцію, можливостям експорту.

Annotation. The article examines the concept of environmentally friendly agriculture, particularly organic production, as a strategy for the sustainable development of the agricultural sector. The fundamental principles of organic farming, its impact on environmental conservation, and biodiversity preservation are analyzed.

³³Науковий керівник - Захаревич М.П., викладач кафедри української та іноземних мов.

Special attention is given to the economic advantages of organic production, including the demand for environmentally friendly products, export opportunities.

Вступ. Сучасне сільське господарство стикається з численними викликами, серед яких деградація ґрунтів, забруднення навколишнього середовища та зниження біорізноманіття. Інтенсивне застосування хімічних добрив і пестицидів сприяє підвищенню врожайності, але водночас має негативні наслідки для здоров'я людей та екології. У цьому контексті екологічно чисте землеробство набуває дедалі більшого значення, адже воно спрямоване на збереження природних ресурсів та відновлення родючості ґрунтів.

Одним із найперспективніших напрямів екологічного сільського господарства є органічне виробництво. Воно ґрунтується на принципах сталого використання природних ресурсів, відмові від синтетичних хімікатів та застосуванні біологічних методів захисту рослин. Органічне землеробство не лише сприяє збереженню довкілля, а й має значні економічні переваги: зростаючий попит на органічну продукцію відкриває нові ринки збуту, сприяє підвищенню рентабельності фермерських господарств і забезпечує стійкість аграрного сектора в довгостроковій перспективі.

Метою цієї статті є аналіз основних принципів екологічно чистого землеробства, оцінка впливу органічного виробництва на навколишнє середовище та економічне обґрунтування його переваг.

Виклад основного матеріалу. Органічне землеробство та його розвиток є досить актуальним на сьогодні через низку його економічних, екологічних та соціальних переваг, які є досить очевидними в наш час. Нарощування обсягів сільськогосподарського виробництва, яке постійно відбувається в усьому світі, постійно підвищує навантаження на навколишнє середовище, виснажує ґрунти, приводить до забруднення ґрунтів, водою і продукції хімікатами, що в результаті погіршує якість сільськогосподарської продукції. Як відомо, органічне землеробство має екологічні переваги, які знаходять прояв перш за все у принципі обробітку ґрунту та внесенні добрив, використанні ресурсозаощадливих технологій, мінімізації механічної обробки ґрунту та виключенні використання синтетичних речовин. Одним із важливих моментів є також те, що органічне землеробство забезпечує значні переваги для здоров'я сільськогосподарських працівників, знижує ризик втрати здоров'я, адже саме аграрії найбільш піддаються впливу пестицидів та інших хімічних сполук, які використовує традиційне сільськогосподарське виробництво. Вживання органічних продуктів мінімізує для споживачів шкоду від токсичних хімічних речовин, які містять у своєму складі переважна більшість вирощених іншими способами овочів та фруктів [1].

Отже органічне сільське господарство це система виробництва харчових продуктів, яка ґрунтується на принципах стійкого виробництва та використанні природних ресурсів без застосування синтетичних хімічних речовин. Основною метою органічного господарства є забезпечення високої якості продукції шляхом збереження та збалансованого використання ресурсів навколишнього

середовища [3].



Рис. 1. Переваги органічного сільського господарства для клімату [2].

Вплив сільського господарства на навколишнє середовище слід зменшити. Сільське господарство, засноване на принципах органічного сільського господарства та агроекологічних практиках, може бути частиною рішення переходу до стійких харчових систем та стійкості до клімату. Розвиток органічного землеробства повинен йти паралельно зі змінами у поведінці людей: розумне харчування, зменшення втрат їжі, вибір якості замість кількості та перетворення сільського господарства для зменшення впливу на навколишнє середовище [4].

Органічне землеробство має низку важливих переваг для довкілля, здоров'я споживачів і фінансової стабільності фермерів. Воно сприяє збереженню природних ресурсів, підтримує біорізноманіття та забезпечує сталі економічні вигоди [6].

Однією з ключових переваг органічного землеробства є його екологічна безпечність. Відмова від використання синтетичних пестицидів і хімічних добрив сприяє зменшенню забруднення ґрунтів та водних джерел. Органічні фермери активно впроваджують природозберігаючі методи, такі як компостування та мульчування, що сприяє покращенню структури ґрунту й підвищенню його родючості. Крім того, органічне господарство дотримується принципів сталого виробництва, використовуючи природні механізми контролю шкідників і хвороб, що допомагає підтримувати баланс екосистеми та зберігати біорізноманіття.

Органічні продукти вважаються безпечнішими для здоров'я, оскільки вони не містять залишків штучних пестицидів, гербіцидів, гормонів росту чи антибіотиків. Це зменшує ризик шкідливого впливу хімічних речовин на організм людини. Дослідження свідчать, що органічна продукція часто містить більше корисних поживних речовин, таких як вітаміни, мінерали та антиоксиданти, що позитивно впливає на загальний стан здоров'я.

Органічне сільське господарство відіграє важливу роль у підтримці біорізноманіття, адже воно сприяє збереженню природних середовищ існування

рослин і тварин. Завдяки використанню екологічних методів боротьби зі шкідниками, збереженню природного ґрунтового покриву та зменшенню забруднення водних ресурсів, у таких господарствах створюються сприятливі умови для існування різноманітних видів флори та фауни.

Попри те, що перехід на органічне виробництво може потребувати значних початкових інвестицій, у довгостроковій перспективі це приносить відчутні економічні вигоди. Органічна продукція зазвичай продається за вищою ціною через її якість і зростаючий попит. Крім того, відмова від синтетичних засобів захисту рослин та хімічних добрив дозволяє зменшити витрати на догляд за ґрунтом і управління шкідниками, оскільки органічне землеробство використовує природні механізми підтримки родючості та біологічного контролю.

Економічні переваги органічного виробництва полягають у тому, що при впровадженні сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур та розведення худоби згідно із принципами та вимогами органічного виробництва, при подальшому розвитку внутрішнього ринку в Україні в середньостроковій перспективі зростатиме прибутковість виробництва органічної продукції та її конкурентоздатність. Це відбуватиметься шляхом: поступового зростання природної продуктивності агроценозів та ґрунтів в умовах органічного аграрного виробництва; суттєвого зниження виробничих витрат завдяки відмові від застосування дорогих хімікатів та зменшення енергоємності виробництва, зокрема витрат на паливе та мастильні матеріали; підвищення самодостатності та скорочення залежності виробників від не вигідних умов зовнішнього фінансування – банківських кредитів і виплат з них [7].

Соціальні переваги органічного виробництва полягають у створенні додаткових робочих місць у сільській місцевості й нових перспектив для малих та середніх фермерських господарств, збільшенні життєздатності сільських громад тощо [5].

Отже як фермеру перейти на органічне виробництво [5]. Перехід на органічне виробництво в Україні вимагає комплексного підходу, але відкриває нові перспективи та можливості для розвитку. Сертифікована продукція цікава внутрішньому та міжнародному ринкам, що дає змогу збільшити прибуток і підвищити конкурентоспроможність.

Українське законодавство встановлює чіткі вимоги до виробництва: використання лише дозволених засобів захисту рослин і добрив; заборона застосування ГМО, синтетичних речовин та гормонів росту; чітке розмежування Organic та Non-Organic виробництва; ведення документації, що дає змогу відстежити походження продукції; збереження природних ресурсів, родючості ґрунтів, біорізноманіття; утримання тварин в умовах, близьких до природних; годівля тварин Organic кормами.

Перехід від традиційного сільського господарства – це серйозний крок, який потребує відповідних знань, ресурсів, наполегливості. Але в довгостроковій перспективі такі зусилля окупаються у вигляді кращої родючості ґрунтів, якості

продукції, здоров'я людей і довкілля. Органік виробництво позиціюється як більш стійке та ефективне з погляду раціонального використання природних ресурсів.

Для фермера, який планує перейти на органічне виробництво, можна дати такі загальні рекомендації [1]:

1. Обрати орган сертифікації та укласти договір.
2. Підготувати виробництво до інспекції, усунути невідповідності.
3. Пройти перевірку органу сертифікації.
4. Отримати сертифікат і право маркувати продукцію.
5. Впровадити процедури виробництва та документообігу згідно з вимогами.
6. Проходити щорічну сертифікацію для підтвердження статусу.

Для успішного переходу важливо ретельно вивчити стандарти, підготувати персонал, оптимізувати виробничі процеси. Рекомендується поетапний план, який дасть змогу мінімізувати ризики та витрати [7].

Висновок. Органічне землеробство є ефективною альтернативою традиційному агровиробництву, що поєднує екологічну безпечність, збереження природних ресурсів та економічні вигоди для фермерів. Відмова від синтетичних пестицидів і хімічних добрив сприяє покращенню якості ґрунтів, зниженню рівня забруднення водних ресурсів і збереженню біорізноманіття. Водночас органічні продукти мають вищу харчову цінність і є безпечнішими для здоров'я споживачів.

Економічні переваги органічного виробництва полягають у зростаючому попиті на екологічно чисту продукцію, що дозволяє фермерам отримувати вищі доходи та розширювати ринки збуту. Хоча перехід до органічного землеробства вимагає значних інвестицій і адаптації виробничих процесів, довгострокові вигоди, такі як підвищення родючості ґрунтів, зниження витрат на агрохімікати та стабільний розвиток аграрного сектора, роблять цей підхід перспективним і економічно доцільним.

З огляду на глобальні екологічні виклики, поширення органічного землеробства є важливим кроком до сталого розвитку сільського господарства. Впровадження екологічно безпечних методів виробництва сприятиме не лише збереженню довкілля, а й зміцненню економіки аграрного сектору, забезпечуючи здорове майбутнє для наступних поколінь.

Список використаної літератури

1. Переваги та виклики органічного сільського господарства: веб-сайт.
URL: <https://mindscope.biz.ua/organichne-zemlerobstvo/> (дата звернення 25.03.2025).
2. Переваги органічного землеробства та стан його розвитку в Україні: веб-сайт.
URL: <https://economicscience.com.ua/web/uploads/pdf/Economics%20and%20Business%20Management,%202022,%20Vol.%2013,%20No.%203-29-39.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

3. Чому органічне виробництво і сільське господарство: веб-сайт. URL:<https://organni.com/why-organic/> (дата звернення 25.03.2025).

4. Органічне виробництво в Україні: веб-сайт. URL: <https://www.eridon.ua/organichne-virobnictvo-v-ukrayini> (дата звернення 25.03.2025).

5. Розвиток органічного сільського господарства в системі євроінтеграційних процесів в Україні: веб-сайт. URL: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_06/140.pdf (дата звернення 25.03.2025).

6. Основи органічного землеробства: веб-сайт. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agronomija/Organic_crop_production/Organic_crop_production/1/1.htm (дата звернення 25.03.2025).

7. Органічне виробництво в Україні: веб-сайт. URL: <https://weagro.com.ua/blog/organichne-vyrobnycztvo-v-ukrayini/> (дата звернення 25.03.2025).

Владислав ДОМОЖИРОВ³⁴,
студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

БЕЗПІЛОТНИКИ: ВІД ФАНТАСТИКИ ДО РЕАЛЬНОСТІ - ЯК ДРОНИ ЗМІНЮЮТЬ СВІТ

***Анотація.** У статті досліджено еволюцію безпілотних літальних апаратів від концепцій наукової фантастики до їхнього широкомасштабного використання в агропромисловому комплексі та інших сферах. Проаналізовано застосування дронів у сільському господарстві, військовій, комерційній, науковій та гуманітарній галузях. Особливу увагу приділено впливу безпілотних технологій на аграрний сектор.*

***Annotation.** The article examines the evolution of unmanned aerial vehicles (UAVs) from science fiction concepts to their large-scale application in the agro-industrial sector and other fields. The key areas of drone deployment are analyzed, including agriculture, military, commercial, scientific, and humanitarian domains. Particular attention is given to the impact of unmanned technologies on the agricultural sector.*

Вступ. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) вже давно перестали бути виключно елементом наукової фантастики й стали важливим інструментом у

³⁴Науковий керівник - Захаревич М.П., викладач кафедри української та іноземних мов.

різних сферах економіки, зокрема в агробізнесі. Завдяки інноваційним технологіям дрони відкривають нові можливості для оптимізації сільськогосподарських процесів, підвищення продуктивності та ефективного управління ресурсами. Сучасні БПЛА оснащені штучним інтелектом, сенсорними системами та аналітичним програмним забезпеченням, що дозволяє фермерам та аграрним підприємствам проводити високоточний моніторинг полів, оцінювати стан посівів, оптимізувати використання добрив і засобів захисту рослин. Це не лише сприяє зростанню врожайності, а й мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище.

У цій статті проаналізовано роль дронів у розвитку агробізнесу, їхній вплив на ефективність аграрного виробництва, а також перспективи інтеграції безпілотних технологій у сільськогосподарські процеси майбутнього. Особливу увагу приділено автоматизації, застосуванню великих даних та потенційним викликам, пов'язаним із впровадженням цих технологій.

Безпілотні літальні апарати відіграють велику роль у житті сучасної людини. Вони використовуються в різних сферах діяльності людини, від військових завдань до внесення добрив у сільськогосподарські культури. Проаналізуємо вплив безпілотників на людство їх розвиток та сфери використання.

Виклад основного матеріалу. Безпілотний літальний апарат – це апарат що може злітати та здійснювати політ без присутності пілота на його борту [1].

Політ може здійснюватися під дистанційним керуванням оператора як віддалено пілотований літальний апарат. За сучасним визначенням, безпілотником є лише той апарат, який перебуває під постійним контролем оператора [1].

Безпілотники також діляться за способом керування ними на:

1. Безпілотні некеровані;
2. безпілотні автоматичні;
3. безпілотні дистанційно-пілотовані літальні апарати (ДпЛА).

У сучасному світі термін “Безпілотник” найбільш асоціюється з останім видом [1].

До навігації також входять компаси - які дозволяють визначити напрямок руху безпілотника відносно магнітного поля Землі. Системи GPS які можуть відслідковувати місцезнаходження та швидкість дрона за допомогою супутників.

Також окрім GPS можуть використовуватися інші системи навігвції: GLONASS, BeiDou та Galileo [2].

Про безпілотні літальні апарати відомо ще з XIX століття. У 1848-1849 роках коли італійці повстали проти панування Австрійської імперії, саме проти Венеції австрієці використали перші в світі БПЛА. В літку 49-го вони запустили приблизно 200 повітряних куль до яких було прикріплені вибухові заряди, до них кріпились мідні дроти і коли оператор дистанційно подавав електричний сигнал на них бомби вибухали [3].



Рис. 1. Нікола Тесла та перший радіокерований дрон [3].

Відомий інженер Нікола Тесла у 1898 році представив світу перший човен на радіоуправлінні [4].

Амереканець Чарльз Кетергін створив дрон-бомбу, за задумом літак начинений вибухівкою керувався спеціальним механізмом і в визначений момент скидав крила і падав на ворога [4].

Безпілотні літальні апарати застосовуються у військовій справі, логістиці, сільському господарстві, будівництві та наукових дослідженнях, значно підвищуючи ефективність процесів. В агробізнесі вони використовуються для моніторингу посівів, внесення добрив і боротьби зі шкідниками, що сприяє зростанню врожайності та оптимізації ресурсів. Крім того, дрони відіграють ключову роль у надзвичайних ситуаціях, зокрема для проведення рятувальних операцій, контролю за лісовими пожежами та спостереження за екологічним станом довкілля.

Картографування – це коли за допомогою БПЛА здійснюється фото відео зйомка, для створення карт місцевості, або виділення контурів полів.

В медицині застосування дронів використовується для швидкої доставки медичних препаратів для пацієнтів [5].

Військова справа: використання безпілотників для скиду бомб на противника, проведення військової розвідки, використовують також FPV дрони це такі собі камікадзе які застосовують для знищення техніки і особового складу противника [5].

Безпілотники відіграють важливу роль в аграрній сфері у допомозі створені GPS карт, а також в швидкому та ефективному внесенні добрив та гербіцидів у сільськогосподарські культури. З їх допомогою проводять моніторинг стану полів та продуктивності у реальному часі [5].

Сучасні БПЛА є швидкими та зручними в сфері доставки, тому ця перевага застосовується у медичній, військовій, аграрній та інших сферах діяльності. Також їх використовують для доставки продуктів та інших товарів [5].



Рис. 2. Використання дронів [5].

Приклади дронів залежно від їх використання. Дрон - оприскувач ХАG Р40 його перевагою є вибір розміру крапель в діапазоні, 60-400 мкм. Корпус виконано з міцного та легкого алюмінію. Він має засоби захисту від вологості, корозії та пилу за стандартами IP67. Має інтелектуальний контролер SuperX4 для полегшення керування [6].

У військових цілях: Bayraktar TB2 - турецький ударний оперативно-тактичний середньовисотний безпілотний літальний апарат з великою тривалістю польоту, здатний виконувати дистанційно керовані або автономні польоти. Він є дуже ефективним розвідувальником та бомбардувальником. Також ці дрони беруть участь у російсько - українській війні [7].

Короткі характеристики: довжина: 6.5 м, висота: 2.2 м, розмах крил: 12 м, автономність до 27 годин, вантажопідйомність 150 кг, швидкість: до 300 км/год.

Медичні дрони знаходять широке застосування в доставці медичних засобів, зокрема ліків, вакцин і крові, до важкодоступних регіонів, що забезпечує своєчасне надання медичної допомоги. Вони використовуються для транспортування лабораторних зразків, що дозволяє значно скоротити час на отримання результатів і покращити ефективність діагностики. Крім того, медичні дрони можуть бути оснащені дефібриляторами та іншими медичними приладами, що дозволяє швидко реагувати на екстрені випадки та рятувати життя.

У Швеції такий дрон допоміг урятувати життя 71 річного чоловіка, у якого трапився серцевий напад [8].

Висновки. Розвиток безпілотних літальних апаратів від наукової фантастики до реального впровадження у різні сфери діяльності свідчить про їхню високу технологічну та економічну значущість. Сучасні дрони активно використовуються у військовій справі, логістиці, сільському господарстві, медицині, будівництві та екологічному моніторингу, сприяючи підвищенню ефективності, автоматизації процесів та оптимізації використання ресурсів.

Розвиток безпілотних літальних апаратів став важливим чинником трансформації агропромислового комплексу, сприяючи автоматизації та підвищенню ефективності сільськогосподарських процесів. Використання дронів у сільському господарстві забезпечує точний моніторинг посівів, оптимізацію внесення добрив і засобів захисту рослин, що дозволяє зменшити витрати та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Подальша інтеграція безпілотних технологій із системами штучного інтелекту та великими даними відкриває нові перспективи для аграрного виробництва, забезпечуючи його стійкість до змін клімату та глобальних економічних викликів. Незважаючи на низку технічних, економічних і правових бар'єрів, активний розвиток дронів сприятиме підвищенню продуктивності агросектору, ефективному використанню ресурсів і впровадженню інноваційних підходів у сучасне сільське господарство.

Список використаної літератури

1. Безпілотні літальні апарати та види їх керування: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D1%96%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82 (дата звернення 23.03.2025).
2. Міністерство освіти і науки України Харківський національний університет радіоелектроніки: веб-сайт. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/47dc5198-6655-4dc4-b342-383365085d26/content> (дата звернення 23.03.2025).
3. Історія виникнення БПЛА XIX століття: веб-сайт. URL: <https://glavcom.ua/longreads/droni-tesla-ta-merilin-monro-10-faktiv-z-istoriji-bezpilotnikov--985080.html> (дата звернення 23.03.2025).
4. Історія розвитку дронів: від витоків до сьогодення: веб-сайт. URL: <https://vikna.if.ua/cikavo/134632/view> (дата звернення 23.03.2025)
5. У яких сферах використовують дрони: веб-сайт. URL: https://brain.com.ua/ukr/brain_guide/Droni-sferi-zastosuvannya-zaraz-i-v-maybutnomu/?srsltid=AfmBOoo3EguN0LaHraiA3pkb79JlKvfPLpaAFWnVOF7-t1r97ryhlLzx (дата звернення 23.03.2025).
6. Дрони для сільського господарства: для чого вони і як обрати: веб-сайт. URL: <https://weagro.com.ua/blog/drony-dlya-silskogo-gospodarstva-dlya-chogovony-i-yak-obraty/> (дата звернення 24.03.2025).
7. Bayraktar TB2: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Bayraktar_TB2 (дата звернення 24.03.2025).
8. Вперше в історії медицини»: у Швеції дрон з дефібрилятором врятував життя чоловіку: веб-сайт. URL: <https://hromadske.ua/posts/vpershe-v-istoriyi-medicini-u-shveciyi-dron-z-defibrilyatorom-vryatuvav-zhittya-choloviku> (дата звернення 24.03.2025).

Олександр ВАЛЬЧУК³⁵,
студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

***Анотація:** У статті розглянуто використання дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у точному землеробстві. Проаналізовано основні методи збору даних за допомогою супутникових та безпілотних технологій. Окреслено значення спектрального аналізу рослинності для моніторингу стану посівів, визначення рівня вологості ґрунту, виявлення шкідників і хвороб. Особлива увага приділена оптимізації внесення добрив, засобів захисту рослин та управлінню водними ресурсами на основі просторового аналізу. Наведено переваги впровадження ДЗЗ у сільське господарство, що сприяє зниженню витрат ресурсів і підвищенню врожайності.*

***Ключові слова:** дистанційне зондування Землі, точне землеробство, супутникові знімки, безпілотники, спектральний аналіз, агромоніторинг, управління ресурсами, врожайність.*

***Annotation:** The article deals with the use of remote sensing in precision agriculture. The main methods of data collection using satellite, aerial photography and unmanned technologies are analyzed. The importance of spectral analysis of vegetation for monitoring the condition of crops, determining the level of soil moisture, and detecting pests and diseases is outlined. Particular attention is paid to the optimization of fertilization, plant protection products and water management based on spatial analysis. The advantages of implementing remote sensing in agriculture, which helps to reduce resource costs and increase yields, are presented.*

***Keywords:** remote sensing, precision agriculture, satellite images, drones, spectral analysis, agromonitoring, resource management, yield.*

Вступ. Вступ. Дистанційне зондування земель (ДЗЗ) є потужним інструментом сучасного сільського господарства, забезпечуючи точний моніторинг позицій та ефективно керувати ресурсами. Завдяки використанню супутників та безпілотних технологій фермери можуть отримувати детальну інформацію про виправдання, рослини та умови навколишнього середовища. Таким чином, ви можете оптимізувати запровадження добрив, засобів захисту врожаю та води та швидко визначити такі проблеми, як шкідники та захворювання [1]. Впровадження SMZ у сільськогосподарську практику не тільки зменшує витрати на ресурси, але й припиняє врожайність, що сприяє сталому розвитку сільського господарства.

³⁵ Науковий керівник - Холодюк О.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу
671

Постановка завдання. Метою статті є дослідження сучасних методів дистанційного зондування Землі та їхнього застосування у точному землеробстві. Аналізується роль супутникових знімків, аерофотозйомки та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у зборі інформації про стан посівів та ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) дозволяє здійснювати сканування поверхні планети з роздільною здатністю від кількох метрів до кількох сантиметрів. Цю технологію широко застосовують для автоматизації виробничих процесів, підвищення врожайності та мінімізації негативного впливу навколишнього середовища на посіви [1].

Пристрої для ДЗЗ, розміщені на космічних платформах, поділяються на активні та пасивні. Активне зондування використовує спеціальні джерела випромінювання (радіохвильове, світлове, інфрачервоне, лазерне тощо), тоді як пасивне ґрунтується на аналізі відбитих сигналів. Останній метод більш залежний від часу доби та положення небесних тіл, проте він спрощує конструкцію обладнання та знижує витрати на отримання даних [1].

У точному землеробстві ДЗЗ використовується для створення агротехнологічних електронних карт (АТЕК), які допомагають вносити добрива, застосовувати засоби захисту рослин та виконувати інші технологічні операції. При цьому точне позиціонування техніки здійснюється за допомогою сучасних навігаційних систем [4].

Основною перевагою супутникового моніторингу є можливість ретроспективного аналізу. Провайдери зберігають архів супутникових знімків, що дозволяє не лише оцінити поточний стан посівів, а й проаналізувати їх зміни за останні роки. Це допомагає вивчити динаміку врожайності, відстежити наслідки попередніх агротехнічних рішень і внести корективи у майбутні робочі плани [4].

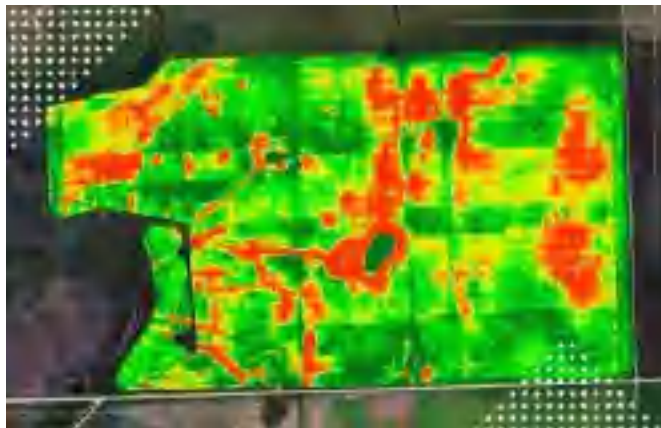


Рис. 1. Моніторинг полів

Застосування дистанційних методів моніторингу відіграє ключову роль на всіх етапах вирощування культур – від підготовки ґрунту до збору врожаю. На початковому етапі проводиться оцінка стану ґрунту, включаючи якість його обробки та особливості рельєфу (висоти, яри, інші характеристики ділянки). Другий етап передбачає моніторинг сходів. За допомогою спеціальних пристроїв фіксується густина посівів та виявляються ділянки з нерівномірним розвитком

рослин. Аналіз отриманих знімків допомагає визначити рівень втрат і, за необхідності, ухвалити рішення щодо підсіву або пересіву. Порівнюючи ці дані з іншими полями, можна оцінити загальний рівень втрат сходів у господарстві. Третій етап включає контроль за внесенням добрив і підживленням рослин. Супутникові та дроніві знімки дозволяють визначити ділянки, де культури відчують дефіцит поживних речовин. На основі цієї інформації формується план внесення добрив або створюється електронна карта-завдання для їх диференційованого розподілу [1].

Ще одним важливим аспектом є оцінка рівня засміченості поля бур'янами. За статистикою, їхня присутність може зменшувати врожайність більш ніж на 30%. Визначити концентрацію бур'янів допомагають безпілотники: завдяки низькій висоті польоту та високій роздільній здатності знімків можна створити детальну карту, яка дозволяє відрізнити культурні рослини від небажаної рослинності [4].

Технологія GPS підвищує ефективність виконання агротехнічних операцій, забезпечуючи точне керування технікою без необхідності розмітки чи інших методів орієнтації. Крім того, впровадження ключових принципів інтегрованої системи точного землеробства, таких як моніторинг стану ґрунту, внесення добрив, обробіток ґрунту, сівба та догляд за рослинами, неможливе без використання навігаційних систем GPS і ГЛОНАСС [1].

Методи зондування поділяються на пасивні та активні. Пасивні методи використовують природне відбите або вторинне теплове випромінювання об'єктів земної поверхні, яке виникає під впливом сонячної енергії. Натомість активні методи базуються на застосуванні штучно створеного випромінювання, що генерується спеціальним джерелом спрямованої дії [1]. Інформація, отримана за допомогою дистанційного зондування Землі з орбітальних апаратів, значною мірою залежить від атмосферної прозорості. З цієї причини на космічних платформах встановлюють багатоканальне обладнання як пасивного, так і активного типу, яке фіксує електромагнітне випромінювання в різних спектральних діапазонах.

Серед сучасних систем дистанційного зондування із середньою роздільною здатністю особливе місце займає прилад MODIS, який функціонує на супутниках Terra (рис. 3) та Aqua (рис. 2). Отримані з його допомогою дані широко застосовуються для моніторингу стану рослинності на глобальному рівні. MODIS фіксує зображення у 36 спектральних діапазонах, що охоплюють видиме та інфрачервоне випромінювання, з роздільною здатністю 250 м, 500 м і 1 км. Завдяки цьому система дозволяє оновлювати інформацію про будь-яку ділянку Землі щодня.

Активні методи дистанційного зондування Землі мають численні переваги, адже їх можна використовувати для різноманітних цілей та за різних умов. Зокрема, пристрої цього типу здатні працювати незалежно від часу доби, оскільки не потребують сонячного світла, і мало залежать від атмосферних явищ. Цей метод застосовується як у наукових дослідженнях, так і в практичних

задачах. Наприклад, за допомогою таких технологій було зібрано дані про рельєф Землі під час топографічної місії шатла Shuttle Radar Topography Mission (рис. 4).



Рис. 2. Супутник Aqua



Рис. 3. Супутник Terra

Лідар, який використовується в космічному дистанційному зондуванні, став основним інструментом для створення цифрових моделей поверхні планети. Дані, отримані таким способом, є важливими для агрономії та лісівництва, а також для моніторингу важкодоступних районів під час пошуково-рятувальних операцій [2]. Ехолоти, в свою чергу, застосовуються для прогнозування погоди завдяки здатності вивчати вертикальні шари атмосфери, надаючи інформацію про вологість, температуру, опади та наявність чи відсутність хмар. З комбінуванням даних від кількох супутників і їх динамічним аналізом можна отримувати точні короткострокові прогнози, що дозволяє зменшити витрати на полив, вчасно захищати рослини від природних катастроф і обирати найкращий момент для застосування агрохімікатів або збирання врожаю.

Прилади, що розміщуються на космічних платформах, можна поділити на два типи - активні та пасивні. Активне дистанційне зондування Землі передбачає використання різних джерел випромінювання, таких як радіохвилі, світло, інфрачервоне випромінювання, лазери тощо. Пасивне дистанційне зондування, натомість, базується на прийомі лише відбитих сигналів, що робить його залежним від часу доби та орієнтації космічних об'єктів, але спрощує конструкцію приладів і знижує витрати на отримання даних. Тепер розглянемо детальніше методи, що застосовуються в дистанційному зондуванні Землі [3].

Мікрохвильове сканування (рис. 5) полягає у використанні радіохвиль від 1 см до 1 м, які здатні безперешкодно проходити через атмосферу Землі, не відбиваючись від хмар та не розсіюючись через несприятливі погодні умови. У сільському господарстві найбільше застосовуються пасивні методи мікрохвильового дистанційного зондування Землі. Вони дають змогу визначати рівень вологості ґрунту та повітря, концентрацію озону в атмосфері та температуру поверхні. Активне мікрохвильове сканування застосовується рідше, але воно дозволяє визначати контури об'єктів, створюючи карти фізичного рельєфу та розташування об'єктів. Зазвичай його використовують для уточнення отриманих даних та створення багатошарових карт для сільського господарства. [3].

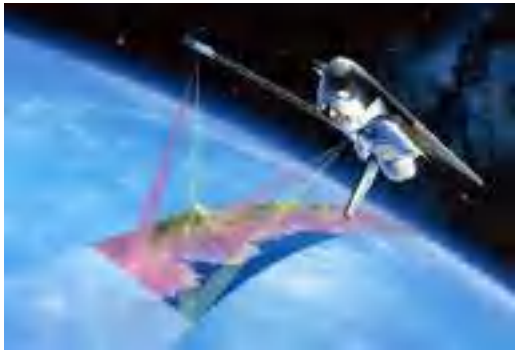


Рис. 4. Шатл Shuttle Radar Topography Mission



Рис. 5. Супутник з мікрохвильовим радаром «Sentinel-1»

Гіперспектральне сканування полягає в аналізі видимого світла, яке відбивається від поверхні Землі. Гіперспектральні датчики (рис. 6), на відміну від звичайних спектрометрів, здатні розрізняти сотні, а інколи й тисячі різних діапазонів світлових хвиль. Це дозволяє виявляти навіть найдрібніші відтінки зеленого - від молодого до зрілого листя, а також здорові та хворі рослини. Такі технології використовуються і в системах автоматизації агроскаутингу компанії FRENDT, що дає змогу отримувати дані про стан полів через мобільні додатки та обирати оптимальні стратегії землеробства. Пасивне гіперспектральне сканування надає цінну інформацію для дистанційного зондування Землі. Завдяки аналізу діапазонів ближнього та середнього інфрачервоного випромінювання датчики можуть оцінювати рівень нагрівання поверхні планети та виявляти потенційні пожежі. Це дозволяє своєчасно ухвалювати важливі рішення, такі як збільшення поливу чи виклик екстрених служб [3].

Основна мета системи ДЗЗ точного землеробства - це застосування диференційованого підходу до різних частин поля. Адже відомо, що родючість ґрунту та розвиток рослин варіюються по всьому полю. Це підтверджується зображеннями рослинності, отриманими з космічних знімків, на основі яких за допомогою спеціального програмного забезпечення створюється цифрова мапа подібності та розвитку рослин (рис. 7). Виявивши проблемні ділянки на цій мапі, агроном виїжджає безпосередньо на ці зони, проводить аналіз ґрунту та здійснює диференційоване внесення добрив[5].



Рис. 6. Супутник з гіперспектральним радаром «EnMAP»

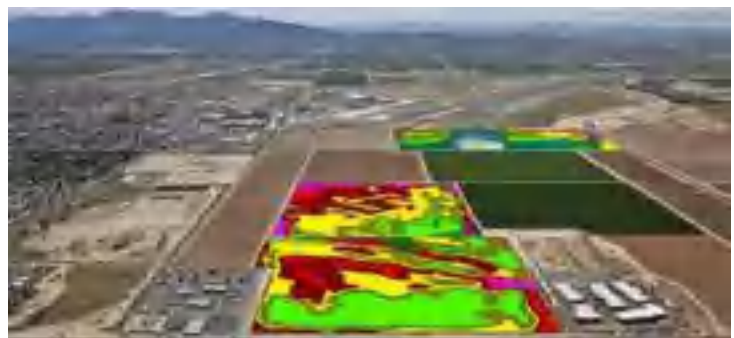


Рис.7. Цифрова карта розвитку рослин

Для створення та збереження інформації, а також для формування карт

врожайності та вирішення інших завдань використовують польові комп'ютери (рис. 8). Працюючи разом з навігаційним пристроєм, вони дозволяють зберігати дані, здійснювати картування, аналізувати зразки ґрунту та вести топографічну карту. Завдяки ємкісним батареям користувач може працювати в полі протягом усього дня, не турбуючись про збереження даних. Вбудована флеш-пам'ять забезпечує збереження інформації навіть у разі перезавантаження чи повного розрядження акумулятора. Дисплей дозволяє швидко виводити великі графічні зображення та файли даних ГІС, причому зображення на кольоровому сенсорному екрані чітко видимі навіть під прямими сонячними променями, що дає змогу переглядати деталізовану графіку безпосередньо в полі. [5].



Рис. 8. Польовий комп'ютер

Отримати дані про площу поля та його агрохімічний стан можна за допомогою мобільного автоматизованого комплексу, що включає навігаційну систему, польовий комп'ютер, автоматичний пробовідбірник 1 та автомобіль. Цей мобільний комплекс дозволяє здійснити повне автоматизоване польове обстеження з визначеним кроком (розміром елементарної ділянки), забезпечуючи точне та ефективно збирання даних [5].

Слід зазначити, що основною характеристикою сучасного етапу розвитку дистанційного зондування є його комерціалізація. На Заході приватні компанії активно запускають комерційні супутники, які здатні забезпечити роздільну здатність до метра на місцевості. Найсучасніші з них - супутники Ikonos та Quick Bird (рис. 9 і 10). Вони здатні розрізняти об'єкти розміром 1,5–2 м (включаючи окремі дерева та кущі), що дозволяє вирішувати значно ширший спектр задач: визначати пригнічення або загибель рослин на певних ділянках, оцінювати густоту крон плодкових дерев, виявляти захворювання рослин тощо. У Західній Європі, де середня площа полів становить 5–10 га, саме такі супутники використовуються в технологіях точного землеробства [6]. Західні фермери часто звертаються до авіаційних методів дистанційного зондування, використовуючи малі легкомоторні літаки з відповідним обладнанням, які надають приватні авіакомпанії. Такий літак може обстежити значну площу за годину, що робить цей метод значно дешевшим і швидшим у порівнянні з іншими способами. Для фермера це дуже вигідно, оскільки йому не важливо, з якої висоти буде здійснене знімання поля; головне - отримати інформацію про

проблеми на полі, ідентифікувати їх і знайти шляхи вирішення.

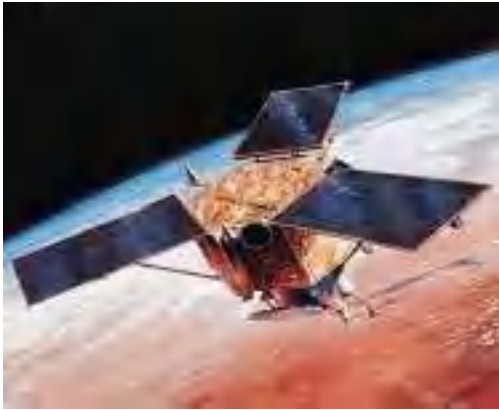


Рис.9 Супутник Ikonos



Рис.10 Супутник Quick Bird

Висновки. Дистанційне зондування Землі – це сучасний спосіб отримувати важливу інформацію про нашу планету з великої відстані, наприклад, за допомогою супутників, літаків або дронів. Ці методи допомагають нам дізнаватися про стан полів, лісів, водойм та багато іншого, щоб ми могли краще піклуватися про нашу Землю.

Список використаної літератури

1. Сербій В. Дистанційне зондування землі. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/876-dystantsiine-zonduvannia-zemli.html> (дата звернення 10.03.2025 р.)
2. Види дистанційного зондування землі їх застосування. URL: <https://eos.com/uk/blog/vydy-dystantsiinoho-zonduvannia/> (дата звернення 23.03.2025 р.)
3. Дистанційне зондування землі види та перспективи. URL: https://weagro.com.ua/blog/dystanczijne-zonduvannya-zemli-vydy-ta-perspektyvy/#endpoint_7 (дата звернення 15.03.2025 р.)
4. Моніторинг полів в сільському господарстві: як застосовувати отримані дані. URL: <https://blog.agrokebety.com/monitorynh-poliv-v-silskomu-hospodarstvi> (дата звернення 24.03.2025 р.)
5. Сонько С. П. Точне землеробство на основі GPS/GIS. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/gpsgis-44716413/44716413#5> (дата звернення 10.03.2025 р.)
6. Космос як найвищий рівень аграрних технологій. URL: <https://propozitsiya.com/ua/kosmos-yak-nayvishchiy-riven-agrarnih-tehnologiy> (дата звернення 25.03.2025 р.)

НАПРЯМ

4

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ СУЧАСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Олег ДАВИМОКА³⁶,

студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНЖЕНЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

***Анотація.** У статті досліджено методи оптимізації перевезення сільськогосподарської продукції із застосуванням інженерних технологій та імітаційного моделювання. Розглянуто алгоритми маршрутної логістики, вплив цифрових технологій на ефективність транспортування, зменшення витрат і підвищення якості перевезень.*

***Ключові слова:** оптимізація, перевезення, продукція, інженерні технології, імітаційне моделювання, транспортні системи.*

***Annotation.** The article investigates methods of optimizing the transportation of agricultural products using engineering technologies and simulation modeling. The algorithms of route logistics, the impact of digital technologies on transportation efficiency, cost reduction and improvement of transportation quality are considered.*

***Key words:** optimization, transportation, products, engineering technologies, simulation modeling, transportation systems.*

Вступ. Умови розвитку сільськогосподарського виробництва та збільшення обсягів перевезень ставлять важливу задачу щодо підвищення продуктивності праці, збереження якості та зниження собівартості і втрат сільськогосподарської продукції під час транспортування. Це питання набуває

³⁶Науковий керівник – Лисенко Р.М., асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

особливої актуальності в умовах сучасних викликів і потребує впровадження інженерних технологій для оптимізації процесів транспортування.

Транспортна стратегія України до 2030 року, з прогнозом на період до 2035 року, затверджена розпорядженням Уряду України від 27 листопада 2021 року № 3363-р. Нова стратегія орієнтована на усунення недоліків у транспортній мережі, створення стабільних і надійних транспортних шляхів, а також на організацію ефективного і швидкого перевезення вантажів, зокрема сільськогосподарської продукції.

Для забезпечення безперебійної роботи сільськогосподарських виробників важливо мати розвинену транспортну мережу з ефективно сформованою структурою виробничих запасів, що дозволяє уникати та мінімізувати можливі простой. Особливо важливим є забезпечення своєчасного і безпечного транспортування продукції, адже для агропромислового комплексу (АПК) перевезення сільськогосподарської продукції часто здійснюються автомобільним транспортом. Цей фактор є одним із визначальних у забезпеченні конкурентоспроможності продукції та ефективності аграрних підприємств. Застосування методу імітаційного моделювання дозволяє отримувати рішення при зміні вхідних параметрів і проводити детальний аналіз динаміки системи, враховуючи зміни в підсистемах і параметрах зовнішнього середовища. Це дає змогу відстежувати всі логічні умови та нелінійність процесів. Однією з переваг використання AnyLogic є інтеграція з GIS-картами, що дозволяє моделювати процеси в реальному часі. Крім того, програма дає можливість комбінувати різні види моделювання, такі як системна динаміка, дискретно-подієве моделювання та агентне моделювання, що розширює можливості для аналізу складних аграрних та економічних систем.

Таке поєднання моделювань забезпечує більш точний та гнучкий підхід до вирішення задач у сільському господарстві, що дозволяє оптимізувати управлінські рішення і покращити процеси, пов'язані з логістикою, виробництвом і розподілом ресурсів.

Виклад основного матеріалу. За даними ФАО (FAO, 2022), у світі рівень втрат фруктів і овочів на стадії транспортування становить 3...18%. В Україні понад 15...20% плодоовочевої продукції не доходить до споживача через низьку якість перевезення і недостатній рівень використання транспортних засобів. Простой в пунктах навантаження і розвантаження, що займають до 50% часу, погіршують збереження продукції. Щорічні збитки від втрат становлять близько 8 млрд грн, а транспортні витрати досягають 30...40% від собівартості продукції. Промислове виробництво овочів в Україні у 2023 р. становило 7,2 млн т, при цьому більша частина продукції вироблена в умовах відкритого ґрунту (5,5 млн т). За даними Держстату України, щорічно найбільші обсяги виробництва припадають на ріпчасту цибулю (113,0 тис. т), капусту (101,0 тис. т), моркву (39,3 тис. т), столовий буряк (22,5 тис. т). В умовах відкритого ґрунту лідирують за обсягами вирощеної продукції огірки (870,5 тис. т) і томати (724,1 тис. т).

Ключовою умовою збереження продукції є дотримання режимів перевезення та зберігання овочів і фруктів згідно з СанПіН № 2.3.6.3668-20.

Швидкопсувні продукти (картопля, цибуля, часник, коренеплоди, яблука, груші, цитрусові, зелень, упаковані в контейнери) з метою мінімізації витрат на транспортування часто перевозять у відкритих вантажівках без холодильних систем, що призводить до механічних пошкоджень і псування продукції.

Застосування рефрижераторів і дотримання швидкісного режиму водієм допомагають захистити продукцію від псування та пошкоджень. Упаковка для перевезення овочів має захищати плоди від тертя та ударів і виготовлятися з екологічного матеріалу. Овочі і фрукти, що виділяють етилен, мають транспортуватися і зберігатися окремо з продукцією, що зазнає шкідливого впливу. З метою економічної доцільності несумісну продукцію часто транспортують в одному рефрижераторі, розміщуючи її в протилежних частинах кузова, збільшуючи термін спільного зберігання до двох діб. Під час аналізу показників, що впливають на якість і собівартість транспортування продукції АПК, виявлено, що, крім умови транспортування, а саме сезонності, режимів перевезення та зберігання овочів і фруктів, необхідно враховувати експлуатаційні витрати на перевезення (тривалість маршруту, тип кузова, витрата палива і ПММ, витрати на технічне обслуговування та ремонт).

Для онлайн-моніторингу цих показників у режимі реального часу та фіксування умов перевезення в конструкцію транспортного засобу (автомобіль) пропонується встановити термодатчики і датчики вологості, камери фіксування положення вантажу та блок телематики, який отримуватиме й оброблятиме дані від стандартних (датчики рівня пального, завантаження транспортного засобу, швидкості та ін.) і додаткових датчиків та відправлятиме інформацію на комп'ютер оператора (рис. 1).

Одним із факторів доставки продукції є час безвідмовної роботи транспортних засобів, що здійснюють перевезення. У реальних умовах експлуатації вихід з ладу транспортних засобів відбувається внаслідок виникнення випадкових відмов.

Одним із ключових комплексних показників роботи парку машин є коефіцієнт технічної готовності, який відображає роботу машин протягом певного періоду [3-5].

У результаті проведених досліджень під наглядом перебували 306 вантажних автомобілів транспортної компанії «Технологія руху», з них 118 од. - KAMAZ (5490, 4389 F1, M 1840, M 1945). T 2640), 64 од. - SCANIA (G400, R400, R440), 121 од. - MERCEDES-BENZ ACTROSS (1836, 1841LS, 1844LS, 1845LS, 1846LS, 1848LS, 1853LS, 1840L) та ін. Середній пробіг машин з моменту початку експлуатації становив близько 700 тис. км. Для оцінки впливу показників безвідмовності на ефективність роботи парку машин зібрано та систематизовано статистичні дані про кількість ремонтно-технічних впливів щодо марок транспортних засобів (рис. 2, 3). Аналіз відмов усіх розглянутих машин показав пікову кількість відмов під час пробігу 320...600 тис. км.

Характерними відмовами автомобілів SCANIA є несправності в двигуні (36,7%), електрообладнанні (22,5%) і трансмісії (8,1%); у KAMAZ - у гальмівній системі (18,6%), електрообладнанні (13,3%) і трансмісії (13,3%); у MERCEDES -

у ходовій частині 17,2%), електрообладнанні (17,7%) і гальмівній системі (13,9%). Оцінка відмов і часу їх усунення дає змогу визначити найменш надійні вузли та агрегати.



Рис. 1. Архітектура програмно-апаратного комплексу.

Автомобілів, що потребують особливої уваги під час підготовки транспортного засобу до випуску в рейс. Інформація про парк машин і дані, отримані від додаткового обладнання, встановленого нами на транспортних засобах, дали змогу зібрати інформацію, необхідну для опису процесу, і розробити алгоритм оптимізації показників, що впливають на собівартість і якість транспортування сільськогосподарської продукції. Нині багато українських підприємств, адаптуючи зарубіжний досвід, впроваджують у свою виробничо-господарську діяльність різні підходи до управління матеріально-технічним забезпеченням на базі систем MRP, MRPII, ERP, DRP тощо. Найцікавішою є система типу «Точно в строк» (just-in-time) - ЛІТ-система, яка характеризується точними термінами перевезення та обліку виробничою потужністю підприємства. Ступінь досягнення основної мети ЛІТ-системи залежить від досягнення таких допоміжних цілей, як. Цілей: виключення збоїв і порушень у процесі виробництва; гнучкість і адаптивність самої системи; скорочення виробничих термінів і часу підготовки до процесу; зведення до мінімуму матеріальних запасів; усунення необґрунтованих витрат. У рамках

поточного дослідження розроблення моделі виконано і налаштовано відповідно до особливостей ЛІТ-системи.

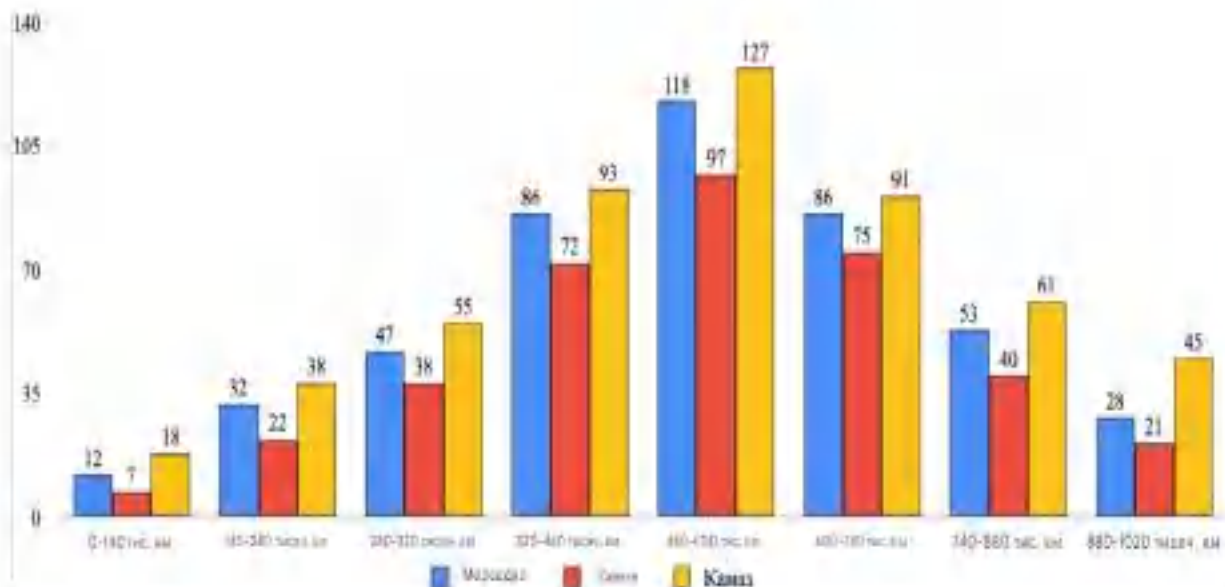


Рис. 2. Розподіл відмов транспортних засобів залежно від пробігу.

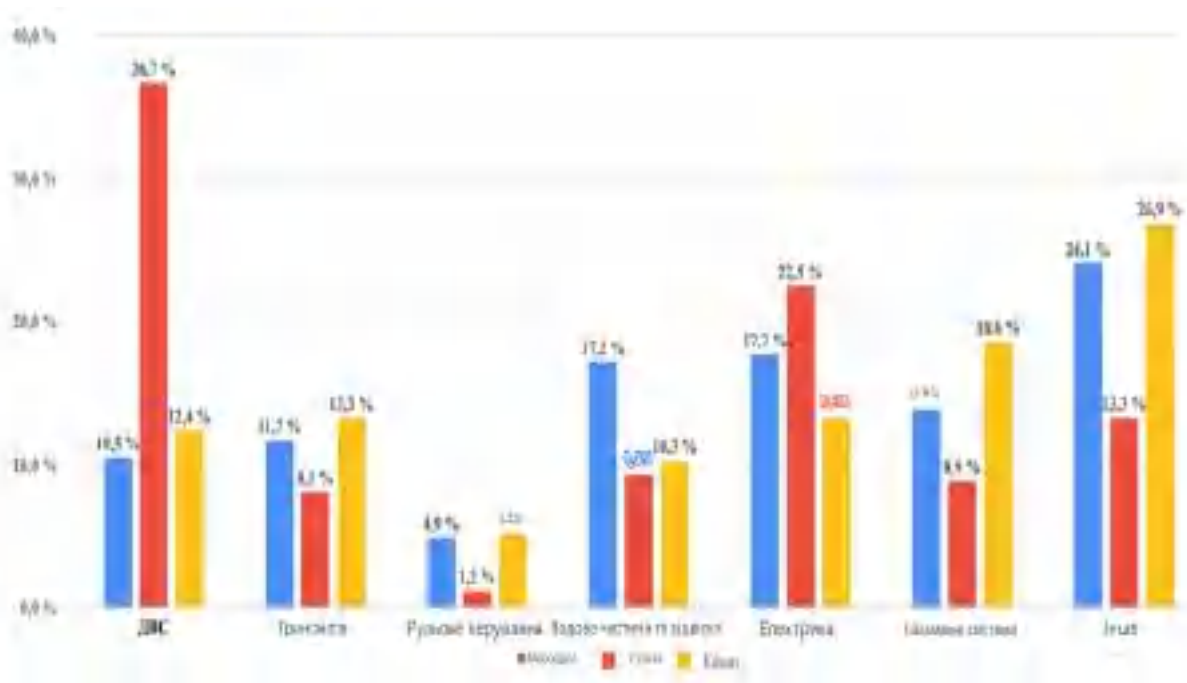


Рис. 3. Порівняльна гістограма розподілу відмов транспортних засобів.

Цілей: виключення збоїв і порушень у процесі виробництва; гнучкість і адаптивність самої системи; скорочення виробничих термінів і часу підготовки до процесу; зведення до мінімуму матеріальних запасів; усунення необґрунтованих витрат. У рамках поточного дослідження розробку моделі виконано та налаштовано відповідно до особливостей ЛІТ-системи.

Для визначення значення показників оперативного планування перевезення сільськогосподарської продукції побудовано та досліджено модель

у середовищі імітаційного моделювання AnyLogic [6, 7]. Імітаційна модель розроблена програмно-обчислювальним комплексом «Сапфір».

Структура моделі складається з декількох взаємопов'язаних блоків, які описують поведінку транспортних засобів під час виконання процесу перевезення сільськогосподарської продукції (рис. 4). Під агентом ми розуміємо ланку моделі, яка здатна мати кеш (пам'ять), поведінку, контакти тощо. Під час формування заявки основними умовами є місце розташування, обсяг і тип вантажу, який необхідно доставити. Створивши першу заявку, модель визначає оптимальний маршрут і кількість необхідних транспортних засобів для перевезення. Під час додавання нової заявки відбувається перерахунок. За допомогою сформованої бази MySQL задаються вхідні параметри: тип, обсяг вантажу, технічний паспорт транспортного засобу (тип кузова, марка, рівень завантаження, періодичність технічного обслуговування і ремонту, вказівка додаткових умов, що впливають на витрату палива в процесі перевезення).



Рис. 4. Структура імітаційної моделі.

Висновок. Рівень втрат овочів і фруктів під час перевезення у світі становить 3...18%. В Україні близько 15...20% плодоовочевої продукції не доходить до споживача через низьку якість перевезення. Простої у пунктах навантаження і розвантаження, що займають до 50% часу, погіршують збереження продукції.

Для контролю умов транспортування і безвідмовної роботи транспортного засобу під час перевезення сільськогосподарської продукції достатньо у конструкцію транспортного засобу інтегрувати контрольно-інформаційну

систему та допоміжні датчики контролю, а також налаштувати логіку побудови алгоритму передавання та приймання інформації про стан транспортного засобу.

Розроблена імітаційна модель для автоматизованого розподілу транспортних засобів між виробниками сільськогосподарської продукції та споживачем дозволила розрахувати економічні показники перевезення сільськогосподарської продукції на прикладі функціонування транспортної компанії «Технологія руху»: зниження часу на усунення відмов на 7% і зменшення витрат, пов'язаних з їх усуненням, на 5%, економію коштів у розмірі 10299 тис. грн без зниження якості перевезеної сільськогосподарської продукції.

Список використаної літератури

1. Гудзь Р.С. Підвищення ефективності використання транспортних засобів для перевезення сільськогосподарської продукції: робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр». Вінниця. 2023. 71 с.

2. Сівак О.О. Правовідносини у сфері перевезення вантажів у прямому та прямому змішаному сполученні: магістерська робота. Вінниця. 2021. 91 с.

3. Ковальчук С.Я., Цуркан А.О. Особливості обліку та оподаткування операцій по міжнародних автотранспортних перевезеннях. *Агросвіт*: науковий журнал. Вип. 7. 2018. С. 31-36.

4. Штуць А.А., Бабин І.А., Луц П.М., Руткевич В.С., Моделювання та вимірювання висаджування зовнішніх бортів на трубних заготовках процесу штампування обкочуванням методом скінчених елементів. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2024. № 4(115). С. 44-51.

5. Колесник Т.В., Підвальна О.Г., Поліщук В.В. Моделювання системи управління персоналом інноваційно орієнтованих підприємств в умовах дефіциту кадрів та розвитку міжнародного агробізнесу. *Актуальні проблеми економіки*: фаховий економічний журнал. 2024. № 7(277). С. 77-111.

Михайло КЛЕКІТ³⁷,

студент 3-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЗРОБКА ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ СХИЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ

Анотація. Обґрунтована конструктивно-технологічна схема ґрунтообробного агрегату для обробітку ґрунту схилових земель з активними

³⁷Науковий керівник – Руткевич В.С., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

робочими органами. Зазначено, що розроблений ґрунтообробний агрегат забезпечує поверхневий обробіток ґрунту на глибину до 10 см вздовж горизонталей складного схилу. Визначено раціональні параметри ґрунтообробного агрегата.

Ключові слова: ґрунтообробний агрегат, ґрунт, робочий орган, гідропривод, насос, гідромотор, зуб, ланцюг.

Annotation. The structural and technological scheme of a tillage unit for tillage of sloping lands with active working bodies is substantiated. It is noted that the developed tillage unit provides surface tillage of the soil to a depth of up to 10 cm along the horizontals of a complex slope. The rational parameters of the tillage unit are determined.

Key words: tillage unit, soil, working body, hydraulic drive, pump, hydraulic motor, tooth, chain.

Вступ. Обробіток ґрунту на схилових землях є однією з найскладніших агротехнічних задач, що потребує застосування спеціалізованих технічних засобів. Неправильний вибір агрегатів або технологій може призвести до посилення ерозійних процесів, втрати родючого шару ґрунту та зниження врожайності. Саме тому розробка ефективного ґрунтообробного агрегату, здатного працювати в умовах схилів, є актуальною науково-технічною проблемою.

У сучасному сільському господарстві важливим є поєднання продуктивності, економічності та екологічної безпеки техніки. Новітні розробки мають враховувати рельєф місцевості, особливості ґрунтового покриву та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Запропонований ґрунтообробний агрегат спрямований на вирішення цих завдань, забезпечуючи якісний обробіток ґрунту, запобігаючи його ерозії та покращуючи агрофізичні властивості орного шару.

Виклад основного матеріалу. Помітний прояв ерозійних процесів пояснюється недостатнім обліком багатьох та різних вимог щодо обробітку ґрунту на схилових землях [1]. Розглядаючи ці процеси, необхідно, щоб протягом усього вегетаційного періоду сільськогосподарських культур дотримувалися умови, що запобігають проявам ерозії ґрунтового покриву, в тому числі негайного впливу, тобто відразу після проведення заходів щодо обробітку ґрунту.

При виконанні протиерозійних агротехнічних заходів відомі випадки збільшення інтенсивності ерозії ґрунту при розташуванні борозен, утворених сільськогосподарськими знаряддями, під кутом до ізогіпсу схилу [2].

Оскільки складні схили рясніють різноманітністю умов і параметрів, таких як крутість схилу, його експозиція, довжина та інше у межах одного агроландшафту, необхідність диференціації протиерозійних заходів на даному агроландшафті зрозуміла, а ефективність контурної обробки доведено у ряді робіт. З урахуванням отриманих достовірних відомостей про схил має

вибудовуватись протиерозійна технологія диференційованого обробітку ґрунту для кожного конкретного агроландшафту.

В агроландшафтній меліорації схилівих земель [3-5] виділяють три форми схилів (рис. 1):

- простий схил, що характеризується постійним значним ухилом;
- складний схил, що характеризується змінним значним ухилом;
- рівна поверхня, властива плакорно-рівнинному типу агроландшафту, що характеризується незначним постійним, або змінним нахилом до 0,5 градуса.

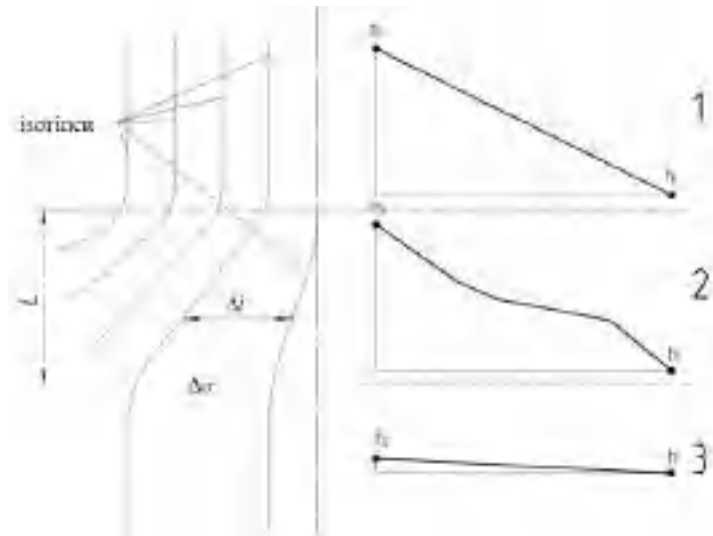


Рис. 1. Схема за формами схилівих земель: L – довжина розглянутої ділянки; Δa – зміна відстані між верхньою та нижньою точками схилу (крок ізогіпс); h_1 – нижня точка схилу; h_2 – верхня точка схилу; 1 – ділянка з постійним значним ухилом, характеризує крутий схил ($i = 3...5^\circ$, $\text{grad } i \rightarrow \text{const}$); 2 – ділянка з змінним ухилом, що характеризує складний схил ($i = 0...5^\circ$, $\text{grad } i = \text{var}$); 3 – ділянка з постійним незначним ухилом, що характеризує рівну поверхню ($i \approx 0^\circ$, $\text{grad } i \rightarrow 0$).

Для простого схилу та плакорно-рівнинного типу агроландшафту незалежно від різноманітності їх видів, можлива прямолінійна обробка ґрунту знаряддям, тобто по ходу машинно-тракторного агрегату (далі МТА), для складного схилу – криволінійна, максимально наближена до ізогіпсу, що викликає необхідність розробки інтелектуальних систем, здатних одночасно враховувати безліч факторів. У свою чергу, складні схили можуть бути представлені у вигляді поперечно-опуклих або поперечно-увігнутих типів, які мають різну ерозійну стійкість [3]. У першому випадку водний потік, пересувається по поверхні, розсіюється - цей тип менш небезпечний з погляду водної ерозії ґрунту. А другий тип складного схилу забезпечує концентрацію стоку і тим самим він вважається більш небезпечним [5]. Отже, розглядаючи агроландшафтну меліорацію для поперечно-увігнутих типів при одній і тій же крутості схилів необхідна більш енергоємна та інтенсивна обробка ґрунту, що збігається з горизонталлями.

Складнощі, що виникають при контурній обробці ґрунту машинно-тракторними агрегатами, що виникають внаслідок не паралельності ізогіпсу

аглоландшафту схилених земель, в той же час оброблювані ділянки та загои мають, як правило, правильну форму та їх практично неможливо розмістити на складному схилі (рис. 2 а). Розглядаючи розташування ґрунтообробного агрегату на складному схилі (рис. 2 б), можна виділити кути денного нахилу поверхні ґрунту щодо горизонтальної площини.

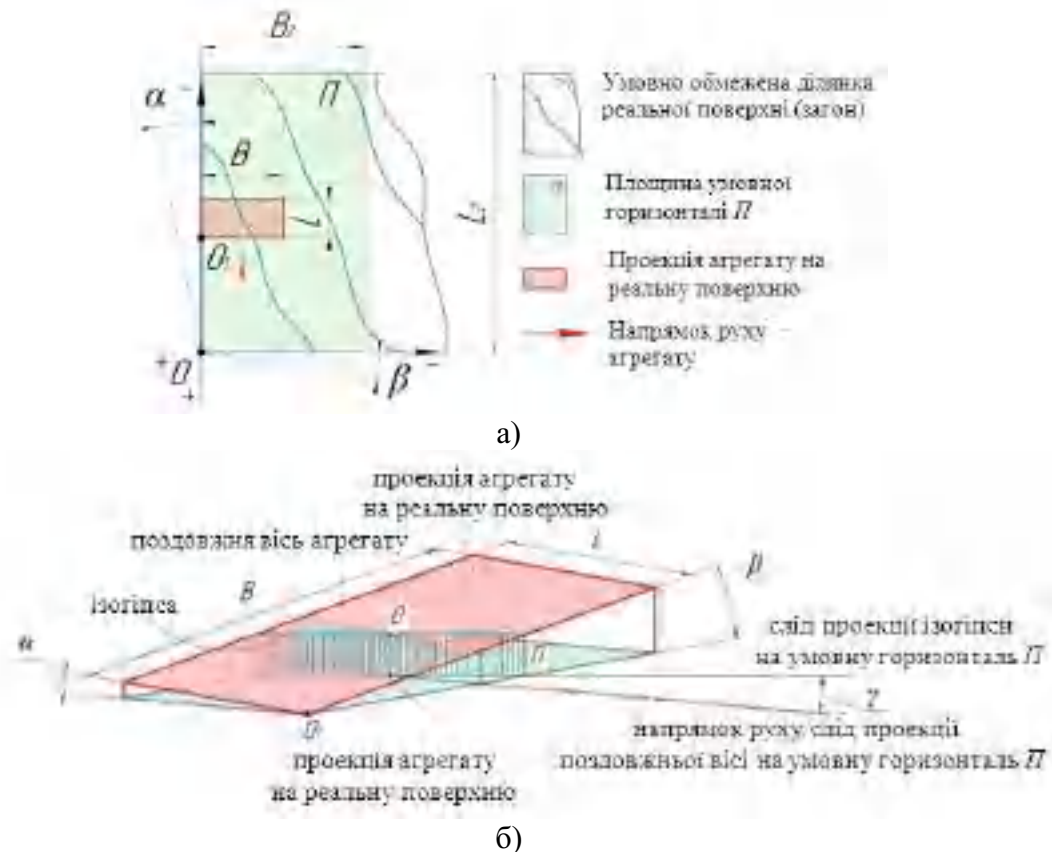


Рис. 2. Технологічний процес обробітку схилених земель ґрунтообробним агрегатом: а – розміщення оброблюваної ділянки (загону) на складному схилі; б – розташування агрегату на даній поверхні ґрунту.

Спроекуємо денну поверхню ґрунту на горизонтальну площину та виділимо наступні кути:

- 1) φ – кут відхилення напрямку руху машинно-тракторного агрегату (подовжня його осі) від горизонталі схилу;
- 2) α – подовжній кут нахилу ґрунтообробного агрегату щодо горизонталі;
- 3) β – поперечний кут нахилу ґрунтообробного агрегату щодо горизонталі.

Спираючись на теоретичні дослідження Васильєва С.А. [5] при розгляді руху МТА на складному схилі, отримаємо взаємозв'язок зазначених кутів у вигляді наступної формули:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (1)$$

Застосовуючи формулу (1) можна визначити кут відхилення напрямку руху ґрунтообробного агрегату від горизонталі схилених земель по поперечному та подовжньому кутам нахилу.

Всі ці особливості з урахуванням агротехнічних вимог обробітку ґрунту схилених земель щодо створення особливого мікрорельєфу денної поверхні

грунту, що визначають перспективний напрямок реалізації контурної обробки ґрунту активними робочими органами протиерозійних машин.

Розроблений ґрунтообробний агрегат представлений на рис. 3. Ґрунтообробний агрегат виконує поверхневий обробіток ґрунту за допомогою робочих органів, представлених у вигляді зубів, встановлених на планках ланцюгово-планчастого полотна 3. Поверхневий обробіток ґрунту по горизонталі складного схилу, за рахунок переміщень ланцюгово-планчастого полотна за допомогою привода 2 і створює на поверхні протиерозійний мікрорельєф [6].

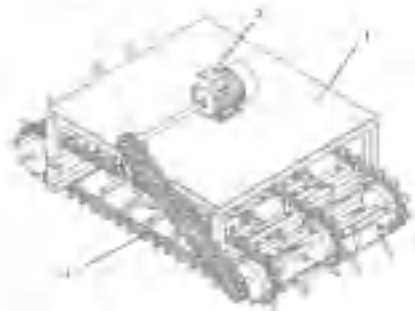


Рис.3. Загальний вид ґрунтообробного агрегату для схилових земель:
1 – рама агрегату; 2 – привод ланцюгово-планчастого полотна; 3 – ланцюгово-планчасте
полотно.

Кінематична схема ґрунтообробного агрегату для схилових земель наведено на рис. 4. Ґрунтообробний агрегат містить раму 1, реверсивний регульований гідромотор 2, приводний 3 і ведений 6 вали, на яких встановлені приводні 4 і ведені 7 зірочки, з'єднані ланцюгами 5, об'єднаними планками 8 з встановленими парами зубів 9. Пристрій натягу ланцюгів представлений зірочками 10 та механізмами натягу 11.

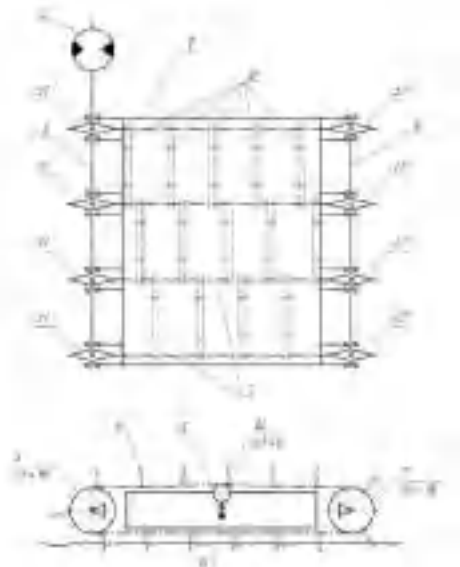


Рис. 4. Кінематична схема ґрунтообробного агрегату для схилових земель:
1 – рама; 2 – реверсивно-регульований гідромотор; 3 – приводний вал; 4 – приводні зірочки;
5 – ланцюги; 6 – ведений вал; 7 – ведений вал; 8 – планки; 9 – пари зубів; 10 – пристрій
натягу ланцюгів; 11 – механізми натягу.

Грунтообробний агрегат для схилових земель працює наступним чином. При русі на схилових землях машинно-тракторний агрегат отримує інформацію про величину, що характеризує рельєф оброблюваних схилових земель та про його зміну, перетворює і передає цю інформацію на керуючий пристрій, підключений до гідросистеми, що дозволяє відповідно до отриманої інформації регулювати напрямок і величину крутного моменту вихідного валу реверсивно-регульованого гідромотора 2.

Вихідна ланка гідромотора 2, у свою чергу, передає рух приводному валу 3, на якому через рівні відстані встановлені приводні зірочки 4, що приводять у рух ланцюги 5, що служать для передачі крутного моменту веденому валу 6 через ведені зірочки 7. При русі ланцюгів також переміщуються планки 8, встановлені на ланцюгах знаряддя в розбіг так, щоб кожна пара зубів 9 проводила в ґрунті самостійну борозну, а інші зуби не проходили по вже пройденому сліду і відстань між сусідніми слідами була рівною. Причому внаслідок отримання інформації напрям руху зубів має відповідати цим даним.

В результаті взаємодії зубів з ґрунтом, на ґрунтовому покритті утворюються борозни, наближені до ізогіпс схилу.

Висновки. Розроблений ґрунтообробний агрегат дозволить підвищити ефективності технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту складних схилових земель під посіви озимих сільськогосподарських культур за рахунок застосування схеми руху робочих органів агрегату поперек напрямку руху МТА.

Список використаної літератури

1. Труханська О.О. Дослідження впливу конструктивних параметрів робочого органу ґрунтообробної машини на енергомісткість та якість обробітку ґрунту. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2023. № 1(108). С. 104–109.
2. Твердохліб І.В., Борисюк Д.В., Захарчук С.А., Петрович Є.В. Перспективи розвитку машин для обробітку ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2015. Вип. №2(90). С. 5–9.
3. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ: Друк. 2005. 464 с.
4. Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навч. посіб. Вінниця: Твори. 2019. 234 с.
5. Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: посібник. К.: Вища освіта. 2005. 464 с.
6. Іванов М.І., Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Гідравліка: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2019. 222 с.

Іван Муляр³⁸,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ ТРАКТОРАМИ

***Анотація.** У даній статті розглядаються особливості розробки програмного забезпечення з використанням штучного інтелекту (ШІ) для автоматизації процесів у сільському господарстві, зосереджуючись на реалізації мовою Python. Аналізуються ключові компоненти програмної архітектури, що дають змогу інтегрувати ШІ в системи керування сільськогосподарськими машинами.*

***Ключові слова:** штучний інтелект, програма ЕОМ, автоматизоване управління, комп'ютерний зір, аналіз ґрунту*

***Annotation.** This article examines the specifics of software development using artificial intelligence (AI) for agricultural process automation, focusing on the implementation in Python. It analyzes the key components of the software architecture that allow integrating AI into agricultural machinery control systems.*

***Key words:** artificial intelligence, computer program, computer-aided control, computer vision, soil analysis*

Вступ. Сільське господарство є однією з ключових галузей економіки, що безперервно розвивається завдяки впровадженню інноваційних технологій. У сучасних умовах аграрне виробництво стикається з багатьма викликами, серед яких необхідність підвищення ефективності використання ресурсів, оптимізація витрат, зменшення впливу людського фактора та покращення екологічної стійкості агротехнологій. Одним із найперспективніших напрямів сучасної агроінженерії є розробка програмного забезпечення для інтелектуальних систем керування сільськогосподарськими тракторами, що дозволяє автоматизувати виконання польових робіт, підвищити їхню точність і знизити затрати.

Інтелектуальні системи керування тракторами базуються на використанні сучасних цифрових технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання, Інтернет речей (IoT), комп'ютерний зір та глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS). Вони забезпечують високу точність руху техніки, оптимізують витрати пального, підвищують продуктивність виконання агротехнічних операцій та знижують екологічне навантаження. Використання таких систем дозволяє адаптувати трактори до мінливих умов експлуатації, автоматично

³⁸Науковий керівник – Єленич А.П., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

регулюючи параметри роботи відповідно до особливостей ґрунту, погодних умов і типу виконуваних завдань [1].

Виклад основного матеріалу. Розробка програмного забезпечення для керування тракторами включає широкий спектр завдань, серед яких створення алгоритмів автоматичного керування, інтеграція з датчиками та сенсорними системами, забезпечення безпечного функціонування техніки та обробка великих обсягів даних у режимі реального часу. Особливу роль відіграє створення адаптивних моделей керування, які дозволяють враховувати специфіку конкретних агротехнічних операцій, що виконуються в різних кліматичних і географічних умовах.

Впровадження інтелектуальних систем керування тракторами сприяє переходу до концепції точного землеробства, яка передбачає використання автоматизованих технологій для максимального підвищення врожайності при мінімізації витрат. Крім того, такі системи дозволяють підвищити рівень безпеки на сільськогосподарських підприємствах, оскільки зменшують потребу у втручанні людини в процес керування технікою, знижуючи ймовірність помилок і нещасних випадків [2].

Таким чином, розробка програмного забезпечення для інтелектуальних систем керування сільськогосподарськими тракторами є важливим і перспективним напрямком агроінженерії. Ця робота спрямована на аналіз основних технологічних підходів, особливостей створення таких програмних комплексів, їх інтеграції з іншими цифровими системами та перспектив подальшого розвитку. Дослідження в цій галузі дозволять сформулювати комплексні рішення, здатні зробити сільське господарство більш продуктивним, економічно ефективним і екологічно сталим.

Для створення програми для трактора необхідно використовувати кілька ключових технологій ШІ. До їх числа належить машинне навчання (МН). Воно є основою штучного інтелекту і дає змогу комп'ютерам навчатися на основі даних. У сільському господарстві машинне навчання може використовуватися для аналізу великих обсягів даних про ґрунт, клімат, здоров'я рослин і інші фактори. Комп'ютерний зір дає змогу трактору «бачити» навколишнє середовище, обробляти зображення і приймати рішення на основі візуальної інформації. Це може включати розпізнавання об'єктів, аналіз стану рослин і визначення структур на полях.

Інтеграція датчиків у трактори та використання технологій IoT (Internet of Things - Інтернет речей) дає змогу збирати дані в реальному часі про стан техніки, довкілля та польових умов [3]. Це відкриває можливості для більш точного і своєчасного прийняття рішень. Розробка програми на основі ШІ для трактора включає кілька ключових етапів. Перш ніж почати розробку, необхідно чітко визначити цілі та завдання, які програма має вирішувати. Наприклад, це може бути автоматичне керування трактором, моніторинг стану рослин або оптимізація витрат ресурсів. На цьому етапі здійснюється збір даних, необхідних для навчання моделі. Для цього можуть використовуватися дані про ґрунт, клімат, раніше зібрані врожаї та показники роботи техніки. Дані можуть бути

зібрані як з відкритих джерел, так і за допомогою датчиків, встановлених на тракторі. Зібрані дані піддаються обробці та аналізу. Це включає в себе очищення даних, їх нормалізацію і поділ на навчальну і тестову вибірки. Важливо забезпечити високу якість даних, оскільки на них буде засновано навчання моделі. На основі підготовлених даних здійснюється навчання моделі. Для цього використовують алгоритми машинного навчання, такі як регресія, дерева рішень, нейронні мережі та інші. Важливо вибрати правильний алгоритм, який найкраще підходить для вирішення поставлених завдань. Після навчання моделі необхідно провести тестування та валідацію, щоб переконатися в її ефективності та точності. Це може включати перевірку моделі на тестових даних та її практичне застосування в польових умовах. На цьому етапі програма інтегрується в трактор. Це може включати розробку інтерфейсу для взаємодії з оператором, налаштування систем управління та інтеграцію з наявними технологіями. Одним із найбільш очевидних застосувань ШІ в тракторах є автономне керування [4].

Використовуючи дані від датчиків і технології комп'ютерного зору, трактор може самостійно виконувати рутинні завдання, як-от оранка, посів або обробка полів. За допомогою ШІ можна оптимізувати витрату ресурсів, таких як добрива і вода. Аналіз даних про стан ґрунту та рослин дає змогу точно визначити кількість необхідних ресурсів і час їх застосування. Програми на основі ШІ можуть передбачати врожайність на основі історичних даних і поточних умов. Це допомагає фермерам краще планувати свої дії та управляти ресурсами. Комп'ютерний зір може використовуватися для виявлення хвороб листя та наявності шкідників, що дає змогу вчасно вживати заходів із захисту рослин. Це покращує здоров'я культур і збільшує їхню врожайність.

Однак існують і недоліки: інвестиції в технології ШІ можуть бути значними; для роботи з ШІ необхідні фахівці, які можуть керувати та обслуговувати такі системи; повна автоматизація може призвести до зниження кваліфікації працівників і залежності від технологій. За представленими матеріалами виконано побудову блок-схеми роботи трактора з автоматизованим керуванням, комп'ютерним зором та аналізом ґрунту, яка представлена на рисунку 1 має суттєві переваги: автономні трактори здатні працювати більш ефективно і з меншими витратами; оптимізація ресурсів призводить до зниження витрат на паливо, добрива та захисні засоби; своєчасне виявлення проблем і застосування технологій можуть істотно підвищити врожайність

Таким чином, розробка програмного забезпечення для інтелектуальних систем керування сільськогосподарськими тракторами є важливим і перспективним напрямком агроінженерії. Ця робота спрямована на аналіз основних технологічних підходів, особливостей створення таких програмних комплексів, їх інтеграції з іншими цифровими системами та перспектив подальшого розвитку. Дослідження в цій галузі дозволять сформувати комплексні рішення, здатні зробити сільське господарство більш продуктивним, економічно ефективним і екологічно сталим [3].

Опис процесів роботи програми розбивається на 4 групи 1. Збір зображень: використовується камера для захоплення зображень місцевості. 2. аналіз зображення: зображення обробляється і передається в заздалегідь навчену модель ШІ для класифікації. 3. аналіз ґрунту: дані про вологість і рН ґрунту надходять від датчиків і аналізуються. 4. Керування трактором: на основі результатів аналізу трактор отримує команди на рух або виконання певних дій, таких як полив. 34 Представлені результати досліджень було впроваджено на підприємстві ТОВ «Експедишен Логістик», які дали змогу переглянути програму в практичному застосуванні на тракторі Rostselmash Versatile 2375. Програма ЕОМ добре себе зарекомендувала, були пройдені всі 4 групи процесів роботи, отримано акт впровадження за результатами практичного застосування [2].

Висновки. Це спрощена модель програми ЕОМ, яка може бути поліпшена і перероблена більш складною логікою процесів з обробкою різних винятків. Надається огляд процесу створення програми на основі ШІ для тракторів, включно з етапами розроблення, методами та технологіями, а також прикладами застосування та можливим майбутнім таких застосунків З розвитком технологій і подальшим впровадженням ШІ в сільське господарство можна очікувати, що програми для тракторів стануть складнішими та потужнішими. Дослідження в галузі обробки даних, робототехніки та ІоТ сприятимуть створенню більш сучасних та ефективних рішень. Створення програми на основі штучного інтелекту для трактора - це крок до більш ефективного та раціонального сільського господарства. Поєднання машинного навчання, комп'ютерного зору та сучасних технологій дає змогу значно підвищити продуктивність і зменшити витрати. Ефективне впровадження таких систем може стати ключовим фактором у розвитку аграрного сектору та забезпеченні продовольчої безпеки.

Список використаної літератури

1. Малахов Є.В. Огляд алгоритмів розробки програмного забезпечення для автоматизації процесів. *Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні*: збірник праць конференції. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022. С. 18-20.

2. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах: веб-сайт. URL: <https://www.academia.edu/102549146/> (дата звернення 24.03.2025).

3. Гайна Г.А. Системи штучного інтелекту: навчальний посібник. К.: «КНУБА». 2007. 208 с.

4. Цирульник С.М., Бородай Я.О., Ткачук В.М., Непийвода М.В., Програмне резервування мікропроцесорних систем: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/30912.pdf> (дата звернення 24.03.2025).

5. Луговський А.Ф., Фесіч В.П., Мовчанюк А.В. Особливості побудови систем керування ультразвуковими резонансними приводами: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/2424.pdf> (дата звернення 24.03.2025).

Дарія РЕЗНІК³⁹,
студентка 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ: ПРИНЦИПИ ТА ЗАВДАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

***Анотація.** У статті розглядаються основи метрології, її принципи та завдання у сфері технічних вимірювань. Аналізуються ключові поняття, такі як точність, похибки вимірювань та методи їх мінімізації. Особлива увага приділяється класифікації вимірювань, методам калібрування та перевірки засобів вимірювальної техніки.*

***Ключові слова:** метрологія, технічні вимірювання, калібрування, стандартизація, вимірювальна точність.*

***Annotation.** The article discusses the basics of metrology, its principles and tasks in the field of technical measurements. Key concepts such as accuracy, measurement errors and methods of their minimization are analyzed. Particular attention is paid to the classification of measurements, methods of calibration and verification of measuring instruments.*

***Key words:** metrology, technical measurements, calibration, standardization, measurement accuracy.*

Вступ. Метрологія – це фундаментальна дисципліна, що розкриває принципи й інструменти вимірювань, гарантуючи їхню вірогідність та правильність. Її значення ключове для технічного прогресу, промислового розвитку, наукових досліджень та інших сфер діяльності людини. Точність вимірювань впливає на якість виробів, ефективність технологічних процесів, а також на безпеку та стійкість технічних систем. Тому вивчення основ метрології, її основних принципів і цілей, є надзвичайно важливим для фахівців у сфері технічних вимірювань.

Сьогодні метрологія охоплює широке поле діяльності, зокрема забезпечення єдності вимірювань, розробку нормативів, сертифікацію вимірювальних пристроїв та удосконалення методів оцінки похибок. З прогресом технологій зростає потреба у більш точних, швидких і

³⁹Науковий керівник – Луц П.М., кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

автоматизованих вимірюваннях, що вимагає відповідного метрологічного забезпечення. Не менш важливим є дотримання міжнародних та національних метрологічних стандартів, що забезпечує порівнянність результатів вимірювань у різних країнах та галузях.

У статті буде розглянуто фундаментальні принципи метрології, класифікацію вимірювань, поняття похибок та методи їхнього зменшення. Буде проаналізовано методи контролю та калібрування вимірювальної техніки, а також нормативно-правові аспекти метрологічного контролю. Окрема увага буде приділена впливу цифрових технологій на сучасні вимірювальні процеси та перспективам їхньої автоматизації. Дослідження спрямоване на поглиблення розуміння ролі метрології у гарантуванні точності та надійності технічних вимірювань, що є необхідним для підвищення якості продукції та покращення ефективності виробництва [1].

Виклад основного матеріалу. Метрологія — наука про вимірювання та їх використання. Згідно з вимогами національного стандарту України, що розкриває базові терміни метрології – ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення, а також Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» (№ 1314-VII від 5 червня 2014 року), маємо таке стисле означення.

Метрологія — наука фактично практична. Проте в її основі лежить ґрунтовне теоретичне підґрунтя. У відомому вислові — «Теорія без практики мертва, практика без теорії сліпа» підкреслено єдність та взаємозалежність теорії та практики, і це повною мірою відображено в концептуальних метрологічних підходах [2].

Фундаментом будь-якого вимірювання, котре і є центральним елементом метрології, є експеримент. За усталеною думкою, перше дослідження провів Галілео Галілей ще у XVI столітті. Проте, очевидно, що ще з найдавніших часів люди аналізували світ навколо, прагнули його охарактеризувати та надати йому формальний опис. Мимовільне спостереження перетворилося на свідомий процес, який вилився у форму експериментальної діяльності. У XVIII—XIX століттях стрімкий прогрес техніки став каталізатором для розвитку метрології. Постало питання вимірювання характеристик технічних об'єктів, процесів та явищ. Тепер уже не просто цікавість, а економічна вигода диктувала необхідність вимірювань для контролю витрат ресурсів, параметрів виробництва та багато іншого. З часом виникла нагальна потреба у контролі впливу людської діяльності на навколишнє середовище – вимірювання концентрацій небезпечних речовин, фізичних та біологічних параметрів людини, а також рівнів забруднення ґрунтів, води, повітря, електромагнітних полів, промислових перешкод та інших факторів.

Метрологія виділяється серед інших природничих дисциплін тим, що її основні принципи базуються на домовленостях, а не є наслідком беззаперечних об'єктивних законів природи. Це підкреслює важливість так званої законодавчої метрології, котра є складовою метрології та включає в себе правила, положення, вимоги та стандарти, що підлягають регулюванню та нагляду з боку держави для підтримки єдності вимірювань [4].

Вимірювальна техніка виступає ключовим чинником технічного прогресу, значною мірою визначаючи загальний та високий рівень науково-технічного знання. Виняткове значення має електровимірювальна техніка, яка відкриває двері до ефективного застосування найновіших здобутків електротехніки, електроніки, обчислювальної техніки й автоматики задля вирішення комплексних науково-технічних задач.

Методи вимірювання електричних величин знайшли широке втілення і в сфері вимірювання неелектричних та магнітних характеристик. Прилади, призначені для вимірювання електрики, слугують не тільки для отримання інформації про виміри, але й для моніторингу стану параметрів різноманітних матеріальних об'єктів. Для керування процесом вимірювання, обробки даних та їх подальшого, більш ефективного використання, все частіше залучаються мікропроцесори, мікроконтролери та персональні комп'ютери.

Найпершою визначальною рисою вимірювань є їхня точність, яка віддзеркалює відповідність наукового розуміння досліджуваних об'єктів теоретичним положенням, сформованим на підставі кількісних даних, отриманих в результаті експериментальних вимірювань. Отже, ступінь точності завжди матиме певні межі на кожному етапі прогресу науки та техніки.

Для досягнення поставлених цілей метрологія використовує здобутки інших галузей знань, особливо фундаментальних та природничих, таких як математика, фізика, хімія, теорія ймовірностей та математична статистика. Ці науки надають метрології методи обробки результатів вимірювань, отриманих в експериментальний спосіб. Наприклад [5]:

1. Визначити об'єм рідини в посудині можна шляхом вимірювання висоти стовпчика рідини та застосування відомих геометричних параметрів дна посудини, використовуючи відповідну математичну модель.

2. Розрахувати напругу в електричному колі можна, вимірявши силу струму, що протікає цим колом, та знаючи величину опору електричного кола.

3. При здійсненні численних вимірювань однієї й тієї ж фізичної величини в однакових умовах, кінцевий результат визначається на основі правил математичної статистики.

Предмет метрології – це надбання кількісних і якісних відомостей щодо властивостей об'єктів та перебігу процесів, розробка й застосування наукових і організаційних підвалин, технічного оснащення, правил і нормативів, що є потрібними для забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань.

Методи метрології – це сукупність фізичних і математичних технік, що застосовуються для збирання вимірювальної інформації. До них зараховуються: способи вимірювання, відтворення величин певного значення, зіставлення величин, перетворення вимірювань, аналіз результатів вимірювань, планування вимірювального експерименту [3].

Завдяки застосуванню метрологічних практик стає можливим перевірка правдивості даних через метрологічні експертизи. Різноманітні способи збору вимірювальної інформації, використання різних методів її аналізу сприяють

підвищенню точності та вірогідності даних, що, у свою чергу, дозволяє поглибити людське розуміння навколишніх матеріальних об'єктів.

Засоби метрології – це широкий спектр вимірювальних та контрольних пристроїв, які безперервно вдосконалюються та розвиваються, спираючись на об'єктивні закони природи.

Збільшення кількості структурних компонентів, а також програмно-апаратна реалізація вимірювальних та контрольних засобів спричиняють їхні якісні трансформації. Вони підлягають постійному розвитку – від найпростіших мір до складних приладів, установок, комп'ютеризованих вимірювальних систем та метрологічних роботів.

Відбувається трансформація кількісних змін структурних елементів до виникнення нових якісних особливостей. Усі засоби вимірювання та контролю регламентуються державними та міжнародними стандартами, законодавчими актами, що спрямовані на забезпечення єдності вимірювань та підвищення їхньої точності. Отож, засоби метрології включають [4]:

- Система інструментів для вимірювання та контролю;
- Державні еталони одиниць фізичних величин;
- Механізм передачі розмірів фізичних величин від еталонів до всіх вимірювальних пристроїв, використовуючи зразкові прилади перевірки;
- Система обов'язкової державної та відомчої повірки або метрологічної атестації засобів вимірювання;
- Система стандартних зразків складу та властивостей речовин та матеріалів.

Напрямки метрології. Зважаючи на швидкий розвиток, метрологія диференціюється на декілька незалежних напрямків:

- теорія вимірювань;
- теорія похибок;
- інформаційна теорія вимірювань;
- теорія інформаційно-вимірювальних систем;
- статистичні вимірювання;
- вимірювання електричних величин;
- вимірювання магнітних величин;
- вимірювання неелектричних величин.

Факт наявності сьогодні у науковому світі різнопланових шкіл досліджень вимірювань підкреслює процес розгалуження науки про вимірювання, що є визначальним етапом її поступу.

Тенденція до розмежування породила появу специфічних галузей вимірювань, а разом з ними – відповідних освітніх програм та наукових дисциплін, що, своєю чергою, стимулювало їхній прискорений розвиток. Однак, нарівні з прагненням до спеціалізації, у процесі розвитку наукових розвідок на перетині різних явищ, створення складних систем, що використовують фізичні ефекти різної природи, результативністю взаємопроникнення методів вимірювань та вимірювального перетворення з різних наукових і технічних доменів, спостерігається посилення тренду інтеграції у розвитку метрології та

вимірювальної техніки. Напрями розвитку метрології відображають її роль серед інших наук [6].

Підґрунтям будь-яких метрологічних розділів є неупереджені закони, згідно з якими попередні вимірювальні інструменти модернізуються або повністю замінюються, коли досягається узгодженість між об'єктом дослідження та суб'єктом, їх взаємний вплив та взаємодія, результатом яких є збільшення точності.

З метою систематизації термінології в останні роки рекомендується уникати вживання понять галузевих метрологій, обмежуючись термінами законодавча метрологія, теоретична метрологія та практична метрологія. Основні задачі сучасної метрології: розробка теорії вимірювань, створення одиниць фізичних величин та систем одиниць; дослідження метрологічних характеристик, перевірка та сертифікація засобів вимірювання; розробка еталонів, методів та засобів вимірювання, зокрема у сфері синтезу матеріалів, електроніки, робототехніки та гірництва; обробка масивів вимірювань, оцінка точності вимірювань та інші [2].

Відповідно до Декрету Кабінету Міністрів України №40-93 "Про забезпечення єдності вимірювань", прийнятого у квітні 1993 року, Національним органом із забезпечення єдності вимірювань в Україні є Державний комітет України зі стандартизації, метрології та сертифікації (Держстандарт України).

Метрологічна служба - це сукупність організацій, як-от організація або окремий відділ, на які покладено відповідальність за забезпечення єдності вимірювань у визначеній сфері діяльності. Сучасна метрологія є невід'ємною частиною науки та техніки, забезпечуючи точність вимірювань у різних сферах діяльності – від промисловості та медицини до екології та інформаційних технологій. Вона включає в себе три основні напрями:

- Фундаментальна метрологія – розробка нових методів вимірювання та еталонів;
- Прикладна метрологія – застосування метрологічних принципів у виробництві та науці;
- Законодавча метрологія – державний контроль за точністю вимірювань та їх відповідністю стандартам.

Розвиток сучасної метрології тісно пов'язаний із цифровими технологіями, автоматизацією процесів та використанням штучного інтелекту. Це дає змогу підвищити ефективність вимірювань, зменшити похибки та забезпечити єдність вимірювань на глобальному рівні [3].

Переваги сучасної метрології:

- Висока точність та мінімізація похибок. Використання сучасних методів та приладів дозволяє отримувати більш точні результати, що критично важливо у високотехнологічних галузях, таких як медицина, авіація та нанотехнології.
- Автоматизація вимірювань. Завдяки цифровим технологіям зменшується вплив людського фактору, що підвищує надійність та точність отриманих даних.

- Глобальна стандартизація. Використання міжнародних метрологічних стандартів (ISO, OIML, BIPM) дозволяє забезпечити єдність вимірювань у різних країнах, що важливо для міжнародної торгівлі та наукових досліджень.

- Розвиток дистанційних вимірювань. Сучасні технології дозволяють проводити точні вимірювання на відстані, що особливо важливо для екологічного моніторингу та космічних досліджень.

- Використання великих даних (Big Data) та штучного інтелекту. Аналітика даних допомагає покращити точність прогнозів, контролювати процеси та знаходити приховані закономірності у вимірюваннях.

Недоліки сучасної метрології:

Висока вартість обладнання. Сучасні метрологічні прилади та системи можуть бути дорогими, що ускладнює їх широке впровадження у малих підприємствах;

Необхідність висококваліфікованих спеціалістів. Робота з сучасними метрологічними системами вимагає глибоких знань у сфері фізики, програмування та обробки даних, що підвищує вимоги до персоналу;

Чутливість до зовнішніх факторів. Деякі високоточні вимірювальні системи можуть бути чутливими до змін температури, вологості та електромагнітного випромінювання, що потребує додаткової компенсації похибок;

Проблеми з інтеграцією старих систем. Впровадження нових метрологічних технологій може вимагати значних змін у виробничих процесах та модернізації існуючого обладнання, що є складним і витратним процесом.

Сучасна метрологія забезпечує високу точність вимірювань, що сприяє розвитку науки та промисловості. Автоматизація, цифрові технології та міжнародна стандартизація дозволяють покращити якість вимірювань, зменшити похибки та зробити їх доступнішими. Водночас певні виклики, такі як висока вартість обладнання та потреба у кваліфікованих фахівцях, вимагають подальшого вдосконалення та адаптації метрологічних методів до сучасних реалій [4].

Висновок. Метрологія відіграє ключову роль у забезпеченні точності та достовірності технічних вимірювань, що є необхідним для ефективного функціонування промисловості, науки та інших сфер діяльності. У статті розглянуто основні принципи метрології, класифікацію вимірювань, методи оцінки похибок, а також питання калібрування і перевірки засобів вимірювальної техніки. Досліджено нормативно-правові аспекти метрологічного контролю, що забезпечують узгодженість вимірювань на національному та міжнародному рівнях.

Сучасні тенденції розвитку метрології свідчать про зростаючу роль цифрових технологій та автоматизації у процесах вимірювань. Використання інноваційних методів дозволяє значно підвищити точність, швидкість і

ефективність метрологічних процедур, що сприяє оптимізації виробництва та покращенню якості продукції.

Таким чином, метрологія продовжує розвиватися як стратегічно важлива наука, що впливає на різні галузі економіки та техніки. Подальші дослідження у цій сфері повинні бути спрямовані на вдосконалення методів вимірювання, мінімізацію похибок та інтеграцію сучасних технологій для забезпечення ще більшої точності й надійності результатів вимірювань.

Список використаної літератури

1. Метрологія: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Метрологія> (дата звернення 01.03.2025).
2. Тарасова В.В., Малиновський А.С., Рибак М.Ф. Метрологія, стандартизація і сертифікація: підручник. Київ. 2006. 264 с.
3. Метрологія: предмет, структура та функції, міжнародні організації: веб-сайт. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_pidpr/19085/ (дата звернення 20.02.2025).
4. Нестерчук Д.М., Квітк С.О., Галько С.В. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник. Мелітополь. 2017. 256 с.
5. ДСТУ 2681-94. *Метрологія. Терміни та визначення*: документація. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78591 (дата звернення 09.03.2025).
6. Міжнародний словник з метрології — Основні й загальні поняття та пов'язані з ними терміни (VIM): веб-сайт. URL: https://www.oiml.org/en/publications/other-language-translations/ukrainian/vim3_full_17112016_ua.pdf (дата звернення 17.03.2025).

Едуард СЕВАСТЬЯНОВ⁴⁰,

студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СЕПАРАЦІЇ ВХІДНОГО ТРУБИ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА ПРОДУКТІВ БІОКОНВЕРСІЇ

***Анотація.** Одним із перспективних напрямів комплексного системного вирішення проблеми зростаючого надлишку відновлюваних відходів сільського господарства та його переробних галузей є біоконверсія відновлюваних видів*

⁴⁰Науковий керівник – Кравець С.М., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

сільськогосподарської сировини та відходів їх переробки в соціально значущу продукцію високої якості.

Ключові слова: *відцентровий сепаратор, біоконверсія, математична модель, потік частинок, траєкторія частинок, ізолнії швидкості.*

Annotation. *One of the promising directions of a comprehensive systemic solution to the problem of the growing surplus of renewable waste in agriculture and its processing industries is the bioconversion of renewable types of agricultural raw materials and waste from their processing into socially significant high-quality products.*

Key words: *centrifugal separator, bioconversion, mathematical model, particle flow, particle trajectory, velocity contours.*

Вступ. У зв'язку з прогресуючим зростанням населення виникає проблема наростання дефіциту кормів, добрив, енергетичних ресурсів, сировини для виробництва та інших необхідних людству товарів. Поряд з нестачею товарів спостерігається катастрофічний надлишок відновлюваних відходів сільського господарства і його переробних виробництв, що є відходомістким сектором виробництва, в якому вихід основної продукції становить всього 15-30% від ваги вихідної сировини, а решта, що містить значну кількість цінних речовин, не використовується у виробничих процесах і стає відходами, основна маса яких неефективно утилізується або піддається Поховання. Найбільш перспективним напрямком комплексного системного вирішення цих проблем є біоконверсія відновлювальних видів сільськогосподарської сировини та відходів їх переробки в соціально значущу продукцію високої якості. Переваги біоковерсії проявляються в підвищенні якості готової продукції та ефективності методів її отримання по відношенню до фізико-хімічних методів, підвищенні продуктивності, ресурсозбереженні, високому рівні екологічної безпеки, можливості «точного» регулювання процесу, отриманні спеціальних технологій, машин і обладнання для агропромислового комплексу функціональних і унікальних продуктів в якості сировини для використання відходів.

Однією з найважливіших операцій біоконверсії є відділення готового продукту та супутніх матеріалів. Тому створення ефективного сепаратора продуктів біоконверсії при виробництві кормів є актуальним завданням. Сепарація дисперсних середовищ здійснюється за допомогою різних фільтрів, відстійників, відцентрових сепараторів. Відцентрові сепаратори, маючи просту малогабаритну конструкцію, дозволяють ефективно витягувати з рідини частинки твердої фракції, при цьому істотно економлячи ресурси. Одним з перспективних напрямків удосконалення відцентрових сепараторів є максимальне використання закрученого потоку. У зв'язку з цим значний інтерес представляє підвищення ефективності сепаратора біоконверсії при виробництві кормів за рахунок відділення вхідного трубопроводу від вхідного кінця робочої камери відцентрового сепаратора в його тангенціальному розташуванні.

Об'єктом дослідження є зона надходження технологічного матеріалу в робочу камеру відцентрового сепаратора.

Виклад основного матеріалу. Для даного дослідження в якості моделі технологічного матеріалу була використана модель Лагранжа DPM (Discrete Phase Model) з використанням математичної моделі, заснованої на рівняннях Нав'є-Стокса. Для моделювання турбулентності використовувалася модель напруженості Рейнольдса.

В якості умов на вхідних границях була прийнята циліндрична система координат, яка має три складові швидкості: радіальну, дотичну і осьову.

Всі стінки в даній моделі сепаратора жорсткі і нерухомі. Внутрішні стінки гладкі з умовою зчеплення. Шорсткість стінок постійна, рівномірна, зерниста і її величина становить 0,5 мкм. Параметри були підібрані таким чином, щоб при використанні моделі напруги турбулентності Рейнольдса опір труби відповідав графіку Нікурадзе.

Умови для вихідних меж встановлюються на параметри зворотного потоку і манометричний тиск, що дорівнює нулю. Зворотний потік може виникнути, якщо в результаті дії розчину потік починає витікати за межу. Напрямки зворотного потоку задаються за допомогою нормалі до межі потоку. Для вирішення поставленого завдання досить вказати єдиний профіль турбулентних параметрів:

- Інтенсивність турбулентності
- коефіцієнт турбулентної в'язкості.

Інтенсивність турбулентності I визначається як відношення середньоквадратичної пульсації швидкості u' до її усередненого значення $\bar{u}$:

$$I = \frac{u'}{\bar{u}} = 0,16 \cdot Re_{dh}^{-1/8} \quad (1)$$

де

$$\dot{u} = \sqrt{\frac{1}{3}(\dot{u}_x^2 + \dot{u}_y^2 + \dot{u}_z^2)}, \quad \bar{u} = \sqrt{\frac{1}{3}(\bar{u}_x^2 + \bar{u}_y^2 + \bar{u}_z^2)}.$$

Для активної зони повністю розвинутого турбулентного потоку в трубі може бути використана наступна емпірична залежність:

$$I = 0,16 \cdot Re_{dh}^{-1/8},$$

де Re_{dh} - число Рейнольдса, обчислене з гідравлічного діаметра. Гідравлічний діаметр - це відношення площі поперечного перерізу швелера до його периметру, для круглого каналу він дорівнює діаметру.

$$Re_{dh} = 77095500$$

$I=2\%$, що відповідає потоку із середньою турбулентністю.

Коефіцієнт турбулентної в'язкості розраховується наступним чином:

$$\nu_t = \frac{a_1 k}{\Omega} \quad (2)$$

де ν_t - коефіцієнт турбулентної в'язкості;

a_1 - коефіцієнт моделі;

k - постійна Кармана;

Ω - компонента векторного тензора вихору.

У даній роботі за допомогою програмного комплексу ANSYS Fluent досліджено підвищення ефективності вертикального відцентрового сепаратора продуктів біоконверсії шляхом відведення вхідного трубопроводу від вхідного кінця робочої камери відцентрового сепаратора на відстань r , $3r$, $5r$.

На підставі аналізу робіт були прийняті наступні параметри, що характеризують якість потоку рідких частинок: траєкторія руху рідкої частинки; Тангенціальна миттєва швидкість частинки рідини в робочій камері. В якості фактора, здатного впливати на якість потоку рідких частинок, були розглянуті наступні три рівні поділу: $l_{1r} = 15$ мм; $L_{3r} = 45$ мм; $L_{5r} = 75$ мм. Дослідження проводилося в наступних умовах:

- Щільність рідини $\mu = 998$ кг/м³ ;
- коефіцієнт динамічної в'язкості рідини $m=0,001$ Па/с;
- тангенціальне розташування вхідного патрубку;
- Масова продуктивність $Q_m = 5$ кг/с
- Внутрішній діаметр робочої камери $D_{рк}^{вд} = 150$ мм;
- Внутрішній радіус вхідного отвору $r_{во}^{вд} = 15$ мм.

Розглянемо випадок, коли вхідний патрубок розташований на відстані $1r$ від вхідного кінця робочої камери.

Аналіз результатів чисельних експериментів за схемами траєкторій руху рідких частинок (див. рис. 1) показав, що додаткових вихорів немає, а режим потоку рідких частинок стаціонарний у часі і плавний перехідний процес у просторі.

Всі стінки в даній моделі сепаратора жорсткі і нерухомі. Внутрішні стінки гладкі з умовою зчеплення. Шорсткість стінок постійна, рівномірна, зерниста і її величина становить 0,5 мкм. Параметри були підібрані таким чином, щоб при використанні моделі напруги турбулентності Рейнольдса опір труби відповідав графіку Нікурадзе.

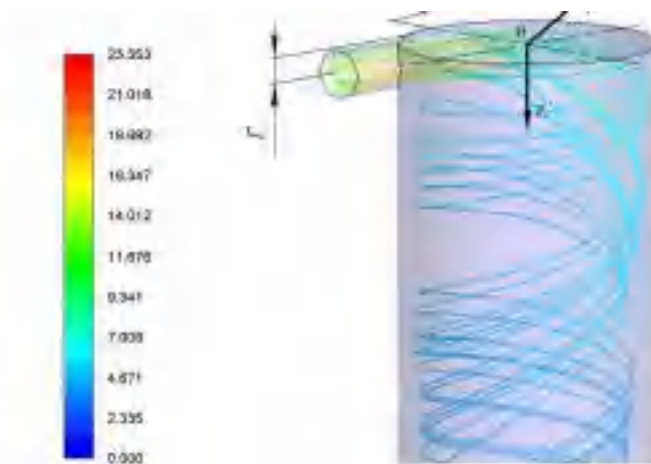


Рис. 1. Діаграми траєкторій руху частинок рідини при тангенціальному розташуванні вхідного сопла на відстані $1r$.

Аналіз результатів чисельних експериментів з використанням контурів горизонталей швидкостей руху частинок рідини виконують для тангенціальної

швидкості, розділяючи зону входу технологічного матеріалу на дві області: на рівні і після вхідного сопла. Розглянемо тангенціальну складову швидкості (див. рис. 2).

У вхідній зоні робочої камери спостерігаються значні відмінності в числових значеннях тангенціальних складових швидкостей частинок рідини в розглянутих радіальних ділянках. При цьому спостерігаються такі закономірності:

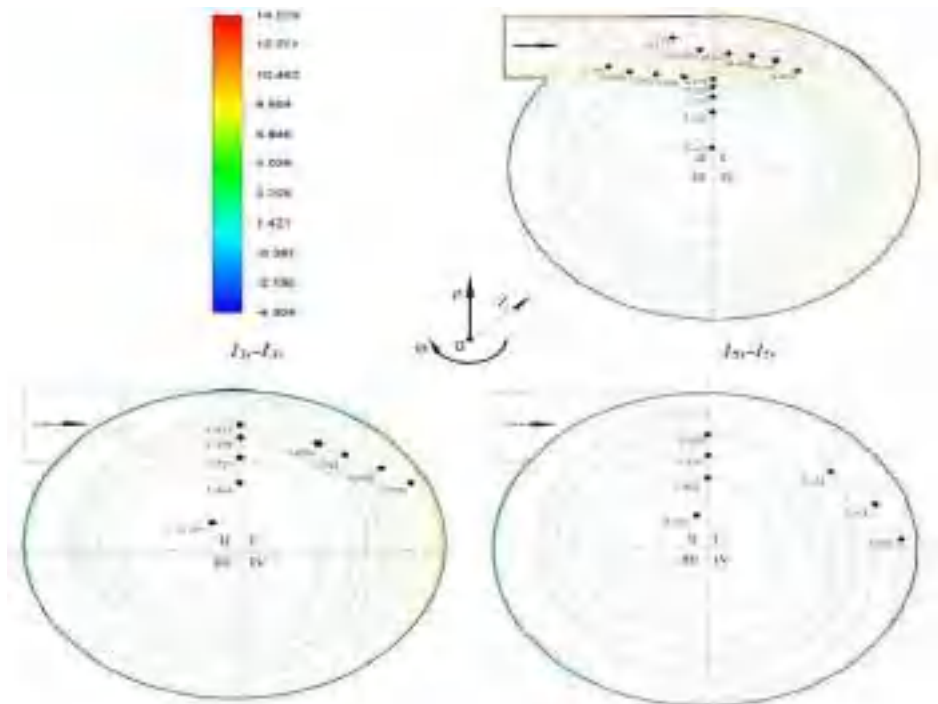


Рис. 2. Діаграми контурів тангенціальних складових швидкостей руху частинок рідини при тангенціальному розташуванні вхідного патрубку в радіальних ділянках робочої камери.

- значення збільшених тангенціальних складових швидкостей на розглянутих ділянках у міру їх віддалення від вхідного кінця робочої камери зміщуються в напрямку обертального руху потоку;

- значення тангенціальної складової швидкості зростають на периферії робочої камери, а зменшуються в її центрі, різниця досягає більш ніж в 10 разів.

Це вказує на струменевий характер потоку. Ніяких додаткових вихорів в радіальній площині, крім основного обертання потоку, не спостерігається. У поздовжній площині робочої камери також відсутні вихори. Кінематика потоку сприятлива для процесу відцентрового поділу технологічного матеріалу.

Розглянемо випадок, коли вхідний патрубок розташований на відстані $3r$ від вхідного кінця робочої камери. Аналіз результатів експериментів з траєкторіями руху частинок рідини (рис. 3) показав, що режим потоку частинок рідини плавний перехідний у просторі і стаціонарний у часі, але спостерігаються додаткові вихори.

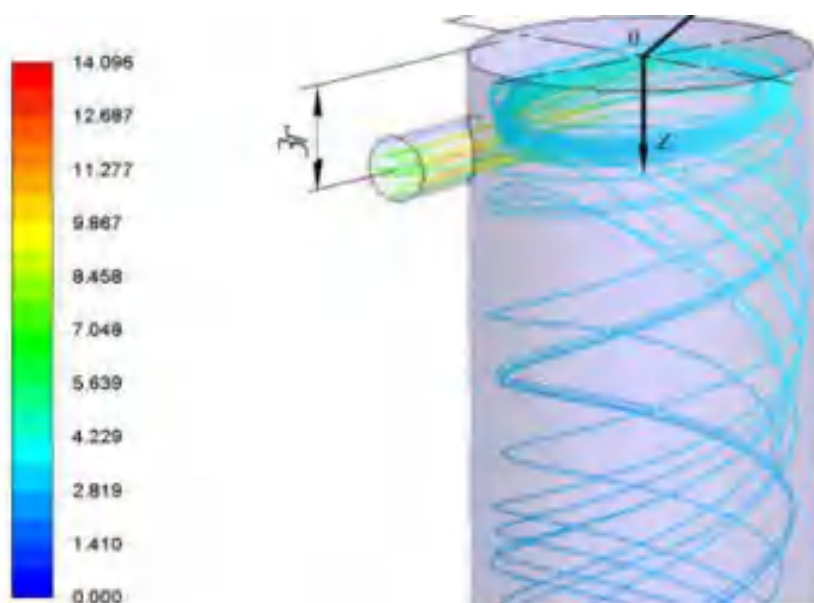


Рис. 3. Діаграми траєкторій руху частинок рідини при тангенціальному розташуванні вхідного патрубка на відстані 3 г.

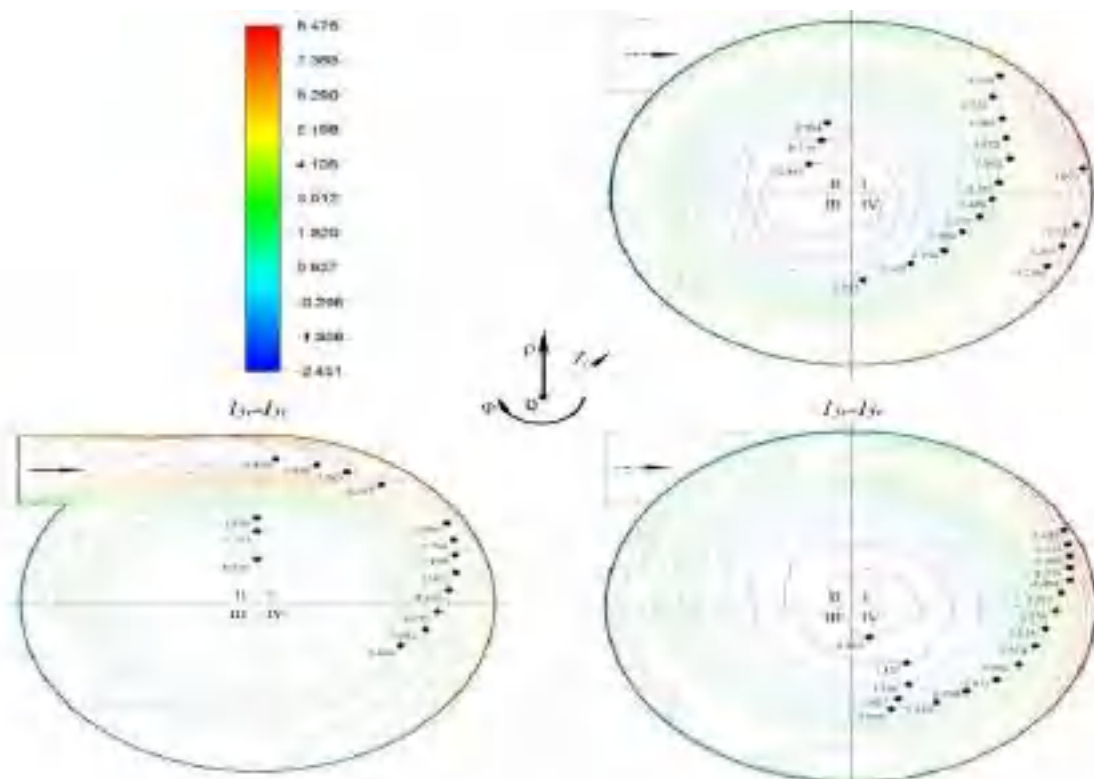


Рис. 4. Діаграми контурів тангенціальних складових швидкостей руху частинок рідини при тангенціальному розташуванні вхідного патрубка в радіальних ділянках робочої камери.

При цьому в просторі аж до вхідного патрубка відбувається обертальний рух частинок рідини навколо центральної поздовжньої осі робочої камери з невеликими осьовими переміщеннями, а потім обертальне і поступальне переміщення.

Аналіз результатів експериментів контурів швидкостей руху частинок рідини по тангенціальній швидкості, де вхідна зона матеріалу процесу розділена на три області: до, на рівні і після вхідного сопла (див. рис. 4).

У вхідній зоні робочої камери спостерігаються значні відмінності в числових значеннях тангенціальних складових швидкостей частинок рідини в розглянутих радіальних ділянках. При цьому спостерігаються такі закономірності: тангенціальна складова швидкості має найбільше числове значення на рівні вхідного патрубку, в просторі після вхідної труби воно зменшується, а мінімальні значення мають в просторі перед вхідною трубою; Розкид числових значень тангенціальних швидкостей в кожному з розглянутих поперечних перерізів значний, тангенціальна складова швидкості має великі значення на периферії робочої камери, а більш дрібні - в її центрі, причому різниця становить більше 10 разів.

Все це вказує на струменевий характер течії. Крім основного обертання потоку навколо головної поздовжньої осі робочої камери, в зоні після впускного сопла є додаткові, вихори в радіальній площині. Кінематика потоку прийнятна для процесу відцентрового відділення технологічного матеріалу.

Розглянемо випадок, коли вхідний патрубок розташований на відстані $5r$ від вхідного кінця робочої камери. Аналіз результатів експериментів з діаграмами траєкторій руху частинок рідини (див. Рис. 5) показав, що режим потоку частинок рідини плавний перехідний в просторі і стаціонарний в часі, а також спостерігаються додаткові вихори в просторі аж до вхідного патрубку.

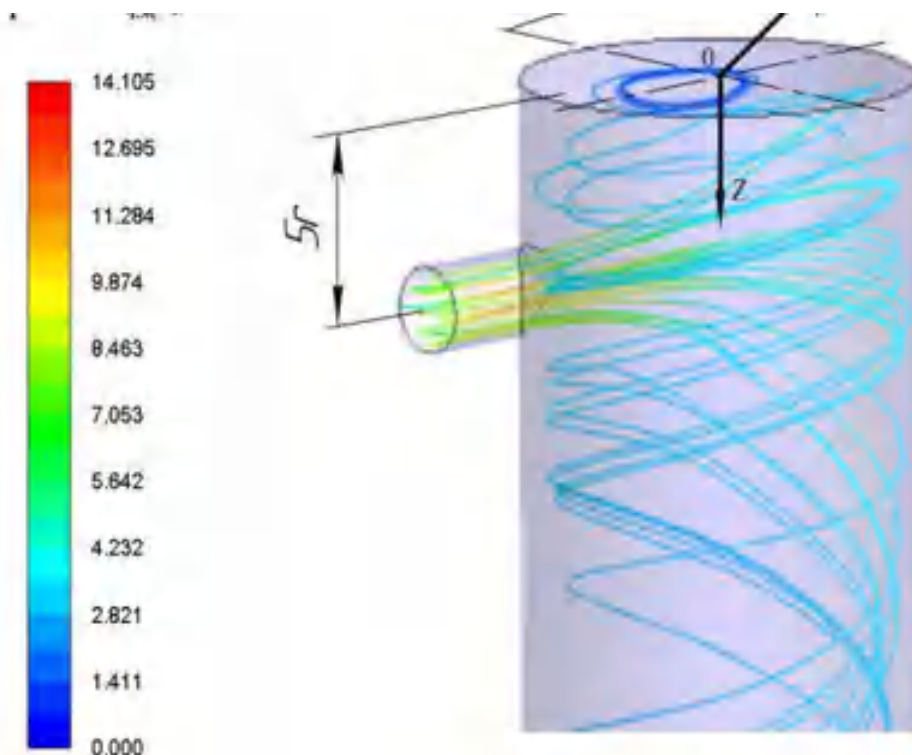


Рис. 5. Діаграми траєкторій руху частинок рідини при тангенціальному розташуванні вхідного патрубку на відстані $5r$.

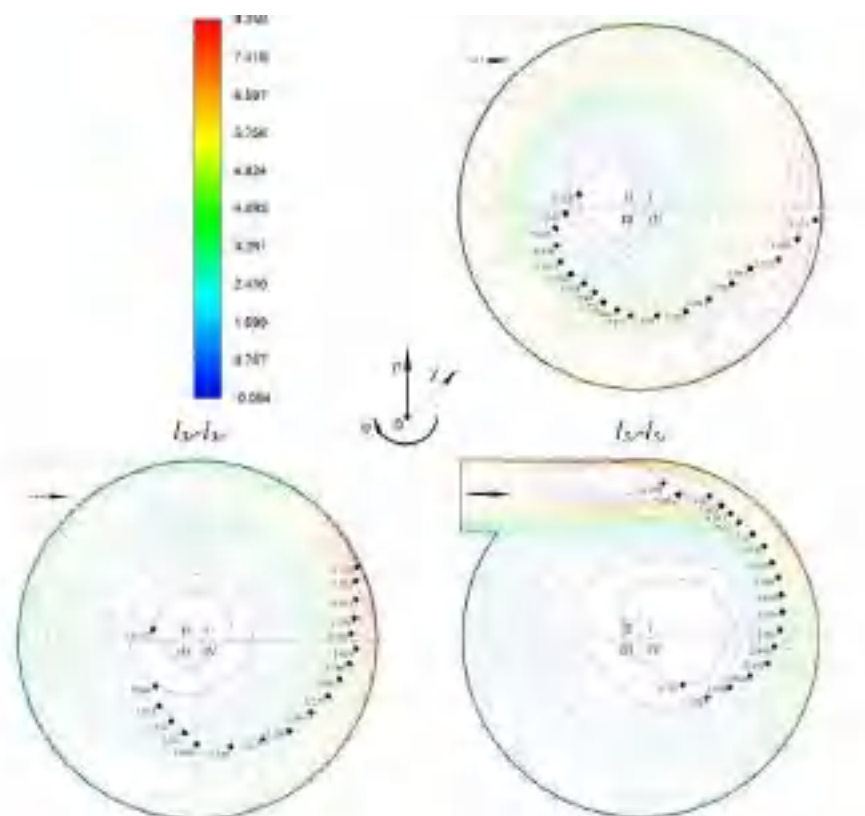


Рис. 6. Діаграми контурів контурів тангенціальних складових швидкостей руху частинок рідини при тангенціальному розташуванні вхідного патрубка в радіальних ділянках робочої камери.

У вхідній зоні робочої камери спостерігаються значні відмінності в числових значеннях тангенціальних складових швидкостей частинок рідини в розглянутих радіальних ділянках. При цьому спостерігаються такі закономірності:

—максимальне значення тангенціальної складової швидкості знаходиться на рівні вхідного патрубка;

—найбільші значення тангенціальної швидкості мають на периферії робочої камери, а найнижчі - в її центрі, різниця досягає більш ніж в 10 разів;

—присутність додаткових, крім основного обертання потоку навколо основної поздовжньої осі робочої камери, слабкі вихори в радіальній площині, які не можуть істотно вплинути на процес відцентрового відділення технологічного матеріалу;

—в поздовжній площині робочої камери відсутні вихори, що важливо для процесу сепарації;

—Кінематика потоку прийнятна для процесу відцентрового поділу технологічного матеріалу.

Висновок. На підставі дослідження кінематики потоку частинок рідини в зоні вхідного матеріалу відцентрового сепаратора з тангенціальним розташуванням вхідного сопла можна зробити висновок, що, незалежно від розташування вхідного сопла, режим потоку частинок рідини є плавним

перехідним в просторі і стаціонарним в часі; У просторі до впускного патрубку частинки рідини в основному обертаються навколо центральної поздовжньої осі робочої камери з невеликими осьовими рухами різного напрямку. В результаті не виконується одна з умов технологічного процесу, а саме переміщення технологічного матеріалу від входу до виходу робочої камери із середньою швидкістю, що забезпечує продуктивність сепаратора; в просторах на рівні і після вхідного сопла частинки рідини здійснюють поступальний обертальний рух, що сприяє здійсненню технологічного процесу; У просторі аж до вхідного сопла спостерігаються значні вихори в поздовжніх і поперечних ділянках робочої камери, що перешкоджає проведенню технологічного процесу. На рівні вхідного патрубка вони зменшуються, а в просторі після вхідного патрубка відсутні, що сприятливо для здійснення технологічного процесу; Кінематика потоку в цілому прийнятна для процесу відцентрового відділення технологічного матеріалу, за винятком простору до вхідного сопла. Мінімальне відділення вхідного патрубка від вхідного кінця робочої камери забезпечує мінімальну кількість шкідливих вихорів і, отже, найкраще функціонування відцентрового сепаратора.

Список використаної літератури

1. Бакум М.В., Крекот М.М., Сіняєва О.В., Сільонов І.С. Дослідження впливу параметрів вібро-пневматичного сепаратора на якісні показники його роботи. *Технічний прогрес в АПВ: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*. 9-10 травня 2023 р. Харків: ДБТУ. 2023. С. 66-67.

2. Мороз С.М., Васильковський О.М. Експериментальні дослідження впливу параметрів транспортера–сепаратора на показники його роботи *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: науковий журнал*. 2013. Вип. 43, част. II. С. 213-219.

3. Возняк О.М., Штуць А.А., Колісник М.А. Дослідження параметрів лінійного асинхронного електроприводу віброцентробіжного сепаратора зерна. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки: науковий журнал*. Хмельницький. 2021. Вип. 301, №5 С.99-108.

4. Кушніренко А. П. Дослідження технологічного процесу жалюзійного сепаратора на безрешітних зернових дробарках: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/38115.pdf> (дата звернення 24.03.2025).

5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з професійно – орієнтованої дисципліни « Експлуатація техніки в переробній галузі»: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/10569.pdf> (дата звернення 24.03.2025).

6. Вішатюк Є.А. Дослідження технологічного процесу зернового сепаратора: робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр». Вінниця. 2021. 72 с.

Ігор ШКВАРИЛО⁴¹,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ І УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ШПАРУВАТОСТІ ҐРУНТУ

Анотація. У статті наведено методику визначення шпаруватості ґрунту та аналізу обладнання та устаткування, що використовуються для цього. Розглянуто методи вимірювання, їх точність і вплив на агротехнічні процеси. Отримані результати сприяють удосконаленню технологій оцінки фізико-механічних властивостей ґрунту.

Ключові слова: шпаруватість ґрунту, пористість ґрунту, методи вимірювання, обладнання для аналізу ґрунту, агрофізичні властивості, ґрунтова структура.

Annotation. The article is devoted to the analysis of equipment and facilities used to determine the soil porosity. The methods of measurement, their accuracy and impact on agrotechnical processes are considered. The results obtained contribute to the improvement of technologies for assessing the physical properties of soil.

Key words: Soil porosity, soil porosity, measurement methods, soil analysis equipment, agrophysical properties, soil structure.

Вступ. Шпаруватість ґрунту є одним із ключових показників його фізичних властивостей, що визначає водно-повітряний і тепловий режими, а також впливає на ріст і розвиток рослин. Вона характеризує співвідношення твердих часток і пустот у ґрунтовому профілі, що безпосередньо впливає на його здатність утримувати й пропускати вологу, забезпечувати доступ кисню до кореневої системи та сприяти розвитку ґрунтових мікроорганізмів [1].

Оцінка шпаруватості ґрунту необхідна для раціонального управління ґрунтовими ресурсами, зокрема для контролю ерозійних процесів, оптимізації зрошувальних і дренажних систем, а також удосконалення технологій обробки ґрунту. Традиційні методи визначення шпаруватості потребують значних

⁴¹Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

трудових витрат і часу, тому застосування сучасного обладнання та автоматизованих систем дозволяє підвищити точність і швидкість вимірювань.

Аналіз переваги та недоліків різних методів вимірювання дозволяє обґрунтувати вибір найбільш ефективних підходів для конкретних умов ґрунтового середовища.

Виклад основного матеріалу. Шпаруватість є ключовим критерієм, за яким відбувається оцінювання якості роботи плугів під час обробки ґрунту. Збільшуючи кількість цих проміжків, ми формуємо сприятливі умови для взаємодії атмосфери з ґрунтом, забезпечуючи високу здатність до повітро- та водопроникності. Об'єм шпаруватості слугує показником якості розпушування ґрунту [1].

Відомий спосіб визначення структури та щільності орного шару ґрунту полягає у відборі зразка ґрунту за допомогою циліндра, де здійснюють зважування цього циліндра з відібраним зразком (необхідно враховувати масу самого циліндра). Після цього циліндр із зразком поміщають у ванну з водою та витримують до повного насичення, яке визначають зважуванням. Після завершення насичення беруть зразок для аналізу вологості ґрунту, висушують його до постійної ваги та зважують після висушування. На основі отриманих даних проводять розрахунок структури ґрунту [1]. Однак, у рамках відомого способу визначається лише процентне співвідношення між об'ємом пор та загальним об'ємом зразка. Інформація про щільність розподілу порів по об'єму зразка, їх форму та розмір відсутня, що обмежує повноту оцінки якості розпушування ґрунту. Крім цього, практичне застосування цього способу потребує декількох днів для отримання результату.

Для прискорення процесу дослідження шпаруватості ґрунту та розширення його можливостей, розроблено метод визначення шпаруватості ґрунту [2]. Завдання, яке вирішує запропонований спосіб це отримання інформації про щільність розподілу пор за об'ємом проби, їхню форму та величину, що дозволить оцінити якість розпушування ґрунту. Це завдання вирішується завдяки наступному: при застосуванні способу визначення шпаруватості ґрунту, коли досліджується відібраний зразок на відсотковий вміст пор від загального об'єму зразка, відповідно до винаходу, зразок ґрунту відбирають рамкою, що встановлюється на ґрунт вдавленням до рівня поверхні ґрунту, з подальшим заповненням внутрішньої площі рамки розчином речовини, що швидко твердіє, до насичення пор у ґрунті всередині рамки і вирівнювання зовнішньої поверхні речовини, що швидко твердіє. Зразок витримують до затвердіння та утворення зліпка. Шпаруватість ґрунту визначають виготовленням шліфа із зліпка, подальшим його копіюванням на плоский носій, причому пори виділяють кольором, підраховують загальну площу забарвлених і світлих ділянок, і визначають справжню шпаруватість ґрунту [2].

Окрім вищесказаного, гіпс може бути використаний як матеріал для заповнення тріщин. Відтворення зрізу на плоскому носії можливе як вручну, шляхом накладання кальки на зріз та зафарбовування ділянок, відповідно до тріщин, або ж шляхом фотографування на цифровий носій з наступним

підвищенням контрастності забарвлених тріщин у графічному редакторі. Обчислення загальної площі зафарбованих та світлих зон, а також визначення на цій основі шуканої пористості ґрунту, може бути здійснене вручну за допомогою наступної формули:

Відбір проби ґрунту через застосування рамки, яку встановлюють способом втискання, поки вона не зрівняється з поверхнею землі. Далі, внутрішню площу рамки заповнюють розчином речовини, що швидко застигає, аж до повного заповнення усіх порожнин у ґрунті. Після цього вирівнюють зовнішню поверхню застиглої речовини. Витримують до повного затвердіння та виймають зліпок. Цей процес дає змогу заповнити порожнини в ґрунті й сформувати зразок. Отриманий зразок надає інформацію про густину розподілу порожнин у зразку, їхню форму та розміри. Це, в свою чергу, дає можливість оцінити ефективність рихлення ґрунту [3].

Визначення пористості ґрунту передбачає виготовлення шліфу із зліпка, подальше його копіювання на плоский носій. Після цього, пори виділяються кольором, проводиться підрахунок загальної площі кольорових та світлих ділянок. На завершення, візуально оцінюють наявність пор у зразку. Усі ці маніпуляції дозволяють отримати дані про щільність розподілу пор за об'ємом проби, їх форму та розміри.

Застосування запропонованого методу для вимірювання пористості ґрунту дає змогу досягти такого технічного ефекту:

- можливість отримати інформацію про розподіл пор за об'ємом, формою та розміром у зразку.
- зменшується час, необхідний для проведення аналізу.
- збільшується точність отриманих даних.

Досліджені дані можна верифікувати, виконавши два, три або більше шліфів з відбитку з подальшим визначенням середньоарифметичної величини. Розрахунок пористості ґрунту також може бути здійснений з плоского матеріалу (паперу), використовуючи спеціально сконструйований оптико-електричний пристрій відповідно до закладеної в нього програми [4, 5].

На рисунку 1 представлено загальний вигляд шліфа, отриманого після розрізу гіпсової заливки. На рисунку 2 показано шліфи заливок, що нанесені на плоску основу (міліметровий папір) [4, 5].

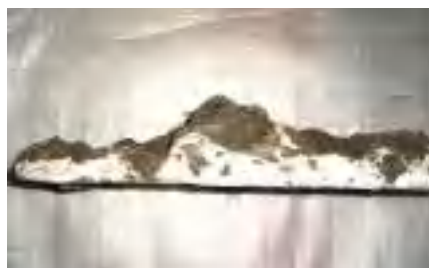


Рис. 1. Зразок шліфа з заливки.



Рис. 2. Зображення заливки на міліметровому папері.

На рисунку 3 продемонстрована схема приладу для вимірювання площі шпар.

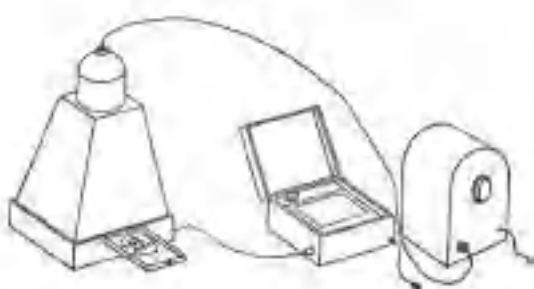


Рис. 3. Схема приладу для вимірювання площі шпар.

Запропонований метод вимірювання шорсткості ґрунту, застосований для аналізу структури, сформованої після взаємодії з робочими частинами плугів або аналогічного обладнання, дає змогу швидше отримувати дані експерименту. Шляхом співставлення зрізів гіпсових відбитків, отриманих з ґрунту після обробки різними плужними корпусами, стає можливим візуально оцінювати ефективність їхньої роботи [6].

Таблиця 1. Визначення показників шпаруватості ґрунту.

Шар ґрунту, см	Загальна шпаруватість (Р), %	Капілярна шпаруватість (КР), %	Некапілярна шпаруватість (НР), %	Відношення КР/НР
1	2	3	4	5
0-20	53,81	42,5	11,31	3,76
20-40	50,6	38,75	11,85	3,27
40-60	50	31,25	18,75	1,67
60-80	47,7	25,5	22,2	1.15
80-100	44,01	21,75	22.26	0,98
0-100	49,22	31,95	17,07	2,17

Таблиця відображає показники шпаруватості ґрунту на різних глибинах (шари 0–20 см, 20–40 см тощо). Представлено загальну шпаруватість (Р),

капілярну шпаруватість (КР), некапілярну шпаруватість (НР) та відношення капілярної шпаруватості до некапілярної (КР/НР).

Шпаруватість ґрунту визначає здатність ґрунту утримувати воду та повітря, що впливає на розвиток рослин і мікроорганізмів та залежить від факторів:

- гранулометричного складу ґрунту. Глинисті ґрунти мають високу капілярну шпаруватість, оскільки дрібні частинки глини утворюють щільну структуру з малими порами. Піщані ґрунти характеризуються високою некапілярною шпаруватістю, що сприяє гарному дренажу, але низькому утриманню вологи. Суглинкові ґрунти є найбільш збалансованими за співвідношенням капілярної та некапілярної шпаруватості.

- щільності ґрунту. Чим більша щільність ґрунту, тим менша його шпаруватість. Ущільнення ґрунту через інтенсивне використання техніки або часті обробітки призводить до зменшення порового простору. Рихлі ґрунти мають вищу загальну шпаруватість, що покращує повітро- і водопроникність.

- вологості ґрунту. Надмірне зволоження призводить до заповнення пор водою, що знижує аерацію і створює сприятливі умови для анаеробних процесів. Достатня вологість зберігає капілярну шпаруватість, що покращує доступність води для рослин.

- органічних речовин в ґрунті та гумусу. Високий вміст органічних речовин сприяє утворенню грудкуватої структури ґрунту, яка має оптимальну пористість. Органічні сполуки покращують вологоємність і повітрообмін у ґрунті.

- обробітку ґрунту. Глибоке рихлення сприяє підвищенню некапілярної шпаруватості, що покращує дренаж і запобігає застою води. Поверхнєве розпушування допомагає зберегти вологу та зменшує випаровування. Надмірне механічне втручання (оранка, культивування) може призвести до порушення структури ґрунту та його ущільнення.

- рослинного покриву та біологічної активності. Корені рослин сприяють утворенню пор у ґрунті, покращуючи його структуру та повітрообмін. Мікроорганізми та дощові черви відіграють важливу роль у формуванні структурних агрегатів ґрунту, що впливає на його шпаруватість.

Для покращення фізичних властивостей ґрунту та оптимізації шпаруватості ґрунту слід застосовувати комплексні агротехнічні заходи:

1. Застосування органічних добрив. Внесення гною, компосту та сидератів збільшує вміст гумусу, що покращує структуру ґрунту. Органічні речовини утримують вологу та сприяють розвитку корисної мікрофлори.

2. Чергування способів обробітку ґрунту. Глибоке рихлення сприяє покращенню дренажу та зменшенню ущільнення нижніх шарів. Мінімальний обробіток (no-till, strip-till) дозволяє зберегти природну структуру ґрунту.

3. Мульчування. Покриття поверхні ґрунту рослинними залишками або агротекстилем зменшує ущільнення та випаровування вологи. Органічна мульча сприяє поступовому розкладанню і покращує загальну шпаруватість.

4. Сівозміна та сидерати. Висадка сидератів (гірчиця, фацелія, люпин) сприяє збагаченню ґрунту органічною речовиною та його структурній стійкості. Глибококореневі культури (соняшник, люцерна) допомагають зменшити ущільнення.

5. Контроль навантаження техніки на ґрунт. Використання шин із зниженим тиском або гусеничних тракторів допомагає зменшити ущільнення. Обмеження проходів техніки на полі сприяє збереженню природної структури ґрунту.

6. Дренажні системи. На важких глинистих ґрунтах варто застосовувати дренажні канали для поліпшення водного режиму та запобігання заболоченню.

Висновок. Шпаруватість ґрунту є ключовим показником його фізичних властивостей, що визначає водно-повітряний режим, здатність до фільтрації та загальний рівень родючості. Використання сучасного обладнання та устаткування для визначення шпаруватості дозволяє отримати точніші дані, необхідні для оптимізації агротехнічних заходів та раціонального використання земельних ресурсів.

Аналіз існуючих методів вимірювання шпаруватості ґрунту показав, що застосування автоматизованих та цифрових технологій значно підвищує ефективність і швидкість досліджень.

Таким чином, впровадження сучасних методів і технологій для визначення шпаруватості ґрунту сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва, покращенню екологічного стану земель та забезпеченню сталого розвитку аграрного сектора.

Список використаної літератури

1. Панас Р.М. Ґрунтознавство: навчальний посібник. Львів: «Новий світ». 2015. 372 с.
2. Як щільність ґрунту впливає на урожайність с.-г. культур: веб-сайт. URL: <https://www.agronom.com.ua/yak-shhilnist-gruntu-vplyvaye-na-urozhajnist-s-g-kultur> (дата звернення 14.03.2025).
3. Як правильно визначити щільність ґрунту пенетрометром?: веб-сайт. URL: <https://ventalab.ua/vyznachennia-shchilnosti-gruntu-penetrometrom> (дата звернення 14.03.2025).

4. Визначення показників шпаруватості ґрунту: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/5513083/page:14/> (дата звернення 14.03.2025).

5. Мерседін Г.Р. Спосіб визначення шпаруватості ґрунту. *Сторінка молодого вченого: науковий журнал. Вісник ЖНАЕУ*. 2009. №2. С. 319-322.

6. Дідора В.Г., Мерседін Г.Р., Тишковський В.В. Пат. 84647 Україна, МПК G01N 33/24, G01N 15/08, G01N 1/00. Спосіб визначення шпаруватості ґрунту; заявник і патентовласник Держ. вищий навч. заклад «Держ. агрокол. ун-т». – № а 2007 04196; заявл. 16.04. 2007; опубл. 10.11.2008, Бюл. № 21.

Артур АРЦЕБАШЕВ⁴²,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ПИТОМИХ ТИСКІВ КОЛІС ТРАКТОРА НА ҐРУНТ І ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ОПОРУ КОЧЕННЮ

Анотація. *Рухомі енергетичні засоби в сільському господарстві спричиняють ущільнення ґрунту, що знижує його родючість. Для дослідження цього явища розроблені тензометричні мембрани, які вимірюють питомий тиск коліс трактора на ґрунт. Запропонований метод вимірювання унікальний тим, що не порушує ґрунтовий шар перед проїздом, зменшуючи похибку.*

Ключові слова: *ущільнення ґрунту, трактор, рушій, питомий тиск, тиск у шинах, опір коченню.*

Annotation. *Mobile energy vehicles in agriculture cause soil compaction, which reduces its fertility. To study this phenomenon, strain gauge membranes have been developed that measure the specific pressure of tractor wheels on the soil. The proposed measurement method is unique in that it does not disturb the soil layer before driving, reducing the error.*

Key words: *soil overconsolidation, tractor, mover, specific pressure, tyre pressure, rolling resistance.*

Вступ. У зв'язку з наростаючою інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва машинний і тракторний парк нашої країни з кожним роком поповнюється все більш потужними енергоємними тракторами. Однак збільшення потужності трактора неминуче призводить до збільшення його ваги і питомих тисків ходової системи на ґрунт. Підвищення питомого тиску на ґрунт призводить до руйнування його структури, накопичення деформацій

⁴²Науковий керівник – Єленич А.П., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

ущільнення, внаслідок чого порушуються водний, повітряний, біохімічний режими, підвищується схильність до ерозійного руйнування, гальмується розвиток мікро- та макрофауни ґрунту, знижується її родючість. Обробка такого ґрунту з кожним роком вимагає все більше енергії. Для успішного вирішення проблеми зниження впливу ущільнення ходових систем трактора на ґрунт виникає необхідність проведення комплексних досліджень у всіх ґрунтово-кліматичних зонах країни. У зв'язку з цим метою даної роботи є розробка методики вимірювання питомих тисків гребних гвинтів трактора на ґрунт і визначення коефіцієнта опору коченню для вирішення проблеми ущільнення ґрунту [1].

Виклад основного матеріалу. Одним з основних показників, що оцінюють ступінь впливу ходової системи трактора на ґрунт, є питомий тиск. Вимірювання питомого тиску пов'язане з використанням досить складного вимірювального обладнання. Ми пропонуємо вимірювання питомих тисків коліс трактора класу 50 кН на ґрунт за допомогою тензометричних мембран, встановлених безпосередньо на колісну шину. В основі датчика лежить мембрана зі сталі 40Х (рис. 1).

Необхідний розмір мембрани і місця залипання тензодатчика визначалися розрахунковим шляхом. Як показують розрахунки, для того, щоб на мембрані було два активних тензодатчика, необхідно один з них приклеїти по центру мембрани (він буде працювати на розтяг), а інший на відстані $0,628 \cdot r$ від центру (він буде працювати на стиснення), де r - радіус мембрани. Тензодатчики з'єднуються за напівмостовою схемою і герметизуються клеєм БФ-2, нанесеним в три шари. Для установки тензометричних мембран на шину в ній вирізаються виїмки, в які за допомогою клею НР 88 вклеюються сталеві базові кільця з різьбовими отворами. До базових кілець прикручуються тензометричні мембрани. Дроти від тензодатчиків прокладені в гумових трубках, які через канавку, прорізану в задній частині протектора, ведуть до струмоприймача [2].

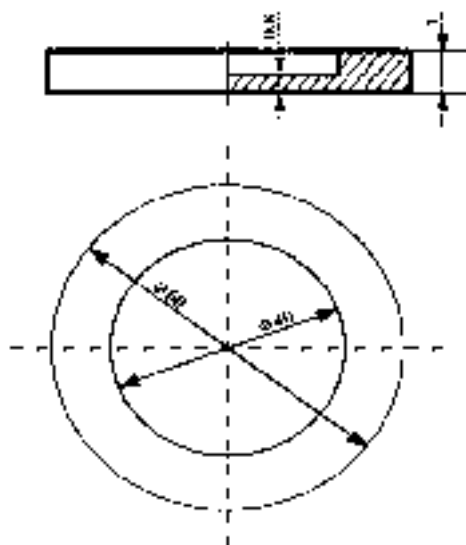


Рис.1. Загальний вигляд мембрани.

Відомо, що сила зсуву, що розвивається ведучим колесом трактора, витрачається на подолання тягового опору і опору коченню [3].

$$P_k = P_{кр} + P_f, \quad (1)$$

де P_k – сила тяги зсуву, кН;

$P_{кр}$ – тяговий опір, кН;

P_f – опір коченню, кН.

Втрати при коченні оцінюються силою опору коченню і коефіцієнтом опору коченню

$$P_f = G \cdot f, \quad (2)$$

де G – вертикальне навантаження на колесо, кН;

f – коефіцієнт опору коченню.

Опір коченню колеса визначається методом вільного биття (інерційний метод), тобто шляхом вимірювання часу і відстані, пройдені колесом з заданою швидкістю до його повної зупинки, або шляхом безпосереднього вимірювання енергії, що поглинається колесом (динамометрія). Однак ці способи досить технічно складні, вимагають певних умов і багато часу, особливо при русі по поверхні, що деформується [4].

Запропоновано метод визначення коефіцієнта опору коченню тракторного колеса, який можна використовувати одночасно з вимірюванням питомого тиску колеса на ґрунт за допомогою тензометричних мембран.

При коченні колеса передні елементи шини, які контактують з опорною поверхнею, навантажуються і деформуються, а задні елементи розвантажуються і відновлюють свою форму. За рахунок тертя всередині шини і в ґрунті частина енергії, витраченої на їх деформацію, повертається в технології, машини і обладнання для БТР 153 повертається і переходить в тепло, яке розсіюється в навколишньому просторі. Тому площа ділянки нормальних реакцій, що діють на колесо кочення в передній частині, більша, ніж у задній частині (рис. 2). Це призводить до того, що результуюча ділянка R зміщується вперед від вертикальної осі колеса по ходу руху на величину a , яка називається важелем тертя кочення.

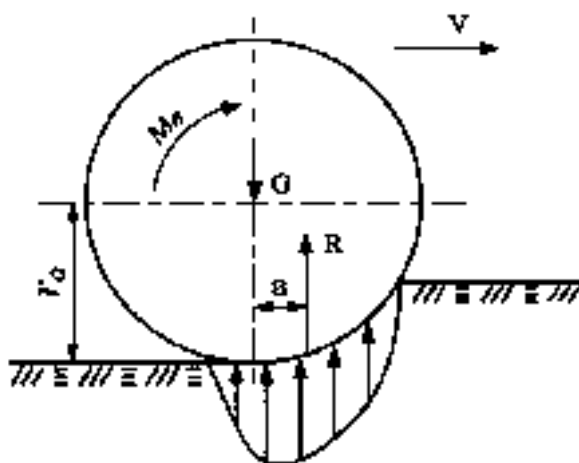


Рис. 2. Діаграма нормальних тисків під ведучим колесом трактора.

Коефіцієнт опору коченню можна визначити наступним виразом:

$$f = \frac{a}{r_d} \quad (3)$$

де r_d - динамічний радіус кочення колеса, м;

a - важіль тертя кочення, м.

Так як при відносно невеликих швидкостях, що характерно для трактора, динамічний радіус мало відрізняється від статистичного, його легко виміряти. Для вимірювання важеля тертя кочення ми виготовили індукційний перетворювач, який працює разом з тензодатчиком [5].

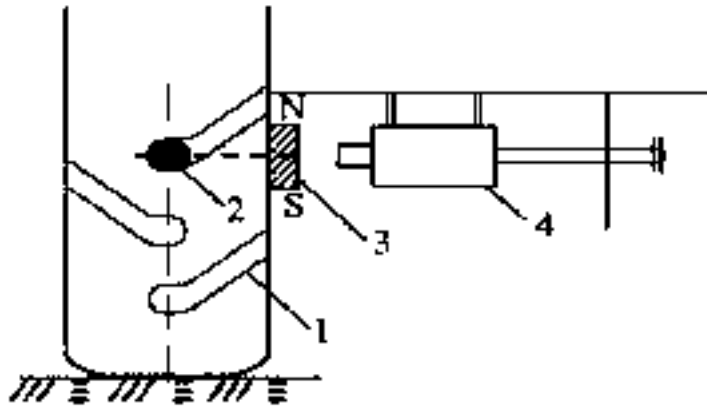


Рис.3. Схема установки індукційного перетворювача:
1 – колесо трактора; 2 – деформаційна мембрана; 3 – постійний магніт; 4 – котушка індуктивності з датчиком.

Постійний магніт 3 встановлений на ободі колеса чітко на одній лінії з центром деформаційної мембрани 2 і обертається разом з колесом 1. Котушка індуктивності з датчиком показань 4 закріплюється нерухомо біля колісного диска і підключається до персонального комп'ютера (ПК), встановленого в кабіні трактора (рис. 3). Коли поруч з котушкою, в останній проходить постійний магніт, відбувається індукція і це призводить до спрацювання датчика, встановленого на котушці індуктивності, дані передаються на ПК з встановленим програмним забезпеченням, яке записує дані у вигляді осцилограми [4].

Калібрування і польові випробування показали, що мембрани деформації мають лінійну характеристику, хорошу стабільність і досить високу точність. Сумарна похибка вимірювання не перевищує 4%.

На рисунку 4 показаний зразок осцилограми, отриманий в ході польових випробувань. Як видно з малюнка, запис дозволяє визначити такі показники взаємодії колеса з ґрунтом, як максимальний питомий тиск, довжина і час контакту, що використовується для оцінки рівня впливу ходової системи на ґрунт.

Таким чином, запропонований метод вимірювання питомих тисків є цілком прийнятним для вивчення процесів взаємодії двигунів тракторів класу 50 кН з ґрунтом. Цей метод, на відміну від існуючого методу, виключає порушення шару ґрунту до проїзду трактора, тому похибка при вимірюванні питомих тисків значно знижується [6].

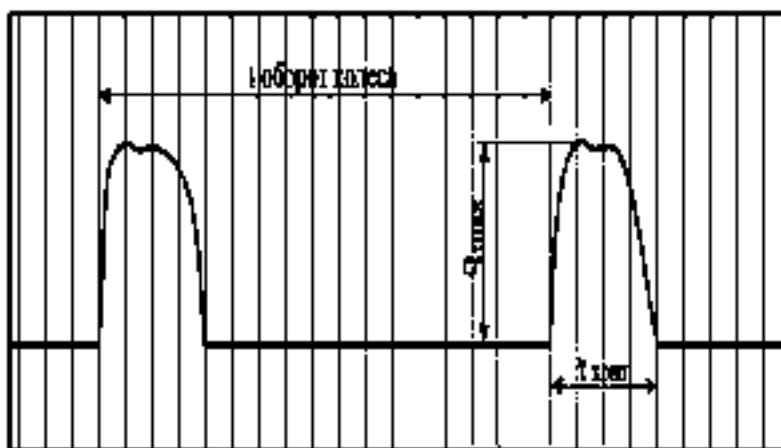


Рис. 4. Зразок осцилограми з реєстрацією роботи мембрани деформації.

При відповідній зміні розмірів мембран їх можна використовувати для вимірювання питомих тисків ходової системи на ґрунті колісного трактора або сільськогосподарської машини будь-якої марки.

Як показали лабораторні дослідження, результати яких показані на рисунку 5, центр колеса розташований в точці К форми сигналу.

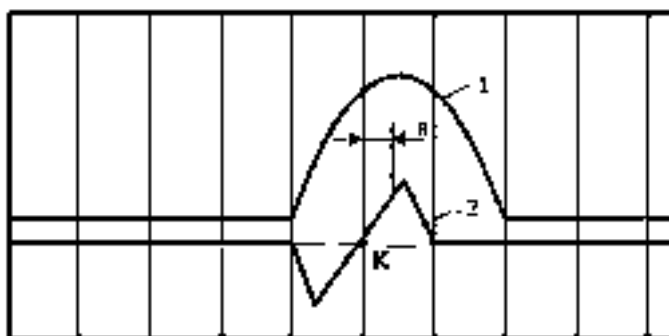


Рис. 5. Приклад осцилограми, що фіксує нормальний тиск колеса на землі (1) і положення центру колеса (2).

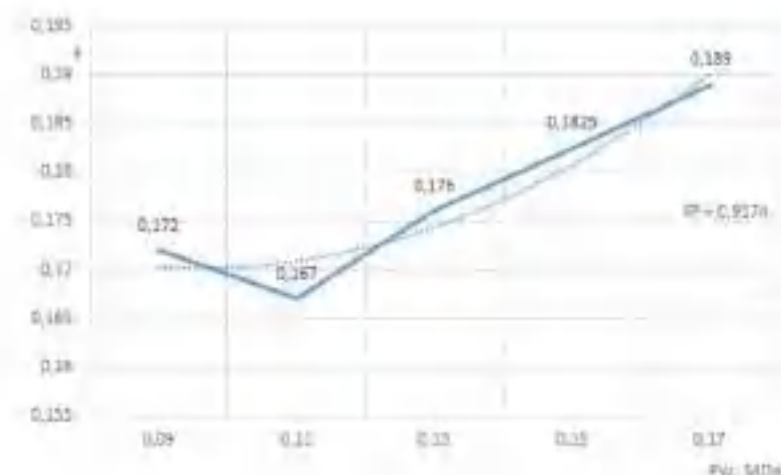


Рис. 6. Коефіцієнт опору коченню колеса (f) по відношенню до тиску повітря в шинах.

Таким чином, відстань від точки К до центру графіка тиску і є важіль тертя кочення.

Результати досліджень з визначення коефіцієнта опору коченню наведені на рисунку 6.

Достовірність отриманих результатів підтверджується тим, що вони мало відрізняються від результатів досліджень інших авторів як за характером залежності, так і за величиною [5].

Використовуючи отриману залежність, можна підібрати оптимальне значення тиску повітря в шині з точки зору мінімальних витрат на кочення. Наприклад, для шини типу FD-12, при наковчуванні на стерні, цей тиск дорівнює 0,11 МПа.

Висновок. Запропонований метод вимірювання питомих тисків прийнятний для вивчення процесів взаємодії гвинта трактора з ґрунтом. На відміну від існуючих, цей метод виключає порушення ґрунтового шару перед проїздом трактора, тому похибка при вимірюванні питомих тисків знижується.

Розроблено метод визначення коефіцієнта опору коченню тракторного колеса, який може застосовуватися одночасно з вимірюванням питомого тиску колеса на ґрунт за допомогою тензометричних мембран, встановлених безпосередньо на шині колеса.

Список використаної літератури

1. Сили і моменти, що діють на трактор і автомобіль. Тяговий баланс тракторів та автомобілів: веб-сайт. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/traktoru_i_avtomobili_I%D0%86_g/traktoru_i_avtomobili_I%D0%86_g/8/8_1.htm (дата звернення 20.03.2025).
2. «Експлуатація і обслуговування машин»: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/33177.pdf> (дата звернення 11.03.2025).
3. Методика вимірювання питомих тисків коліс трактора на ґрунт і визначення коефіцієнта опору коченню: веб-сайт. URL: <https://chatgpt.com/c/67e34087-8f58-8003-83f8-1f00968fb4b6> (дата звернення 15.03.2025).
4. Експлуатація машинно-тракторного парку: веб-сайт. URL: <https://chatgpt.com/c/67e34087-8f58-8003-83f8-1f00968fb4b6> (дата звернення 16.03.2025).
5. Експлуатація машин і обладнання: веб-сайт. URL: https://lad.vnau.com.ua/storage/metod_vkazivkb.pdf (дата звернення 05.03.2025).

Іван ДІБРОВА⁴³,
студент 2 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СОШНИКА ДЛЯ РОЗПОДІЛУ ДОБРИВ ПО ШИРИНІ РЯДКА

***Анотація.** Розглядається питання підвищення ефективності внесення добрив шляхом обґрунтування параметрів сошника для розподілу добрив по ширині рядка. Зазначено, що використання запропонованого сошника обладнаного розсіювачем з різноспрямованими зубами дозволяє забезпечувати рівномірне розподілення гранул твердих мінеральних добрив по ширині гребеня.*

***Ключові слова:** сошник, добриво, картопля, розсіювач, робочий орган, швидкість.*

***Annotation.** The issue of increasing the efficiency of fertilizer application is considered by substantiating the parameters of the opener for distributing fertilizers across the width of the row. It is noted that the use of the proposed opener equipped with a spreader with multidirectional teeth allows for uniform distribution of solid mineral fertilizer granules across the width of the ridge.*

***Key words:** opener, fertilizer, potato, spreader, working body, speed.*

Вступ. Ефективність внесення добрив є одним із ключових факторів підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Раціональний розподіл добрив по ширині рядка сприяє рівномірному живленню рослин, зменшенню втрат поживних речовин і покращенню екологічної безпеки агровиробництва. Одним із важливих елементів цього процесу є конструкція сошника, яка визначає рівномірність і глибину закладання добрив у ґрунт [1-3].

Виклад основного матеріалу. Запропонована конструктивно-технологічна схема сошника для розподілу добрив по ширині рядка представлена на рис. 1. Сошник для підґрунтового-розкидного внесення твердих мінеральних добрив складається із закріплених на вертикальній трубчастій стійці 1 тукопроводу 2, прямого вертикального наральника 3 з приклепаною до нього культиваторною лапою 4 і розсіювача 5, причому розсіювач 5 виконаний у вигляді вільно обертового обода 6 з різнонаправленими зубами 7 (рис. 1).

Сошник для підґрунтового-розкидного внесення твердих мінеральних добрив працює в такий спосіб. При заглибленні сошника відбувається взаємодія наральника 3 з приклепаною до нього культиваторною лапою 4 з ґрунтом. В результаті чого в утворений канал через тукопровід 2 подаються добрива, які взаємодіють із зубами 7 вільно обертаючого обода 6 розсіювача 5 і

⁴³Науковий керівник – Шаповалюк С.О., асистент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

розподіляються в об'ємі картопляного гребеня.



Рис. 1. Схема сошника для підґрунтового-розкидного внесення твердих мінеральних добрив.

Обертання розсіювача 5 із зубами 7 відбувається за рахунок впровадження у дно борозни, що сприяє заглибленню частинок мінеральних добрив у різні горизонти утвореного каналу. Сошник для підґрунтового-розкидного внесення твердих мінеральних добрив покращує розподіл добрив в об'ємі картопляного гребеня.

Розрахункова схема визначення швидкості різноспрямованих зубів зображено на рис. 2.

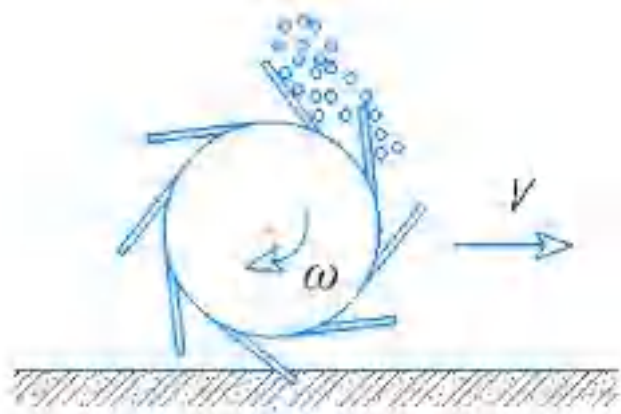


Рис. 2. Розрахункова схема до визначенню швидкості різноспрямованих зубів.

Швидкість розсіювача визначається швидкістю руху агрегату з урахуванням заглиблення різноспрямованих зубів [2]

$$V_{cp} = \frac{V}{r_{cp}} \cdot r_z, \quad (1)$$

де V_{cp} – швидкість різноспрямованих зубів, м/с;

V – робоча швидкість агрегату, м/с;

r_{cp} – середній радіус заглибленого розсіювача з різноспрямованими зубами, м;

r_z – радіус різноспрямованих зубів, м.

З іншого боку, швидкість взаємодії гранул мінеральних добрив із

різноспрямованими зубами визначається висотою падіння гранул [3].

$$V_{ep} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \quad (2)$$

де V_{ep} – швидкість гранул мінеральних добрив при падінні в тукопроводі, м/с;

h – висота падіння (довжина тукопроводу), м;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Розглянемо ударну взаємодію гранул мінеральних добрив із різноспрямованими зубами розсіювача (рис. 3).

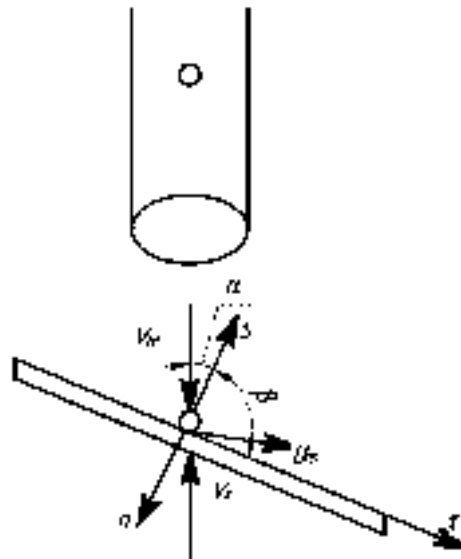


Рис. 3. Схема до визначення ударної взаємодії гранул з різноспрямованими зубами.

Швидкість на початку удару складається зі швидкості гранули та швидкості зуба розсіювача [4-5].

$$V_1 = V_{ep} + V_3. \quad (3)$$

Визначимо проекції швидкості на природні осі координат n та τ .

$$\begin{cases} V_{1n} = V_1 \cdot \cos \alpha \\ V_{1r} = V_1 \cdot \sin \alpha \end{cases}, \quad (4)$$

де V_{1n} – нормальна складова швидкості гранули на початку удару, м/с.

V_{1r} – дотична складова швидкості гранули на початку удару, м/с;

α – кут зіткнення гранули з різноспрямованим зубом (кут падіння), град.

Ударний імпульс при відсутності сили тертя перпендикулярний площині різноспрямованого зуба, запишемо рівняння

$$m \cdot U_1 - m \cdot V_1 = S_{y\partial}, \quad (5)$$

де U_1 – швидкість гранули наприкінці удару, м/с;

m – вага гранули, кг;

$S_{y\partial}$ – ударний імпульс, кг·м/с.

Спроектувавши рівняння на дотичний напрямок, отримаємо

$$U_{1r} = V_1 \cdot \sin \alpha \quad (6)$$

або

$$U_{1\tau} = V_{1\tau} . \quad (7)$$

Тоді можна записати

$$U_{1\tau} = V_1 \cdot \sin \alpha , \quad (8)$$

де U_{1t} – дотична складова швидкості гранули наприкінці удару, м/с.

Так як процес удару має 2 етапи, протягом 1 етапу відбувається деформація гранули, на другому етапі відбувається часткове відновлення гранули – то співвідношення ударних імпульсів етапів характеризується коефіцієнтом відновлення

$$U_{1n} = -k \cdot V_{1n} , \quad (9)$$

де U_{1n} – нормальна складова швидкості гранули наприкінці удару, м/с;

k – коефіцієнт відновлення гранули мінеральних добрив.

Тоді спроектувавши рівняння імпульсу на нормаль, з урахуванням рівняння 4, має наступний вигляд:

$$U_{1\tau} = -k \cdot V_1 \cdot \cos \alpha . \quad (10)$$

Вираз визначення кута відображення β можна записати у такому вигляді

$$\tan \beta = \frac{|U_{1n}|}{|U_{1t}|} , \quad (11)$$

де β – кут відскоку гранули від поверхні різноспрямованого зуба, град.

З урахуванням виразу (8) та (10) маємо

$$\tan \beta = \frac{\tan \alpha}{k} , \quad (12)$$

Визначимо повне значення швидкості гранули після відскоку від зуба розсіювача

$$U_1 = \frac{U_{1n}}{\cos \beta} . \quad (13)$$

З урахуванням виразу (6) можна записати

$$U_1 = \frac{-k \cdot V_1 \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} . \quad (14)$$

Скориставшись значенням швидкості та напрямом гранули після відскоку, визначимо відстань та траєкторію польоту гранули (рис. 4).

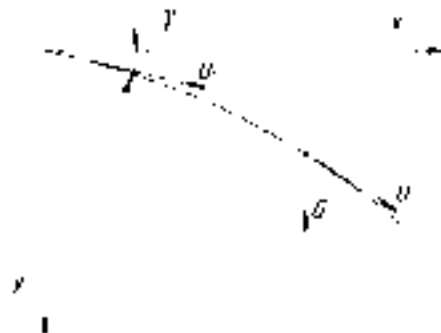


Рис. 4. Розрахункова схема визначення траєкторії гранули після ударної взаємодії.

Величину кута γ визначимо з виразу

$$\gamma = 90^\circ - (\alpha + \beta), \quad (15)$$

де γ – кут напрямку руху гранули при відскоку, град;

Оскільки після зіткнення гранула рухається у вільному польоті, прикладемо до неї силу тяжкості G і силу опору R , тоді основний закон руху запишеться у вигляді

$$m \cdot a = G, \quad (16)$$

де a – прискорення гранули, м/с^2 ;

G – сила тяжіння гранули ($G = mg$), Н;

Спроектуюмо вираз (16) на осі координат (рис. 5)

$$\begin{cases} m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = 0 \\ m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = m \cdot g \end{cases}. \quad (17)$$

Перетворимо рівняння системи:

$$dU_x = 0. \quad (18)$$

Проінтегрувавши, отримаємо

$$U_x = C_1, \quad (19)$$

де U_x – проекція швидкості гранули наприкінці удару на вісь OX , м/с ;

Підставивши початкові умови: $t = 0$; $U_{x0} = U_1 \cdot \cos \gamma$, визначимо постійну інтегрування

$$C_1 = U_1 \cdot \cos \gamma. \quad (20)$$

Підставивши значення постійної інтегрування, перетворюємо його

$$U_x = U_1 \cdot \cos \gamma. \quad (21)$$

Перепишемо рівняння (21) у такому вигляді

$$\frac{dx}{dt} = U_1 \cdot \cos \gamma. \quad (22)$$

та проінтегруємо, розділивши змінні

$$x = U_1 \cdot t \cdot \cos \gamma + C_2, \quad (23)$$

де x – положення гранули щодо осі OX , м;

t – час польоту гранули, с.

Підставимо початкові умови $t = 0$, $x_0 = 0$ і визначимо постійну інтеграцію

$$C_2 = x_0. \quad (24)$$

Тоді остаточно вираз (23) запишемо у вигляді

$$x = U_1 \cdot t \cdot \cos \gamma + x_0, \quad (25)$$

Аналогічним чином перетворимо друге рівняння системи (17), замінивши dy/dt на U_y і поділивши змінні

$$dU_y = g dt, \quad (26)$$

Проінтегрувавши, отримаємо

$$U_y = gt + C_3, \quad (27)$$

де U_y – проекція швидкості на вісь OY , м/с;

Підставимо початкові умови $t = 0$, $U_{y0} = U_1 \cdot \sin \gamma$, визначимо постійну інтегрування

$$U_y = gt + U_1 \cdot \sin \gamma. \quad (28)$$

Перепишемо рівняння (28) у такому вигляді

$$\frac{dy}{dt} = gt + U_1 \cdot \sin \gamma \quad (29)$$

та проінтегруємо, розділивши змінні

$$y = \frac{gt^2}{2} + U_1 \cdot t \cdot \sin \gamma + C_4, \quad (30)$$

де y – положення гранули щодо осі OY м;

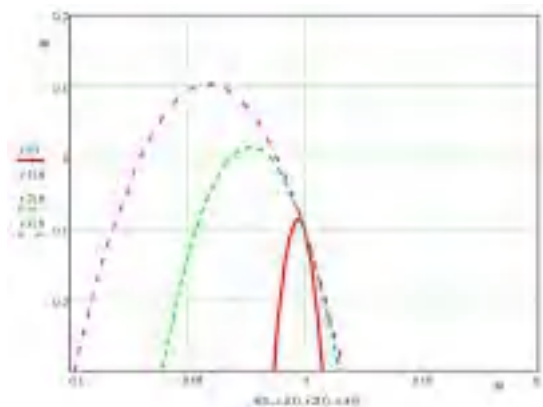
Підставимо початкові умови визначимо постійну інтегрування $t=0$, $y = y_0$:

$$C_4 = y_0. \quad (31)$$

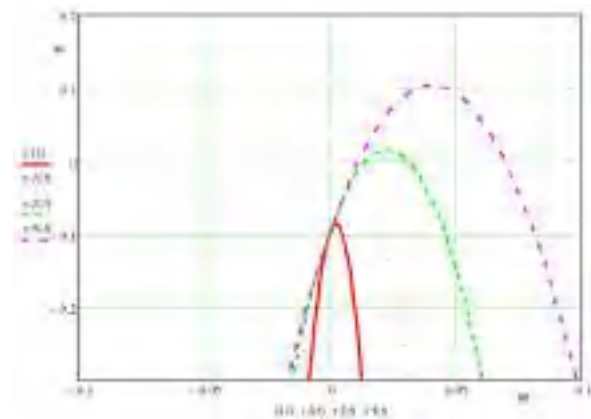
Остаточно вираз (30) запишемо у вигляді

$$y = \frac{gt^2}{2} + U_1 \cdot t \cdot \sin \gamma + y_0. \quad (32)$$

На підставі виразів (25) і (32) у програмі Mathcad побудуємо траєкторію польоту гранули після зіткнення із зубом розсіювача (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Траєкторія гранул добрив під час падіння в борозну:
а – напрям руху гранул вліво, б – напрям руху гранул вправо.

Аналіз рис. 5 показав, що застосування розсіювача з різноспрямованими зубами дозволяє забезпечувати розподіл твердих гранул мінеральних добрив по ширині гребеня.

Висновки. Важливим фактором відскоку гранул від різноспрямованих зубів є початкова швидкість гранули. Різна початкова швидкість гранул забезпечує гофрованим тукопроводом та сприяє розподілу гранул твердих мінеральних добрив по ширині гребеня. Також застосування зубів з позитивним та негативним кутом нахилу розподіляє гранули по обидва боки розсіювача. Моделювання відстані відскоку дозволило визначити, що раціональними параметрами є початкова швидкість гранул 1,5...3,5 м/с; кут нахилу зубів 5...6°;

висота розташування зуба при зіткненні 0,15 м.

Список використаної літератури

1. Васильченко В., Опалко В. Просапні культиватори та міжрядний обробіток. *Агроном: науковий журнал*. 2011. № 2. С. 192–196.
2. Руткевич В., Остапенко В., Кажуро М. Теоретичне дослідження умов роботи дозуючих робочих органів посівного комплексу для диференційованого внесення добрив. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки: науковий журнал*. 2024. № 4 (339). С. 91–96.
3. Руткевич В.С., Остапенко В.А. Розроблення висівної системи посівного комплексу для внутрішньо-грунтового диференційованого мінерального удобрення з одночасною сівбою зернових культур *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки: науковий журнал*. 2024. № 1 (330). С. 264–270.
4. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина 1) Машини та знаряддя для обробітку ґрунту: навчальний посібник. Харків: ОКО. 2001. 444 с.
5. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ: Друк. 2005. 464 с.

Вадим ГАНЖА⁴⁴,

студент 4 курсу,

інженерно-технологічний факультет,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна.

ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КУТА РОЗХИЛУ ТРОСОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ КУЛЬТИВАТОРА

Анотація. На основі теоретичних досліджень розроблено конструкцію культиватора, оснащеного тросовими та котковими робочими органами. Визначено закономірності впливу конструктивних параметрів цього культиватора на якісні та енергетичні показники поверхневої обробки ґрунту.

Ключові слова: ґрунт, культиватор, робочий орган, трос, стійка, коток, продуктивність, кут розхилу.

Annotation. Based on theoretical research, a design of a cultivator equipped with cable and roller working bodies has been developed. The patterns of influence of

⁴⁴Науковий керівник – Руткевич В.С., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

the design parameters of this cultivator on the qualitative and energy indicators of surface soil cultivation have been determined.

Keywords: soil, cultivator, working body, cable, stand, roller, productivity, angle of spread.

Вступ. Сучасні технології обробітку ґрунту спрямовані на підвищення ефективності агротехнічних операцій при одночасному зменшенні енерговитрат і мінімізації негативного впливу на структуру ґрунту [1]. Одним із перспективних напрямів є удосконалення конструкцій ґрунтообробних знарядь, зокрема культиваторів, які забезпечують якісний передпосівний обробіток. Традиційні культиватори часто призводять до надмірного розпушення ґрунту, що спричиняє інтенсивне випаровування вологи та погіршення умов проростання насіння. Використання робочих органів нового типу, таких як тросові та коткові елементи, дає змогу оптимізувати процес обробітку, створюючи сприятливі умови для вирощування дрібнонасінних культур.

Метою дослідження є розробка та аналіз конструкції культиватора з тросовими і котковими робочими органами, а також визначення закономірностей впливу його конструктивних параметрів на якісні та енергетичні показники поверхневої обробки ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Технічна новизна культиватора з тросовим і котковим робочими органами полягає в тому, що він складається з рами 2 з трьома жорсткими вертикальними стійками 1, встановленими в два ряди зі зміщенням в поперечного напрямку на половину кроку між ними в ряду. У нижній частині стійок через напрямні ролики натягнутий трос 3, кінці якого з'єднані з рамою через пружний елемент. Гілки троса утворюють стріловидну форму з кутом розхилу 2γ . Для зміни величини кута розтягу троса уздовж лінії бісектриси цього кута жорстко закріплений брус регулювання 4 з рядом отворів для знімного кріплення передньої стійки. За рамою установлений коток 5, що складається з зовнішнього барабана, у внутрішній порожнині якого розташований внутрішній барабан, з'єднаний з рамою шарнірно-поводковим пристроєм (рис.1).

Така конструкція тросового робочого органу забезпечить повне знищення бур'янів по всій ширині захвату культиватора без виносу вологих шарів на поверхню поля, вільний схід бур'янів з троса в процесі, а можливість зміни кута розтягу троса дозволить регулювати режим різання без зміни ширини захвату. Планчатий двохбарабанний коток планками зовнішнього барабана потрібнить великі ґрунтові грудки, створить ущільнений припосівний шар і забезпечить мульчируючий поверхневий шар за рахунок подрібнення ґрунтових грудок, які потрапили від впливів планок внутрішнього барабана.

Кут розхилу лез робочих органів культиваторів 2γ має велике значення для якості виконуваної роботи. При великих значеннях кута розхилу часто спостерігається обволікання робочого органу бур'янами і ґрунтом, що призводить до порушення технологічного процесу. Кут розхилу треба вибирати таким, щоб бур'яни в процесі руху агрегату ковзали вздовж

леза [2-3].

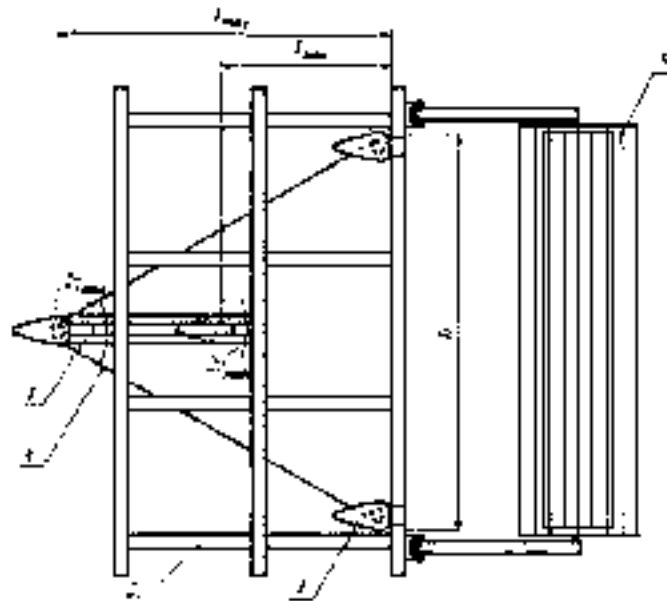


Рис. 1. Конструктивна схема тросово-коткового культиватора:

1 – стійка кріплення троса; 2 – рама знаряддя; 3 – трос; 4 – брус регулювання складання передньої стійки; 5 – двохбарабанный планчатий коток.

Тросовий робочий орган, на відміну від універсальної стрілкової лапи, знищує бур'яни в більшій мірі не підрізанням, а витягуванням з коренем. Це пов'язано з відсутністю гострої ріжучої кромки. При зустрічі з бур'яном трос вдавлює стебло бур'яну в його прикореневій частині в ґрунт, при цьому коренева система бур'яну ще не пориває зв'язків із ґрунтом. Так верхня і нижня частини бур'яну, перекинувшись на тросі і втративши зв'язок з ґрунтом, захоплюються тросом (рис.2).



Рис. 2. Дія тросу на відстані.

Щоб не сталося забивання троса, ґрунт і вирвані рослини повинні ковзати уздовж троса і сходити з нього, тобто трос повинен самоочищатися.

Отже, умова ковзання має враховувати фрикційні властивості і коренів, і

грунту, в якому вони розташовані, а в розрахунках кута розхилу використовувати той з них, який більший [4]:

$$\xi > \max(\varphi_k, \varphi_n), \quad (1)$$

де φ_k і φ_n – кут тертя коренів бур'яну і ґрунту відповідно.

З огляду на вище сказане, необхідно визначити максимально можливий кут розхилу троса, при якому ймовірність забивання троса відсутня [2]. Конструктивно трос закріплений на трьох жорстких вертикальних стійках в точках C , A і B (рис. 3), що лежать в одній горизонтальній площині і утворюють трикутник з основою CB .

Нехай гілка троса AB переміщається в напрямку осі X зі швидкістю руху агрегату v . При цьому на частку ґрунту (або корінь бур'яну), що знаходяться в контакті з тросом, діє сила опору P . Розкладемо силу P на складові – силу нормального тиску N і дотичну силу T . Ці складові можна визначити як

$$T = P \cdot \cos \gamma \quad (2)$$

$$N = P \cdot \sin \gamma \quad (3)$$

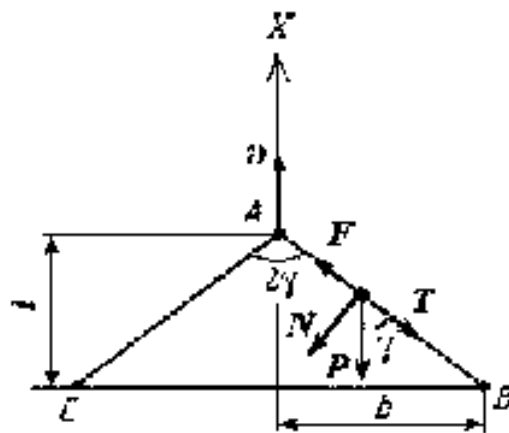


Рис. 3. Схема до визначення оптимального кута розхилу троса.

Сила T прагне перемістити частку ґрунту (або корінь бур'яну) уздовж троса. Сила N притискає частку до троса, від чого виникає сила тертя частинки F , яка спрямована в протилежний бік. Тоді умовою ковзання частинки ґрунту (або коренів бур'янів) по тросу є

$$T \geq F \quad (4)$$

$$F = N \cdot f = P \cdot \sin \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

де f – коефіцієнт тертя ґрунту або коренів бур'янів по сталі ($f = \operatorname{tg} \varphi$, де φ – кут тертя; f і φ залежать від механічного складу і вологості ґрунту: f – від 0,25 до 0,90, φ – від 14° до 42° [5].

Підставляючи значення T і F з формул (2) і (5) в умову (4), маємо:

$$\cos \gamma \geq \sin \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

або

$$\operatorname{tg}(90 - \gamma) \geq \operatorname{tg} \varphi,$$

Звідки

$$\gamma \leq 90 - \varphi.$$

Таким чином, кут розхилу троса 2γ повинен встановлюватися з умов

$$2\gamma \leq 2(90 - \varphi) \quad (6)$$

При відомих значеннях кута тертя φ ґрунту різного механічного складу від вологості ґрунту [6] згідно з умовою (6), побудуємо залежності (рис. 4), що дозволяють визначити кут розхилу троса при роботі в різних ґрунтових умовах.

З представлених даних випливає, що для забезпечення роботи тросового робочого органу з дотриманням агротехнічних вимог кут троса повинен регулюватися в межах $2\gamma = 90 \div 150^\circ$. Для цього кронштейн кріплення передньої стійки знаряддя (див. рис. 1) повинен мати можливість переміщатися по рамі в межах від $l_{\min}$ до $l_{\max}$.

Значення $l_{\min}$ і $l_{\max}$ визначаються за формулами:

$$l_{\min} = \frac{b}{2 \cdot \operatorname{tg}(2\gamma_{\max} / 2)}, \text{ м } l_{\max} = \frac{b}{2 \cdot \operatorname{tg}(2\gamma / 2)}, \quad (7)$$

де b – ширина захвату знаряддя, м.

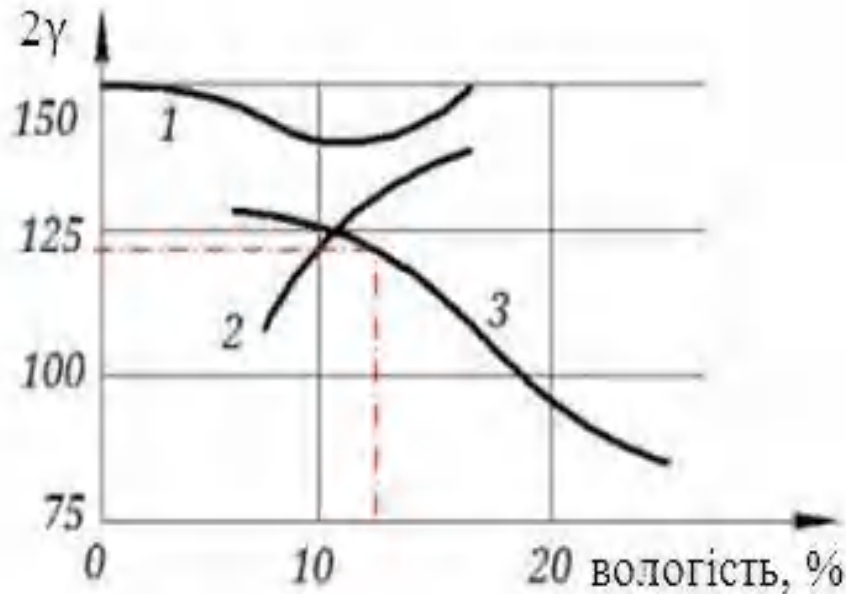


Рис. 4. Залежність кута розхилу троса від вологості ґрунтів різного механічного складу:
1 – піщаний; 2 – супіщаний; 3 – важкі суглинки і глини.

Параметри l , м при різних значеннях ширини захвату знаряддя b і кутів розхилу троса 2γ представлені у вигляді графіків на рис. 5.

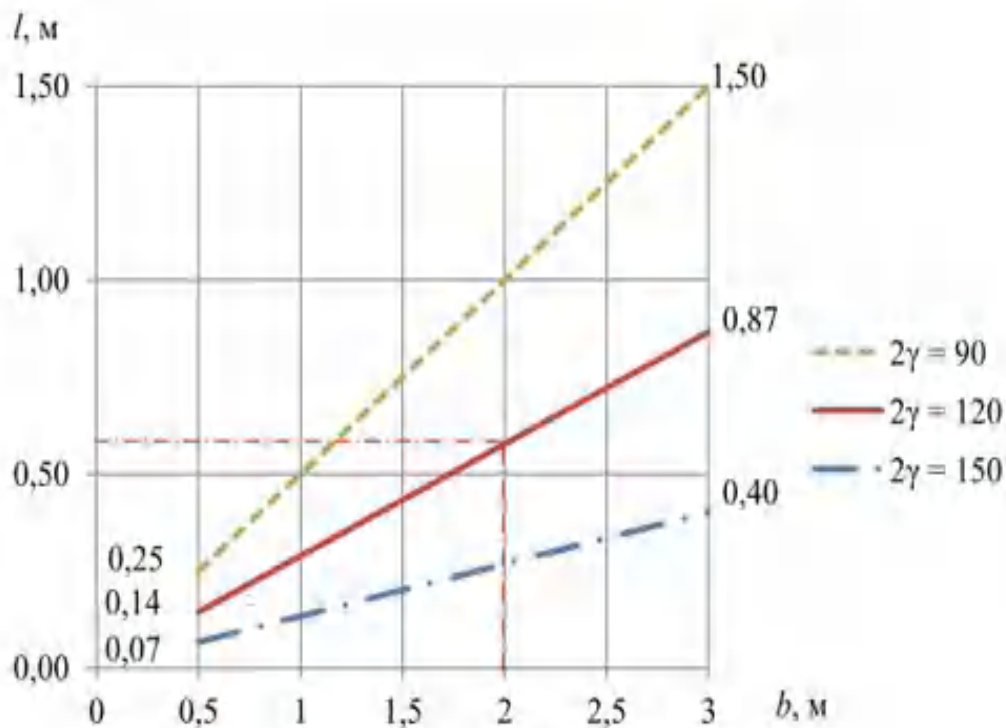


Рис. 5. Залежність відстаней установки передньої стійки l (l_{min} і l_{max}) від ширини захвату знаряддя b для різних значень кута розхилу троса 2γ .

Таким чином, відповідно до рис. 4, 5. для різних типів ґрунтів можна визначити раціональні значення l , що визначають кут розхилу 2γ троса.

Конструктивно зміна кута розхилу троса в межах $2\gamma = 90 \div 150^\circ$ для обробки різних типів ґрунтів може бути забезпечено переміщенням передньої стійки уздовж бруса регулювання 4 від l_{min} до l_{max} (див. рис. 1).

Так, наприклад, для важкосуглинистих ґрунтів вологістю 12 % необхідно встановити кут розхилу троса $2\gamma = 120^\circ$ (див. рис. 4), для цього передню стійку культиватора шириною захвату $b = 2$ м закріпити на відстані від заднього бруса рами $l = 0,58$ м (див. рис. 5).

Висновки. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено конструкцію культиватора з тросовими та котковими робочими органами, яка забезпечує ефективний передпосівний обробіток ґрунту. Встановлено закономірності впливу конструктивних параметрів культиватора на якісні та енергетичні показники обробки. Зокрема, оптимальне поєднання тросових і коткових елементів сприяє рівномірному розпушенню верхнього шару ґрунту, збереженню вологи та створенню сприятливих умов для проростання дрібнонасінних культур. Запропонована конструкція дозволяє знизити енерговитрати порівняно з традиційними культиваторами, мінімізувати винесення вологих шарів ґрунту на поверхню, а також забезпечити формування рівномірного посівного шару.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення конструкцій ґрунтообробних знарядь та впровадження інноваційних технологій у сільськогосподарське виробництво.

Список використаної літератури

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*: науковий журнал. 2012. Вип. 11. Т. 2(66). С. 8–14.
2. Васильченко В., Опалко В. Просапні культиватори та міжрядний обробіток. *Агроном*: науковий журнал. 2011. № 2. С. 192–196.
3. Середа Л.П., Швець Л.В. Розробка культиватора для нових технологій обробітку ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2020. №3(110). С. 117–125.
4. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ: Друк. 2005. 464 с.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина 1) Машини та знаряддя для обробітку ґрунту: навчальний посібник. Харків: ОКО. 2001. 444 с.
6. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 2. Машини для рільництва: посібник. К. Урожай. 2002. 359 с.

Євгеній ПОСНИЙ⁴⁵,

студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОШИРЕННЯ КОЛИВАНЬ У ҐРУНТІ ПІД ЧАС ВІБРАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА НЬОГО РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА

Анотація. Розглянуто особливості поширення коливань у ґрунтовому середовищі під час роботи чизельного плуга, проаналізовано основні фізико-механічні закономірності процесу, а також визначено вплив параметрів вібраційного впливу на структуру ґрунту.

Ключові слова: основний обробіток ґрунту, чизельний плуг, віброчастотний перетворювач, тяговий опір, вібраційний вплив, агротехнічні вимоги.

⁴⁵Науковий керівник – Руткевич В.С., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Annotation. The features of the propagation of vibrations in the soil environment during the operation of a chisel plow are considered, the main physical and mechanical regularities of the process are analyzed, and the influence of the parameters of the vibration effect on the soil structure is determined.

Key words: basic soil cultivation, chisel plow, vibration frequency converter, draft resistance, vibration effect, agrotechnical requirements.

Вступ. Вібраційні технології відіграють важливу роль у сучасному сільськогосподарському машинобудуванні, зокрема у процесах обробки ґрунту [1]. Використання вібраційного впливу дозволяє зменшити енергетичні витрати, підвищити якість обробки та сприяти покращенню агротехнічних характеристик ґрунту. Одним із перспективних напрямів є застосування вібраційних чизельних плугів, робочі органи яких генерують коливання, що сприяють більш ефективному руйнуванню ґрунтового пласта.

Виклад основного матеріалу. Сучасні тенденції розвитку ґрунтообробних знарядь, для забезпечення широкого спектру можливостей і потреб сільського господарства призвели до інтенсифікації знарядь. Основне завдання щодо зниження питомої витрати палива, а відповідно і зменшення собівартості продукції було вирішено.

До такого виду обробки ґрунту можна віднести процес чизелювання. Він широко себе зарекомендував у Північній і Південній Америці, а також у деяких країнах Європи. Вирішальну роль у цьому відіграли зменшення ґрунтової ерозії, збільшення продуктивності та врожаю. Хоча чизелі знижують витрати на ґрунтообробку за рахунок продуктивності, все одно тяговий опір знарядь високий. Крім цього, чизельні плуги виконані не як окремі знаряддя, а комбіновані. У результаті доводиться використовувати енергонасичені трактори. Вирішення цієї проблеми можна здійснити за допомогою застосування вібраційних знарядь [1].

На підставі аналізу знарядь для основного обробки ґрунту розроблено конструктивну схему вібро-частотного перетворювача спрямованої дії дебалансного типу, що встановлюється на раму чизельного плуга (рис.1).

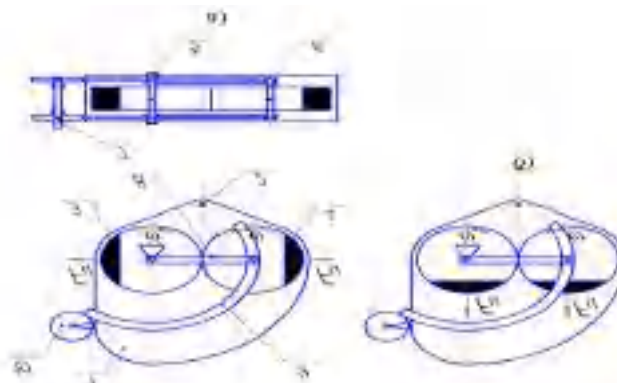


Рис. 1. Конструктивна схема вібро-частотного перетворювача спрямованої дії:

- а) – у вертикальному положенні корпусу з врівноважувальними збурюючими силами від дебалансів $F_{ц}$; б) – у вертикальному положенні корпусу під час повороту дебалансів на 90° .

Віброчастотний перетворювач працює таким чином. При положенні корпусу 1 віброчастотного перетворювача у вертикальному положенні (рис. 1 а, б), крутний момент підводиться до ведучого валу 5, на якому закріплений дебаланс 3. Дебаланс 3, перебуваючи в зачепленні з рухомим дебалансом 4, закріпленим на валу 6, починають обертатися з рівними кутовими швидкостями ω в різні боки. У процесі обертання дебалансів 3 і 4 виникає відцентрова сила $F_{ц}$. При вертикальному положенні дебалансів, відцентрова сила $F_{ц}$ досягатиме максимального значення, оскільки вони збігаються за напрямком. Під час повороту дебалансів 3, 4 у різні боки (горизонтальне положення дебалансів) відцентрові сили $F_{ц}$ від кожного дебаланса 3, 4 окремо врівноважуються. Для отримання збурень у горизонтальній і вертикальній площині одночасно необхідно корпус 1 віброчастотного перетворювача повернути на кут α , тим самим сумарна відцентрова сила, що створюється $F_B = F_{ц} + F_{ц}$ від дебалансів розкладатиметься на складові F_x та F_y (рис.1 г). Таким чином, можна отримувати спрямовані вимушені коливання. Якщо за допомогою приводної шестерні 10, встановленої на валу 7 і закріпленої на корпусі 1, впливати на дуговий зубчастий сектор 9, з'єднаний зі штангою 8, то рухомий дебаланс 4 із валом 6 повертатиметься відносно дебаланса 3, встановленого на валу 5, на певний необхідний кут β (рис.2 д). Отримаємо різний напрямок відцентрової сили $F_{ц}$ від дебалансів, тим самим можна регулювати зсув фаз коливання.

Поворот штанги 8 з рухомим дебалансом 4 і валом 6 на кут 90° , дасть змогу отримати максимальну величину відцентрової сили в горизонтальній площині, а у вертикальній вони дорівнюватимуть 0 (рис. 2 е).

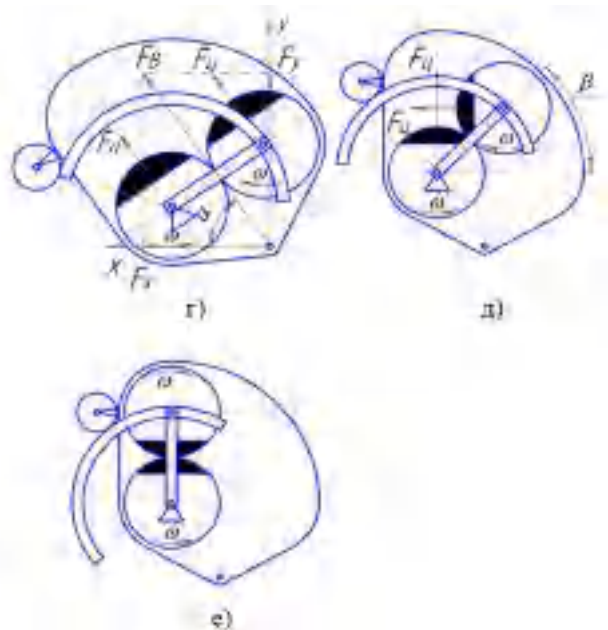


Рис. 2. Конструктивна схема віброчастотного перетворювача спрямованої дії: г) – корпус повернуто на кут α ; д) – у вертикальному положенні корпусу, а рухомий дебаланс повернуто на якийсь кут β ; е) – у вертикальному положенні корпусу в разі повороту рухомим дебалансом на кут 90° .

Таким чином, розширюються кінематичні можливості віброчастотного перетворювача спрямованої дії, який виконано у вигляді дебалансів. Тим самим можна регулювати величину збурювальної сили [2].

Процес впливу віброчастотного перетворювача спрямованої дії на ґрунт полягає в тому, що віброчастотний перетворювач спрямованої дії, встановлений на рамі ґрунтообробного знаряддя, створює коливання. Коливання, поширюючись рамою знаряддя, доходять до кожного робочого органу, які взаємодіють із ґрунтом. Робочі органи, крім поступального руху вібруючи з певною амплітудою, залишають у ґрунті залишкові деформації. У зв'язку з цим порушується зв'язність ґрунту, також зменшується коефіцієнт тертя ґрунту об робочі органи, тим самим знижується тяговий опір ґрунтообробного знаряддя.

Нині досить багато робіт з'явилося в галузі вібраційного обробітку ґрунту. Деякі розробки реалізовані і застосовуються на ґрунтообробних знаряддях. Однак відтоді, як В.П. Горячкін запропонував ідею вібраційного руйнування ґрунтового матеріалу, не зовсім зрозумілий характер поширення коливань у ґрунті під час вібраційного впливу робочих органів.

Розглянемо рух і поздовжнє вібрування робочого органу (рис. 3). Для абсолютно твердого робочого органу, що здійснює коливання в пружному ґрунті, постійну погонну масу обчислимо $\rho \cdot S$ [3], де ρ – щільність матеріалу ґрунту, кг/м^3 ; S – площа поперечного перерізу, м^2 .

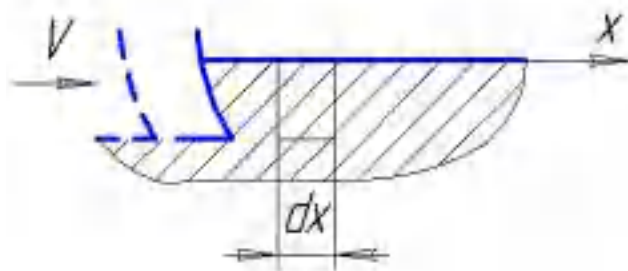


Рис. 3. Вплив вібраційного робочого органу на ґрунт.

Під час дії на ґрунт зовнішніх навантажень, спрямованих уздовж поздовжньої осі, або навантажень, рівнодійність яких спрямована також уздовж поздовжньої осі, у поперечних перерізах виникає тільки один внутрішній силовий фактор – поздовжня сила N .

Поздовжня сила N у поперечних перерізах ґрунтового пласта чисельно дорівнює алгебраїчній сумі проекцій зовнішніх сил на вісь x , прикладених до його частини, що залишилися.

Виділимо з ґрунту елемент довжиною dx (рис. 4). На нього діятимуть навантаження q , яке можна вважати рівномірно розподіленим з огляду на малість dx , і врівноважувальні поздовжні сили N і $N+dN$. Складемо рівняння рівноваги, як суму проекцій усіх сил, прикладених до елемента, на вісь x :

$$-N + qdx + (N + dN) = 0 \quad (1)$$

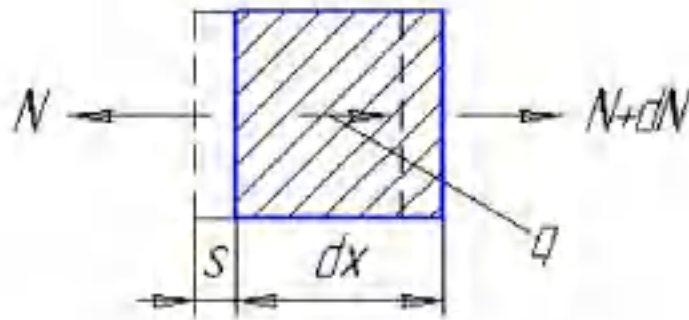


Рис. 4. Виділений елемент ґрунту.

Звідки

$$\frac{dN}{dx} = -q, \quad (2)$$

де dN – приріст поздовжньої сили на ділянці завдовжки dx , Н;

q – поздовжнє розподілене навантаження на ґрунт від вібраційного впливу робочого органу, Н/м.

Якщо замінити $N = E \cdot A \cdot \frac{ds}{dx}$ і продиференціювати цю рівність, отримаємо

$$\frac{d}{dx} \left(E \cdot A \cdot \frac{ds}{dx} \right) = -q, \quad (3)$$

де E – модуль поздовжньої пружності ґрунту, МПа

ds – збільшення шляху руху від поздовжньої сили, м

A – робота, виконана на ділянці шляху збільшення від поздовжньої сили,

Дж.

У цьому випадку переміщення s ґрунтового шару вздовж осі x залежатиме від координати x і часу t . Тому похідну за x функції $s(x, t)$ треба розглядати як часткову похідну, тобто $\left(\frac{d}{dx}\right)$. Навантаження q становлять сили інерції, які за принципом Даламбера для одиниці довжини ґрунтового пласта запишуться таким чином:

$$q = -m \cdot \frac{d^2s}{dt^2} \quad (4)$$

Тоді рівняння руху при поздовжніх коливаннях ґрунтового елемента (3) за $E \cdot S = \text{const}$ матиме вигляд

$$c^2 \cdot \frac{d^2s}{dx^2} = \frac{d^2s}{dt^2}, \quad (5)$$

де c – швидкість поширення поздовжніх коливань, м/с.

$$c = \sqrt{\frac{E \cdot S}{m}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (6)$$

Рівняння (6) називається хвильовим рівнянням або швидкістю поширення пружних поздовжніх хвиль у ґрунті (формула Ньютона) [4]. Тоді для швидкості поширення пружних поперечних хвиль у ґрунті запишемо у вигляді:

$$c_n = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad (7)$$

де G – модуль зсуву, Па.

Пружні властивості та густина твердого тіла залежать від хімічного складу речовини, і вона несуттєво змінюється під час зміни тиску й температури. Тому в більшості випадків швидкість поширення хвилі можна вважати постійною.

Рівняння (6) більше підходить для твердих тіл. Для необмеженого середовища, до якого можна віднести й ґрунт, рівняння швидкості поширення пружних поздовжніх хвиль запишеться у вигляді [5]:

$$c = \sqrt{\frac{E \cdot (1 - \mu)}{\rho \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)}}, \quad (8)$$

де μ — коефіцієнт Пуассона для ґрунту.

Однак пружні хвилі в ґрунтовому середовищі не викликають залишкових деформацій (тобто вони оборотні), відповідно ми не отримуємо результату щодо мінливості механічних характеристик.

Всі значення механічних характеристик відповідають матеріалу при статичному навантаженні. Якщо ми впливаємо на ґрунт у вигляді вібрації, то тут більше підійде поняття динамічної характеристики [5].

Тоді

$$\mu_d = \frac{c^2 - 2c_n^2}{2 \cdot (c^2 - c_n^2)} \cdot \mu \quad (9)$$

$$E_d = \frac{c^2 \cdot \rho \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)}{(1 + \mu)}, \quad (10)$$

де μ_d — динамічний коефіцієнт Пуассона для ґрунту;

E_d — динамічний модуль поздовжньої пружності для ґрунту, Па.

Провівши аналіз рівнянь (9), (10) і використовуючи експериментальні дані, можна зробити висновок, що в процесі вібраційного впливу робочих органів на ґрунт, динамічний коефіцієнт Пуассона не змінюється, а динамічний модуль поздовжньої пружності, якщо провести розрахунки, знижується в 4,5 і більше разів. Таким чином, за однієї і тієї ж величини дії сили ми отримуємо пропорційно більше абсолютне подовження ґрунтового матеріалу Δl :

$$\Delta l = \frac{N \cdot L}{S \cdot E_d}, \quad (11)$$

де L — початкова довжина оброблюваного матеріалу, м.

Абсолютне подовження і початкова довжина пов'язані співвідношенням:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad (12)$$

Якщо прийняти величини N , L , S постійними, то й відносне подовження ε збільшиться за лінійним законом пропорційно зменшенню модуля поздовжньої пружності E , тобто ґрунт при менших деформаціях перейде з пружного пластичний стан - почне руйнуватися.

Розглянемо тепер сам процес взаємодії робочого органу з ґрунтом (рис. 5), що має поступальний рух і швидкість вібрування V_b . За малий проміжок часу dt робочий орган пройде шлях $\Delta s = V_b \cdot dt$, створюючи в ґрунті поздовжню відносну деформацію ε . Від робочого органу ця деформація поширюватиметься вздовж ґрунтового пласта зі швидкістю c і за час dt створить стиснення на довжині $l = c \cdot dt$. Якщо припустити, що на цій нескінченно малій ділянці відносна поздовжня деформація ε розподіляється рівномірно,

знайдемо відносну поздовжню деформацію і напруження в місці взаємодії робочого органу з ґрунтом.

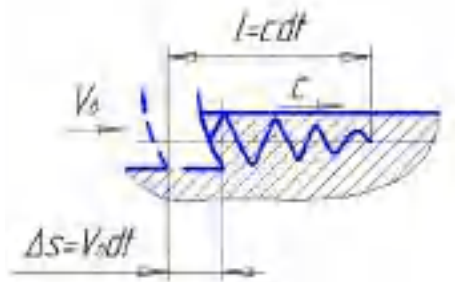


Рис. 5. Поширення деформації в ґрунтовому пласті за час dt .

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{V_B dt}{c dt} = \frac{V_B}{c}, \quad (13)$$

$$\sigma = \varepsilon \cdot E_d = E_d \cdot \frac{V_B}{c}, \quad (14)$$

Таким чином, можна зробити висновок, що контактні напруження і відносна деформація залежать тільки від швидкості вібрації робочого органу.

$$V_B = \frac{\sigma \cdot c}{E_d} \quad (15)$$

Тоді, для отримання залишкових деформацій у ґрунті необхідно, щоб швидкість вібрування робочого органу V_B відповідала механічним характеристикам ґрунту.

Висновки. Можна зробити висновок, що вібраційний вплив робочого органу на ґрунт створює в ньому хвилі, які поширюються на величину l і сприяють руйнуванню структури ґрунту та появі в ньому мікротріщин, унаслідок чого механічні характеристики ґрунту змінюються, що тягне за собою зниження тягового опору знаряддя.

Список використаної літератури

1. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості і нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти. Київ: Література ЛТД. 2019. 256 с.
2. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. К.: Агроосвіта. 2015. 678 с.
3. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник. К.: Вища освіта. 2005. 464 с.
4. Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навч. посіб. Вінниця: Твори. 2019. 234 с.
5. Сисолін П.В., Петренко М.М., Свірень М.О. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Машини та обладнання для переробки зерна та насіння: посібник №3. К.: Фенікс. 2007. 364 с.

Vladyslav TRYMALYUK⁴⁶,
2nd year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine

TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGHS IN PLANT CULTIVATION FOR BETTER YIELDS USING THE EXAMPLE OF “SMART” GREENHOUSES

Annotation. The article describes "smart" greenhouses that use modern technology to automatically control plant growing conditions. Thanks to sensors and control systems, they precisely regulate temperature, humidity and lighting, which allows you to create the ideal microclimate for plants.

Keywords: Sensors, automatic irrigation, climate control, soil monitoring.

Анотація. У статті описуються «розумні» теплиці, які використовують сучасні технології для автоматичного контролю умов вирощування рослин. Завдяки сенсорам та системам управління вони точно регулюють температуру, вологість та освітлення, що дозволяє створити ідеальний мікроклімат для рослин.

Ключові слова: Сенсори, автоматизація зрошення, контроль клімату, моніторинг ґрунту.

Introduction: Use of Smart greenhouses are advanced agro-technological complexes that use innovative technologies to create ideal conditions for growing plants. Thanks to the integration of sensors, automation systems, the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence, these greenhouses allow for precise control of all important parameters, such as temperature, humidity, lighting and carbon dioxide levels. This ensures constant monitoring and optimization of the microclimate, which significantly increases the efficiency and stability of production [1].

The use of smart greenhouses opens up new opportunities for agriculture, reducing the impact of the human factor on crop cultivation and improving its quality. In addition, such systems help reduce water and energy consumption, which makes production more environmentally friendly and economically profitable. As a result, smart greenhouses are becoming an important tool for the development of sustainable agriculture, especially in the face of climate change and growing demand for food [2].

The aim of the research is to study modern technologies and automation systems used to optimize crop production processes. This includes analyzing the impact of smart greenhouses on the efficiency of agricultural production, reducing resource costs and increasing yields, as well as assessing their role in the development of sustainable agriculture and ensuring food security.

⁴⁶Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

Presentation of the main material. In the context of growing climate change challenges, resource shortages and the need to ensure food security, modern agriculture requires innovative approaches to growing crops. One of these solutions is the introduction of "smart" greenhouses - intellectual agrotechnological systems that automatically control microclimate, lighting, watering, nutrition of plants and other cultivation parameters [3].

The use of such technologies can significantly increase production efficiency, reduce the cost of resources, avoid the impact of adverse weather conditions, and grow stable quality products throughout the year. Internet -based automation systems (IOT), artificial intelligence, sensors and data analytics create the possibility of accurate control over all plant growth factors, which provides optimal conditions for their development and maximum yield.

The introduction of "smart" greenhouses in agriculture opens up new opportunities for efficient, environmentally sustainable and high -tech agricultural production. Unlike traditional cultivation methods, which are largely dependent on human experience, intuition and constant manual control, "smart" greenhouses automate key agrotechnological processes, reducing the influence of the human factor and minimizing the risk of errors [4].

With the help of modern digital technologies - such as sensors, artificial intelligence systems, machine learning, cloud calculations and Internet things (IOT) - greenhouses in real time track and regulate the parameters of the environment: temperature, humidity and soil, light level, cotti concentration, composition. This provides optimal conditions for growth of crops at all stages of development without the need for constant human participation.

Automated management not only reduces labor costs, but also eliminate human subjectivity factors: untimely watering, improper fertilizer dosage, or late detection of stress in plants. As a consequence, grown products have higher quality, uniformity and safety, and the process itself becomes more predictable and controlled.

In addition, thanks to constant data collection and analytics, agrarians can make accurate decisions on breeding, planting schedule, optimization of energy consumption and use of water resources. This is especially true in climate change, when traditional approaches are often ineffective [4].

Thus, the use of "smart" greenhouses not only improves the quality and quantity of the crop, but also transforms the general philosophy of agricultural production - from reactive to proactive, where technologies take on routine, and a person - the role of a strategic coordinator.

The relevance of the topic is also due to the global trends in the development of vertical farming, urbanization of agriculture and the need for an environmental approach to growing products. All this makes research and introduction of "smart" greenhouses one of the priority areas of agro -innovation, which is important for both small and large agribusiness [4, 5].

Thus, the study of the principles of work, advantages, challenges and prospects of development of "smart" greenhouses is extremely important and timely for the scientific community, the agrarian sector and society as a whole.

Smart greenhouses, equipped with modern sensors and communication technologies, automatically collect and deliver information about the environment and the crop 24/7. The collected data is transmitted to an IoT platform, where analytical algorithms transform it into useful information to identify bottlenecks and deviations. Continuous data monitoring facilitates the development of predictive models to assess the risks of crop diseases and infections. By opening up access to extensive knowledge about crops, a smart greenhouse allows producers to minimize labor costs, increase the efficiency of resource and chemical use while optimizing yield (Fig. 1) [1-3, 5].

- Advantages of using smart greenhouses:
- Automatic microclimate control
- Efficient use of resources (water, fertilizers)
- Increased yield
- Reduction of manual labor
- Pest and disease control
- Remote control and monitoring capability
- Reducing energy costs
- Accelerated plant growing cycle.



Fig. 1. “Smart” greenhouse scheme. Visualization [5].

Opportunities when using smart greenhouses.

1. Maintaining ideal microclimate conditions. Sensors allow farmers to collect multiple data points with unprecedented granularity. They provide real-time information on critical climate factors, including temperature, humidity, light, and the presence of carbon dioxide in the greenhouse [4].

2. Improving irrigation and fertilization practices. In addition to environmental parameters, smart greenhouses allow farmers to be aware of crop growing conditions, ensuring that irrigation and fertilization are tailored to the actual needs of crops to maximize yields [4].

3. Detect infections and avoid disease outbreaks. Using a machine learning platform, data on the greenhouse environment, outdoor weather, and soil characteristics can provide valuable information about the risks of pest and fungal infections [4].

4. Prevent theft and improve security. Since traditional CCTV networks are expensive to implement, many manufacturers do not have an effective security system.

In this context, sensors in smart greenhouses provide an affordable infrastructure to monitor door status and detect suspicious activities (Fig. 2) [5].



Fig. 2 Functions of a “smart” greenhouse [5].

The costs of producing products in smart systems are significantly lower than when using traditional greenhouse farming methods (Fig. 3).

Benefits of using "Smart Greenhouses". Smart greenhouses can increase yields and reduce costs by:

1. Automatic adjustment of conditions. Optimizing temperature, humidity and lighting ensures better plant growth.
2. Intelligent resource management. Efficient use of water and fertilizers reduces costs and improves plant health.
3. Forecasting and Analysis: Artificial intelligence analyzes data to predict plant needs and optimize processes.
4. Energy efficiency. Using renewable energy sources reduces electricity costs.
5. Reduction of manual labor. Robots and drones automate plant processing, reducing labor costs.

These technologies allow for higher yields at lower costs.[6].

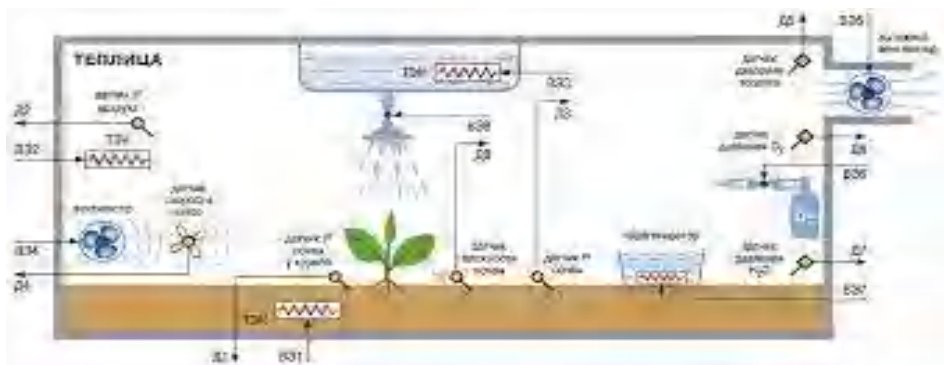


Fig. 3. Greenhouse automation scheme [6].

Since smart greenhouses are high-tech agricultural complexes that use modern IT solutions, automated control systems, sensors, artificial intelligence and Internet things (IOT) to optimize the conditions of plant cultivation. Their introduction gives a number of significant advantages, which significantly affect the efficiency, sustainability and environmental friendliness of agricultural production [7].

The main advantages of "smart" greenhouses are:

- automatic microclimate control - systems provide optimal temperature modes, humidity, lighting and CO₂ content, which promotes accelerated plant growth and increase in yield.

- resource savings - due to the accurate dosing of water, fertilizers and energy, smart greenhouses reduce resources and reduce the ecological footprint.

- reduction of the human factor - automation reduces the need for manual labor, reduces the risk of technology -related errors, and ensures stability of processes.

- year -round production - due to the weather conditions, smart greenhouses allow to grow crops throughout the year, which is important for food security.

- improving product quality - controlled conditions contribute to the production of a homogeneous and high -quality crop without the use of excess chemical protection.

- early detection of problems - monitoring systems promptly identify signs of stress of plants, diseases or pests, which allows you to respond quickly and minimize losses.

The importance of application:

- Adaptation to climatic changes: allows to grow crops even in regions with adverse natural conditions.

- Sustainable development: reducing water and chemical costs promotes environmental friendliness and environment.

- Increasing food security: stable food production regardless of the season and climate.

Thus, smart greenhouses are a key area of development of modern agriculture that combines innovations with the principles of efficient and environmental agriculture.

Conclusion. The article deals with the potential for the introduction of "smart" greenhouses as an innovative tool for modernization of agriculture. The analysis shows that automated monitoring and microclimate management systems in greenhouses provide stability of growing conditions, increase the efficiency of resource use and promote high quality products. Reducing the impact of the human factor minimizes the likelihood of errors and increase the overall controllability of agrarian processes.

The integration of digital technologies, artificial intelligence and the Internet of things into the greenhouse opens wide prospects for the sustainable development of the agricultural sector, especially in the conditions of climatic changes and the need for intensive growth of food crops. Therefore, smart greenhouses make up one of the key units in the construction of high -tech and environmentally friendly agriculture.

It can be noted that smart greenhouses represent a significant step forward in the development of agronomy and agricultural engineering, ensuring effective resource management, process automation and increased environmental friendliness. Thanks to innovative technologies that allow precise control of environmental conditions, these systems not only increase yields, but also reduce environmental impact. Remote management and adaptation to changing conditions further enhance their effectiveness, making smart greenhouses an important tool for the sustainable development of modern agriculture.

References

1. What is a smart greenhouse?: website. URL: <https://ua.greenhousevendor.com/info/what-is-a-smart-greenhouse-the-composition-of-a-80037361.html> (date of access 18.03.2025).
2. Lytvynenko O. M., Melnychuk V. I. Agricultural machinery and equipment: a textbook. Kyiv: Agrar Media Group. 2018. 432 p.
3. Revenko I.I. and others. Machinery and equipment for livestock farming: textbook, - K.: Condor. 2009. 731 p.
4. What are the benefits of future smart greenhouses for producers?: website. URL: <https://ua.greenhousevendor.com/info/what-are-the-benefits-of-future-smart-greenhou-60238647.html> (date of access 18.03.2025).
5. Smart greenhouse function: website. URL: <https://ua.greenhouse-china.com/news/smart-greenhouse-feature-76085669.html> (date of access 18.03.2025).
6. Smart Irrigation System for Greenhouses: website. URL: <https://superagronom.com/news/13793-naukovtsi-z-daniyi-rozrobili-rozumnu-sistemu-zroshennya-dlya-teplits> (date of access 18.03.2025).
7. Smart greenhouse automation systems: website. URL: <https://agropeak.com.ua/portfolio/automation-systems/> (date of access 18.03.2025).

Іван ЗАХАРЧУК⁴⁷,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ШАРІ ҐРУНТУ ПРИ НАГРІВАННІ УЛЬТРАВІСОКОЧАСТОТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Анотація. Стаття присвячена експериментальному дослідженню температурного поля в шарі ґрунту під впливом ультрависокочастотного випромінювання. Проаналізовано особливості прогрівання, розподіл температури та фактори, що впливають на ефективність методу. Отримані результати можуть бути корисними для агротехнологій і ґрунтознавства.

Ключові слова: ґрунт, НВЧ випромінювання, термографія, ефективність мікрохвильового випромінювання.

⁴⁷Науковий керівник – Дацюк Д.А., старший викладач кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК .

Anotation. *The article is devoted to the experimental study of the temperature field in the soil layer under the influence of ultrahigh-frequency radiation. The features of heating, temperature distribution, and factors affecting the efficiency of the method are analyzed. The results obtained can be useful for agricultural technology and soil science.*

Key words: *soil, microwave radiation, thermography, microwave radiation efficiency.*

Вступ. При вирощуванні сільськогосподарських культур альтернативою хімічним методам боротьби зі шкідниками, хворобами та бур'янами є обробка ґрунту неіонізуючим випромінюванням.

Надвисокочастотний (НВЧ) діапазон неіонізуючого випромінювання характеризується термічним і специфічним, або оліготермічним, руйнівним впливом на біологічні об'єкти 1, що дозволяє використовувати його для пригнічення паразитів, патогенної мікрофлори і бур'янів. Основними факторами впливу НВЧ-випромінювання на біологічні об'єкти є частота, витрата енергії на одиницю оброблюваної поверхні і вплив мікрохвильового випромінювання на об'єкт обробки.

Авторами розроблено пристрій для знезараження ґрунту ультрависокочастотним випромінюванням. Необхідно оцінити ефективність його використання.

Експериментальне визначення ефективності теплового впливу розробленого приладу для знезараження поверхневого шару ґрунту ультрависокочастотним випромінюванням на частоті магнетронного випромінювання 2450 МГц і споживаної потужності 800... 1000 Вт.

Виклад основного матеріалу. Схема пристрою для знезараження поверхневого шару ґрунту ультрависокочастотним випромінюванням показана на малюнку 1.

Основними елементами приладу є магнетрон 3 з випромінюючою антеною і хвилевід 2, що представляє собою металеву тонкостінну трубку прямокутного перерізу розміром 90×60 мм, довжиною 225 мм, розташовану в корпусі 1. До корпусу 1 приєднані трансформатор 5, конденсатор 6, запобіжник 7, вентилятор 4 для охолодження магнетрона. Електроживлення пристрою здійснюється від електричної мережі змінного струму напругою 220 В.

В якості приймачів НВЧ-випромінювання використовувалися картонні коробки, заповнені зразками ґрунту, довжиною 200 мм, шириною 50 мм і глибиною 100 мм (рис. 2). Бічна стінка ящика виконана відкидною, розкрита поверхня зразка ґрунту підлягає термографіювці для визначення розподілу температури по глибині ґрунтового шару. Для того щоб визначити вплив відбитого випромінювання на нагрівання ґрунту, на дні ящика була встановлена алюмінієва пластина товщиною 1 мм.

Температурне поле бічної поверхні зразка ґрунту 3 реєстрували тепловізором Testo 882 з температурно-чутливою матрицею 320×240 пікселів з роздільною здатністю 0,06°C. Цифрові термограми, отримані тепловізором,

оброблялися в додатках MS Excel і Mathcad. Вологість ґрунту визначали відповідно до ГОСТ 28268-89 за допомогою аналітичних ваг ВЛТЕ-510, сушильної шафи і десикатора. Температуру і вологість атмосферного повітря визначали комбінованим приладом ТА298.

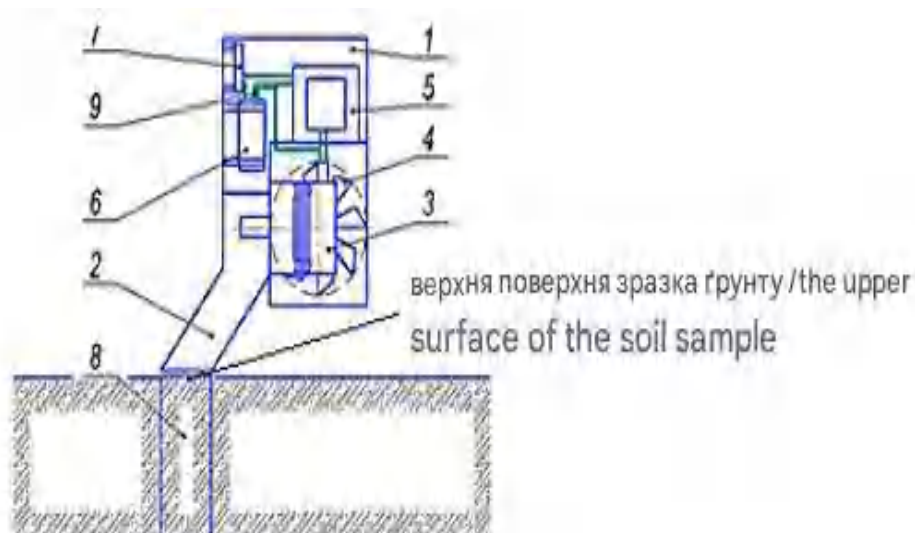


Рис. 1. Пристрій для знезараження поверхневого шару ґрунту. Концепція:

1 – будівля; 2 – хвилевід; 3 – магнетрон; 4 – вентилятор; 5 – трансформатор; 6 – конденсатор; 7 – запобіжник; 8 – ящик зі зразком ґрунту; 9 – з'єднувальні дроти.

Споживання електричної енергії під час роботи приладу фіксувалося однофазним вимірювачем електричної енергії СЕ101. Час роботи приладу фіксувався електронним секундоміром С-01.

У дослідженнях використовувався ґрунт, споріднений з південними міцелярно-карбонатними чорноземами, розробленими на червоно-коричневих глинах.

Методика проведення експерименту з визначення розподілу енергії випромінювання включає в себе наступну послідовність операцій: визначення початкової вологості ґрунту; Фіксація температури і вологості в приміщенні; розміщення ящиків з ґрунтом під зрізом хвилеводу 2 (рис. 1); включення магнетрона при заданій експозиції (30 або 60 с); розміщення коробки зі зразком ґрунту у фокусі тепловізора Testo 882; відкриття бічної кришки коробки та запис температури бічної поверхні зразка ґрунту тепловізором Testo 882; обробка термограм тепловізора в додатках MS Excel і Mathcad.

Досліди проводилися в 7 повторів, нагрівання кожного зразка ґрунту реєструвалося тепловізором тричі з періодом між знімками не більше 5 секунд.

Дослідження розподілу енергії випромінювання в залежності від вологості ґрунту проводилося за допомогою експериментальної установки (рис. 1), термографія проводилася при вологості ґрунту 4, 10, 15 і 20%. Умови: ящик без металевієї пластини, вологість в приміщенні 56%, температура повітря 17,3°C, час витримки 30 і 60 с.



Рис. 2. Бокс з ґрунтом:

1 – відкидна бічна стінка ящика; 2 – алюмінієва пластина; 3 – бічна поверхня зразка ґрунту; 4 – верхня поверхня зразка ґрунту.

Умови експерименту: вологість ґрунту – 4%; вологість повітря в приміщенні – 56%; температура повітря в приміщенні – 17,3°C; середня бічна температура поверхні зразків ґрунту до нагрівання становить 18,4°C; Час витримки – 30 і 60 секунд.

Термограма бічної поверхні зразків ґрунту в коробці з металевою пластиною і без неї, а також порівняння температур зразків ґрунту по осевій лінії хвилеводу показані на малюнку 3.

Аналіз експериментальних даних з використанням критерію Фішера показав значну різницю в температурних значеннях при використанні з металевою пластиною і при її відсутності.

Як впливає з термограм (рис. 3а), зона нагріву зразка ґрунту обмежена шириною хвилеводу, що дорівнює 90 мм. При цьому максимальна температура зразка ґрунту досягає 40°C при експозиції 30 с, 74°C при 60 с. 60 с дозволяє збільшити максимальну температуру нагріву зразка ґрунту на 4,6 ... 8,5%.

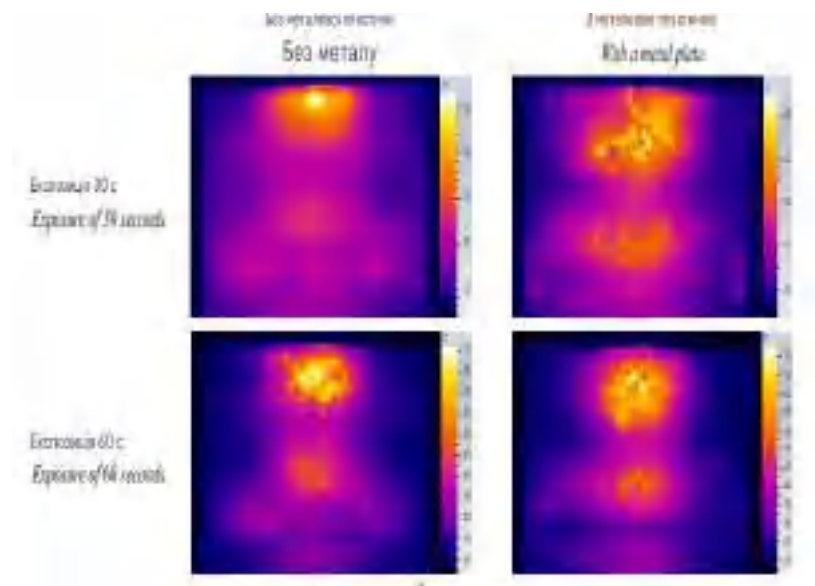


Рис. 3. Результати термічного побудови графіків бічної поверхні зразків ґрунту в ящику.

Аналіз термограм і порівняння температур зразків ґрунту по осевій лінії хвилеводу (рис. 3 б, в) показав, що температура ґрунту вище 40 ° С

спостерігається при експозиції 60°C і відсутності металевої пластини на глибині близько 40 мм, а в коробці з металевою пластиною – по всій глибині. Вплив посилення теплового впливу НВЧ-випромінювання на зразок ґрунту при використанні металевої пластини пояснюється відображенням випромінювання, що проходить через зразок ґрунту від нього, і поглинанням його ґрунтом.

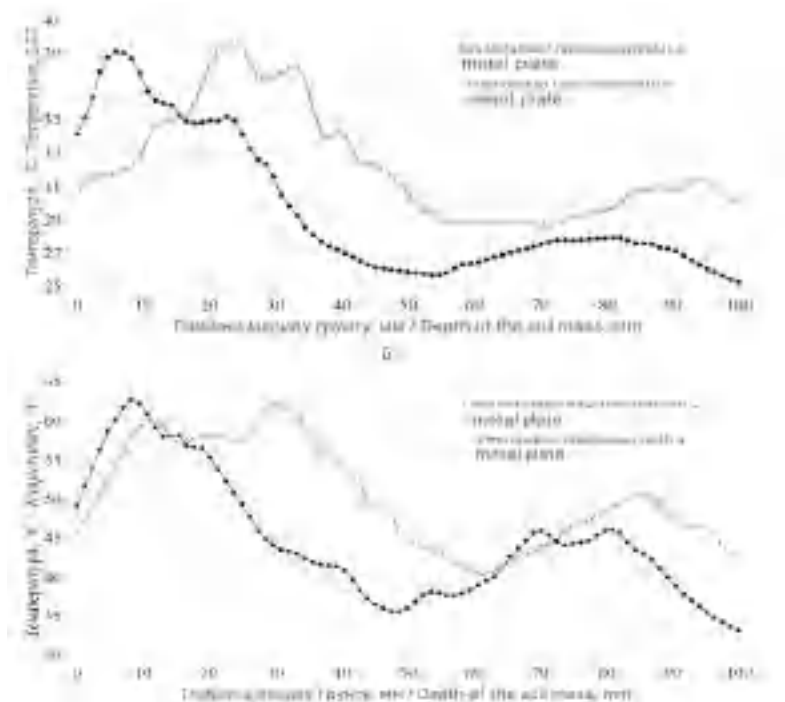


Рис. 4. Результати термічного побудови графіків бічної поверхні зразків ґрунту в ящику (а) і порівняння температур зразків ґрунту по осевій лінії хвилеводу при експозиції 30 с (б) і 60 с (в).

Оцінка повноти поглинання енергії НВЧ-випромінювача пробою ґрунту (оцінка енергетичної ефективності) з металевою пластиною і без неї проводилася шляхом порівняння енергетичних витрат НВЧ-випромінювача, вимірюваних електролічильником, і розрахункового значення теплоти, поглиненої пробою ґрунту, за умови однакового нагріву шару ґрунту по його ширині з наступними вихідними даними:

- оброблюваний об'єм ґрунту – $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$;
- питома теплоємність води – $4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$;
- питома теплоємність ґрунту – $900 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$;
- щільність ґрунту – $2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Результат порівняння витраченої енергії і поглиненої теплоти представлений в таблиці 1.

Встановлено, що до 87% витраченої енергії передається мікрохвильовим випромінюванням оброблюваному ґрунту, що свідчить про високу ефективність знезараження ґрунту. Занурений в ґрунтовий шар металевий відбивач при обробці ґрунту мікрохвильовим випромінюванням доцільно. Технічне рішення мобільної установки для обробки ґрунту мікрохвильовим електромагнітним

випромінюванням з використанням металевого відбивача представлено в описі патенту [8].

Дослідження розподілу енергії випромінювання проводилося в коробці без металеві пластини при вологості ґрунту 4, 10, 15 і 20%. Зміна бічної температури поверхні зразка ґрунту в коробці і температури уздовж осьової лінії хвилеводу показана в таблиці 2.

Зміна бічної температури поверхні зразка ґрунту з вологістю 15% вивчалася в часі після впливу мікрохвильового випромінювання за відсутності металеві пластини при вологості приміщення 37%, температурі повітря 21°C та експозиції 60 °C. Встановлено, що після впливу мікрохвильового випромінювання на ґрунт зона нагріву з часом дещо збільшується по відношенню до зони, що піддається обробці. При цьому зона нагріву зразка ґрунту обмежена шириною хвилеводу, що дорівнює 90 мм.

Таблиця 1. Оцінка енергетичної ефективності при обробці ґрунтів мікрохвильовим випромінюванням.

Умови		Різниця між початковою температурою і температурою після нагрівання, °C	Витрачена енергія, Дж (Вт·ч)	Розрахункове значення поглиненого тепла, Дж (Вт·ч)
Коробка без металеві пластини	Експозиція 30 с	5,4	32400 (9)	20385 (5,6)
	Експозиція 60 с	12,1	64800 (18)	46026 (12,8)
Коробка з металеві пластини	Експозиція 30 с	6,8	32400 (9)	25872 (7,2)
	Експозиція 60 с	14,9	64800 (18)	56725 (15,8)

Таблиця 2. Аналіз підвищення температури ґрунту.

Вологість землі, %	Експозиція, с	Зміна температури бічної поверхні ґрунту зразка в ящику, °C			Температура зразка ґрунту по осьовій лінії хвилеводу, °C		
		<i>min</i>	<i>max</i>	<i>average</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>average</i>
4	30	0,1	22,1	5,4	6,1	21,9	10,3
	60	1,2	48,6	12,1	12,5	45,8	25,0
10	30	1,2	24,6	6,7	6,6	23,7	14,6
	60	1,6	56,0	14,0	12,3	55,7	31,4
15	30	1,2	32,1	7,5	6,2	30,0	17,2
	60	1,5	54,0	13,9	12,0	53,5	32,0
20	30	0,8	29,7	7,7	5,7	29,8	17,7
	60	0,8	53,7	14,6	9,1	53,9	34,0

Висновок. Висока ефективність НВЧ-випромінювання при знезараженні ґрунту розробленим пристроєм обумовлена передачею більшої частки витраченої енергії (87%) і використанням металевого відбивача.

Максимальні температури зразків ґрунту 40 і 74 °С досягаються при експозиціях 30 і 60 с відповідно.

Вологість ґрунту істотно не впливає на максимальну температуру її прогріву.

Мікрохвильові випромінювачі для знезараження ґрунту повинні розташовуватися по всій ширині машини.

Список використаної літератури

1. Ярошенко Л.В., Гончарук І.В., Телекало Н.В., Штуць А.А., Колісник М.А. Вібраційна сушарка з інфрачервоними випромінювачами та рознесеними опорами віброзбудників: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/35241.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

2. Ярошенко Л. В., Бандура В. М. Обґрунтування параметрів процесу сушіння насіння соняшнику у вібросушарці на основі інфрачервоного випромінювання: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/24567.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

3. Гончарук І.В., Калініченко Р.А., Котов Б.І., Ревва В.Ю., Спірін А.В., Полевода Ю.А. Установка для обробки зернистого матеріалу інфрачервоним випромінюванням: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/33712.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

4. Мельник Б.Р. Дослідження впливу ходових систем тягово-транспортних засобів на підорний шар ґрунту: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/17644.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

5. Дацюк Д.А. Комбінований робочий орган для пошарового безвідвального обробітку ґрунту: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/38350.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

6. Цицюра Я.Г., Броннікова Л.Ф., Пелех Л.В. Ґрунтовий покрив Вінниччини: генезис, склад, властивості та напрями ефективного використання: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/15836.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

Вадим БІЛИЙ⁴⁸,
студент 1 курсу ,
Інженерно- технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАЛОГАБАРИТНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

***Анотація.** У статті розглянуто питання обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів малогабаритних ґрунтообробних знарядь, що забезпечують ефективну обробку ґрунту в умовах обмеженого простору. Проаналізовано основні чинники, що впливають на формування оптимальних параметрів конструкції.*

***Ключові слова:** малогабаритні ґрунтообробні знаряддя, конструктивні параметри, технологічні характеристики, ефективність, енергетичні витрати.*

***Annotation.** The article examines the justification of design and technological parameters of small-sized soil tillage implements that ensure efficient soil processing in limited space conditions. The main factors influencing the formation of optimal structural parameters.*

***Key words:** small-sized soil tillage implements, design parameters, technological characteristics, efficiency, energy consumption.*

Вступ. Сучасні агротехнології потребують ефективних та енергоощадних ґрунтообробних знарядь, здатних забезпечити якісний обробіток ґрунту в умовах малих фермерських господарств і присадибних ділянок, що зумовлює необхідність розробки конструкцій, які б відповідали вимогам компактності, мобільності та високої продуктивності. Однак, вибір оптимальних конструктивно-технологічних параметрів таких знарядь залишається актуальною задачею, що потребує наукового обґрунтування.

Дослідження в цій галузі спрямовані на покращення агротехнічних характеристик малогабаритних ґрунтообробних знарядь, зниження їх енергетичних витрат і підвищення продуктивності. Важливим є аналіз параметрів конструкції, що впливають на якість обробітку ґрунту, а також розробка методичних підходів до оцінки їх ефективності. Наукове обґрунтування цих аспектів сприятиме створенню нових ґрунтообробних агрегатів, адаптованих до специфічних умов експлуатації.

Незважаючи на значний прогрес у розробці ґрунтообробної техніки, малогабаритні знаряддя часто характеризуються недостатньою ефективністю та підвищеними енергетичними витратами. Недостатня увага до оптимізації їх

⁴⁸Науковий керівник - Бабин І.А., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

конструктивних параметрів призводить до нерівномірного обробітку ґрунту, збільшення зношуваності робочих органів і зниження продуктивності. Тому постає необхідність у розробці методичних підходів до визначення оптимальних параметрів таких знарядь з урахуванням агротехнічних та експлуатаційних вимог.

Метою статті є обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів малогабаритних ґрунтообробних знарядь для підвищення ефективності їх роботи та зниження енергетичних витрат.

Виклад основного матеріалу. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів малогабаритних ґрунтообробних знарядь потребує врахування комплексу чинників, що визначають їх ефективність в умовах малих фермерських господарств та особистих присадибних ділянок. Першочерговим аспектом є розміри та конструктивні особливості знарядь, що мають забезпечувати максимальну мобільність, простоту керування та ефективність роботи з мінімальною енергоємністю. Врахування цих параметрів є важливим для забезпечення стійкості та рівномірності глибини обробітку, що безпосередньо впливає на якість виконання технологічних операцій. Дослідження показують, що застосування малогабаритних агрегатів дозволяє значно знизити витрати палива та ресурсів порівняно з використанням традиційної великогабаритної техніки. Крім того, доцільність використання саме малогабаритних знарядь зумовлена специфікою роботи на ділянках зі складним рельєфом і невеликими розмірами полів, де великогабаритна техніка втрачає свою економічну ефективність. Оптимальним рішенням є обґрунтування таких параметрів, які дозволяють досягти балансу між продуктивністю, вартістю та якістю виконання агротехнічних операцій. Саме тому важливим є встановлення залежностей між основними конструктивними параметрами знаряддя, режимами роботи та отримуваними агротехнічними результатами з використанням математичного моделювання та експериментальних досліджень.

Крім того, слід враховувати експлуатаційні особливості малогабаритної техніки, яка використовується в умовах обмеженого простору та невеликих фермерських господарств. Оптимізація параметрів знарядь передбачає розгляд взаємодії між механічними, технологічними та агротехнічними факторами, що впливають на кінцевий результат обробітку ґрунту. Дослідження Алієва Е.Б. та Гаврильченка О.С. продемонстрували, що використання роторного розкидача солом'яної підстилки дозволяє рівномірно розподіляти органічні залишки, покращуючи аерацію та водопроникність ґрунту [1].

Важливим фактором є забезпечення стабільної глибини обробітку ґрунту, що впливає на рівномірність його розпушування та збереження структури. Патлатюк А.В. у своїх дослідженнях обґрунтовує, що оптимальне співвідношення між кутом атаки робочих органів та їх швидкістю дозволяє знизити навантаження на силовий агрегат та покращити якість обробітку [2].

Робочі органи малогабаритних ґрунтообробних знарядь можуть мати різну конструкцію залежно від технологічного процесу, який вони виконують. Роторні, дискові, лапові або комбіновані елементи впливають на ефективність

обробітку та стійкість до зношування. Подібні підходи можуть бути використані для створення високоефективних агрегатів, що працюють у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Зокрема, правильний підбір геометрії ріжучих кромek та швидкісних режимів роботи є важливим для мінімізації опору руху та зменшення енергетичних витрат. У дослідженнях Середи Л.П., Труханської О.О. та Швець Л.В. встановлено, що використання машин з активними робочими органами при strip-till технології зменшує енергоспоживання на 20-30% порівняно з традиційними технологіями [3].

В результаті аналітичних досліджень встановлено, що застосування активних фрезерних елементів у ґрунтообробних машинах значно підвищує ефективність розпушування, особливо на важких глинистих ґрунтах. Це підтверджують експериментальні дослідження, які демонструють суттєве підвищення ефективності використання енергії при правильному підборі робочих органів [5].

Одним із важливих параметрів малогабаритних ґрунтообробних знарядь є робоча ширина захвату, що має відповідати потужності тягового агрегату, забезпечуючи при цьому високу маневреність і ефективність виконання операцій. Встановлено, що мала ширина захвату призводить до збільшення кількості проходів і, відповідно, до втрати продуктивності та надлишкового ущільнення ґрунту. Водночас, велика ширина захвату потребує значних тягових зусиль і негативно впливає на мобільність агрегату, особливо на ділянках складної конфігурації та з нерівномірним рельєфом. Оптимальною для малогабаритних знарядь визначено ширину захвату в діапазоні від 0,5 до 1,5 м залежно від потужності міні-трактора або мотоблока, що забезпечує найбільш ефективну та економічну роботу. При визначенні оптимальної ширини захвату необхідно також враховувати конкретні агротехнічні вимоги до різних видів обробітку: оранки, культивуації, боронування тощо. Практичні випробування доводять, що ретельний підбір ширини захвату дозволяє досягти найкращих показників за економічною ефективністю, якістю виконання операцій і зменшенням ущільнення ґрунту.

Наступним важливим конструктивним параметром є глибина обробітку ґрунту, яка визначається технологічними вимогами до конкретної культури та станом ґрунтового покриву. Для малогабаритних знарядь особливо важливо чітко витримувати задану глибину обробітку через обмежені тягові можливості агрегату. Недостатня глибина може призвести до погіршення агротехнічних характеристик ґрунту, зокрема порушення структури та погіршення водно-повітряного режиму. З іншого боку, надмірна глибина спричиняє перевитрати палива та зниження продуктивності праці через значні тягові зусилля. Дослідження підтверджують, що оптимальна глибина основного обробітку для малогабаритних агрегатів коливається в межах 10 – 20 см залежно від виду культури та типу ґрунту (Рис. 1). Для забезпечення якісного виконання цих вимог необхідно використовувати регульовальні механізми, що дозволяють оперативно змінювати глибину роботи залежно від умов експлуатації.

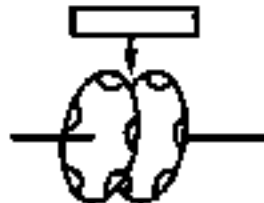
Вид та глибина, см, обробітку ґрунту	Типи ґрунтообробних машин для основного обробітку ґрунту		
	Полищеві плуги	Дискові знаряддя	Чизельні знаряддя
1. Поверхневий (0...8)		Дискові лущильники 	Легкі культиватори 
2. Мілкий (8...16)	Плуги-лущильники 	Дискові борони 	Важкі культиватори 
3. Середній (16...24)	Плуги загального призначення 	Важкі дискові борони 	Плоскорізи, чизель-культиватори 

Рис. 1 Вибір ґрунтообробних знарядь в залежності від виду обробки [3].

Важливе значення має форма і тип робочих органів малогабаритних знарядь, які суттєво впливають на енергоємність, якість та продуктивність обробітку. Найчастіше для малогабаритної техніки застосовують дискові, лемішні та лапчасті робочі органи. Дискові знаряддя забезпечують якісний поверхневий обробіток і ефективно працюють на ущільнених ґрунтах, але вимагають більших тягових зусиль. Лемішні робочі органи придатні для основного обробітку, дозволяючи здійснювати оранку на необхідну глибину із значними енерговитратами, і менш ефективні при поверхневому обробітку. Лапчасті знаряддя характеризуються універсальністю використання, забезпечують як основний, так і поверхневий обробіток із низькими витратами енергії та високою продуктивністю. При виборі типу робочих органів необхідно враховувати конкретні умови роботи та вимоги до технології вирощування сільськогосподарських культур (Рис 2).

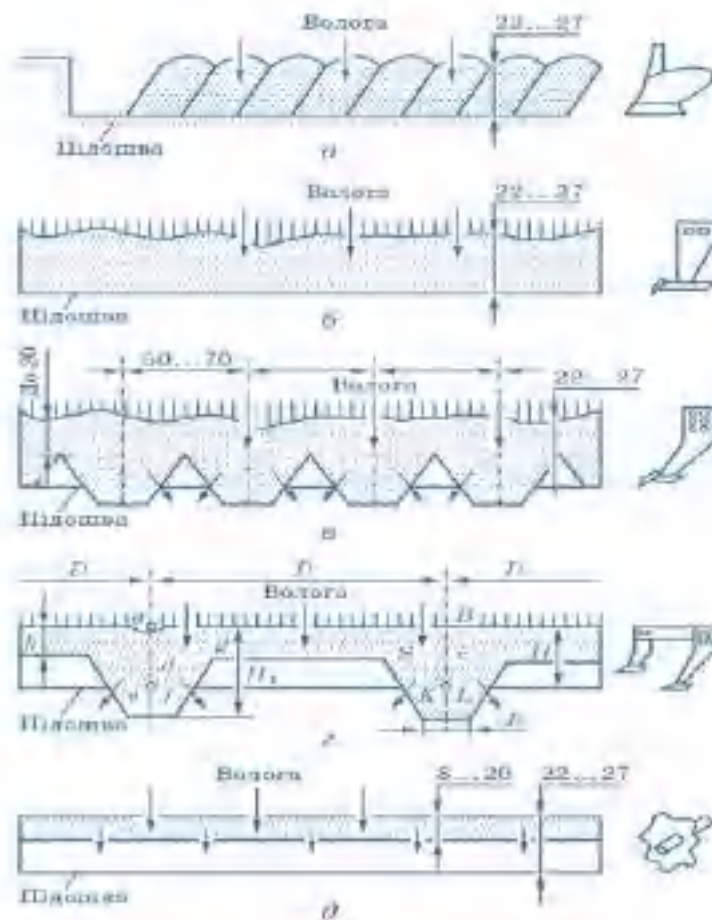


Рис. 2. Схеми поперечних профілів обробленого ґрунту: а - оранка; б - суцільне розпушування; в - смугове розпушування; г - комбіноване розпушування; д – дискування [2].

Одним із ключових аспектів оптимізації конструктивних параметрів є зниження енергоємності процесу обробітку ґрунту завдяки вибору матеріалів і конструкції робочих органів. Використання сучасних високоякісних матеріалів із підвищеною зносостійкістю дозволяє суттєво знизити витрати на обслуговування, збільшити міжремонтний період і покращити економічні показники експлуатації знарядь. Крім того, правильна конструктивна форма робочих органів, яка забезпечує мінімальний опір руху ґрунту, дозволяє значно зменшити споживання палива та підвищити продуктивність роботи агрегату. Використання аналітичних методів розрахунку і програмного моделювання дає змогу обґрунтувати оптимальні параметри робочих органів із врахуванням особливостей ґрунту, що позитивно впливає на ефективність роботи.

Окремої уваги заслуговує система агрегування та кріплення малогабаритних знарядь до тягових машин, яка повинна бути максимально простою, надійною і забезпечувати швидке підключення та зміну знарядь. Враховуючи малу потужність агрегатів, слід віддавати перевагу легким, простим конструкціям систем кріплення знарядь, які не знижують мобільність і не ускладнюють керування технікою. Використання універсальних триточкових навісних систем, адаптованих до малогабаритних тракторів і мотоблоків,

дозволяє ефективно експлуатувати різні типи робочих органів. Надійна та проста конструкція кріплення знаряддя сприяє зниженню експлуатаційних витрат та забезпечує швидке виконання агротехнічних робіт.

Вважаємо за доцільне запропонувати методику оцінки ефективності малогабаритних ґрунтообробних знарядь, яка передбачає комплексний аналіз агротехнічних, конструктивних і експлуатаційних характеристик техніки. Методика базується на використанні інтегрального показника, що враховує продуктивність знаряддя, витрати палива, рівномірність глибини обробітку та ступінь ущільнення ґрунту після виконання операції. Кожен із зазначених критеріїв оцінюється з використанням експериментальних і розрахункових методів, які дозволяють точно визначити оптимальність підібраних конструктивних параметрів залежно від умов експлуатації. Завдяки цій методиці стає можливим порівнювати різні типи робочих органів, визначати оптимальні режими роботи та здійснювати прогнозування ефективності малогабаритних агрегатів у конкретних умовах. Використання запропонованого підходу дозволяє оперативно приймати обґрунтовані конструкторсько-технологічні рішення щодо вдосконалення конструкцій малогабаритної техніки.

Таким чином, комплексне врахування зазначених параметрів дозволяє оптимізувати конструктивні особливості малогабаритних ґрунтообробних знарядь, підвищити продуктивність і ефективність їх використання в умовах малих господарств.

Висновки. Комплексне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів малогабаритних ґрунтообробних знарядь дозволяє досягти значних переваг у роботі фермерських та приватних присадибних господарств. Правильно підібрані ширина захвату, глибина обробітку, тип і форма робочих органів та матеріали виготовлення суттєво знижують енерговитрати, підвищують продуктивність і покращують якість агротехнічних операцій. Встановлено, що оптимальні параметри для малогабаритної техніки знаходяться у чітко визначених межах, що забезпечує ефективне використання агрегатів малої потужності. Особливої уваги потребують системи агрегування та кріплення знарядь до тягових машин, які повинні бути простими, універсальними та надійними в експлуатації.

Потенціал використання малогабаритних ґрунтообробних знарядь визначається їхніми конструктивними параметрами, такими як компактність, маневреність і низька вага, завдяки чому забезпечується ефективна експлуатація на ділянках складної конфігурації, у садах, на присадибних ділянках, виноградниках та в умовах теплиць. Завдяки зменшеним розмірам і вазі ці знаряддя можуть застосовуватись із малопотужною технікою, зокрема мотоблоками або мінітракторами, що значно скорочує енерговитрати, витрати пального та фінансові витрати фермерських господарств. Висока маневреність дозволяє виконувати якісний обробіток ґрунту навколо дерев, кущів і в обмеженому просторі, що неможливо забезпечити великогабаритною технікою. Завдяки регульованим робочим органам конструкції таких знарядь легко

адаптуються до конкретних умов експлуатації, типу ґрунту та глибини обробітку, забезпечуючи при цьому оптимальні агротехнічні параметри.

Використання раціонально обґрунтованих малогабаритних ґрунтообробних знарядь дозволяє ефективно виконувати агротехнічні операції з меншими затратами часу та енергоресурсів, зменшує собівартість продукції і позитивно впливає на екологічний стан ґрунту. Подальші перспективи досліджень полягають у вдосконаленні конструктивних рішень та розробці нових технологічних підходів, орієнтованих на конкретні умови роботи малих господарств. Це дасть можливість максимально розширити сферу застосування малогабаритної техніки, забезпечити високу якість робіт та підвищити конкурентоспроможність продукції, вирощеної на невеликих земельних ділянках.

Список використаної літератури

1. Алієв Е.Б., Гаврильченко О.С. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми роторного розкидача солом'яної підстилки. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*: науковий журнал. 2017. Вип. 181. С. 15-20.

2. Патлатюк А.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи машини для обробітку ґрунту. *Вісник Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*: науковий журнал. 2020. № 1(110). С. 56–62.

3. Серeda Л.П., Труханська О.О., Швець Л.В. Розробка і дослідження ґрунтообробної машини для технології strip-till з активними фрезерними робочими органами. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2019. №4(95). С.14-24.

4. Серeda Л.П. Технологія strip-till в рослинництві. Перспективність впровадження в Україні. *Матеріали XX Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвяченої 119-й річниці з дня народження академіка П.М. Василенка, 17-19 жовтня 2019р. м. Миколаїв*. 2019. С.70-71.

5. Серeda Л.П., Швець Л.В., Швець О.І. Розробка культиватора для нових технологій обробітку ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2020. №3(110). С.117-125.

Владислав ДЕРУНЕЦЬ⁴⁹,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК АГРЕГАТУ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

***Анотація.** Розглянуто теоретичні залежності для аналітичного розрахунку сил, що діють на чизельний глибокорозпушувач та доз внесення РОД в залежності від питомого опору ґрунту, глибини та швидкості обробітку, геометричних параметрів конструкції агрегату, використання якої дозволить визначити основи конструкції комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового внесення РОД.*

***Ключові слова:** рідкі органічні добрива, агрегат, ґрунт, робочий орган, тяговий опір.*

***Annotation.** Theoretical dependencies for analytical calculation of forces acting on a chisel deep cultivator and doses of ROC application depending on soil resistivity, depth and speed of cultivation, geometric parameters of the unit design are considered, the use of which allowed determining the design principles of a combined unit for in-soil application of ROC.*

***Key words:** liquid organic fertilizers, unit, soil, working body, traction resistance.*

Вступ. Підвищення ефективності застосування органічних добрив є одним із ключових завдань сучасного сільського господарства. Внутрішньогрунтове внесення органічних добрив забезпечує оптимальне живлення рослин, покращує структуру ґрунту та зменшує втрати поживних речовин. Проте для реалізації цього процесу необхідно використовувати спеціалізовані агрегати, які повинні відповідати певним вимогам щодо енергоефективності, продуктивності та якості виконання технологічної операції [1-2].

Проведення тягово-енергетичного розрахунку агрегату для внутрішньогрунтового внесення органічних добрив є основою проєктування сучасної сільськогосподарської техніки. Запропонований підхід дозволяє визначити раціональні параметри роботи агрегату, враховуючи опір ґрунту, потужність силового засобу та енергетичні витрати на процес внесення добрив. Проведення таких розрахунків є важливим етапом у проєктуванні й модернізації технічних засобів, що сприяють підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва.

⁴⁹Науковий керівник – Шаповалюк С.О., асистент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Виклад основного матеріалу. Для повної інфільтрації великих доз внесення (100 т/га і більше) рідких органічних добрив пласти ґрунту на значній глибині обробітку повинні бути ретельно розпушені. Тому знаряддя для внутрішньогрунтового внесення РОД як робочі органи доцільно використовувати чизельні лапи з відкрилками, що забезпечують максимальні зони поперечної деформації пластів ґрунту на велику глибину. Глибоке внутрішньогрунтове внесення добрив пов'язане з великими енерговитратами та використанням енергонасичених тракторів. У зв'язку з цим доцільно провести оцінку витрат енергії під час використання таких технологій.

Для реалізації запропонованої технології розроблено машину для внутрішньогрунтового внесення РОД (рис.1).

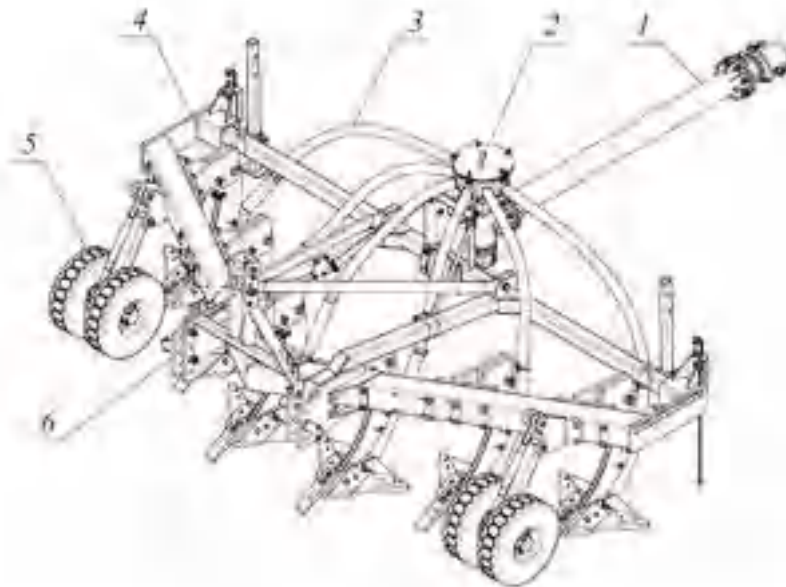


Рис.1. Чизельний глибокорозпушувач для внутрішньогрунтового внесення рідкого гною:

- 1 – шлангова магістраль; 2 – розподільний вузол рідких органічних добрив;
- 3 – розподільні шланги; 4 – рама з чизельними робочими органами; 5 – опорні колеса;
- 6 – навісний пристрій.

Технологічний процес роботи агрегату відбувається в такий спосіб. Рідке органічне добриво з шлангової магістралі під тиском від насосної станції надходять до агрегату через вузол прив'язки. Далі через дросель добрива потрапляють у розподільний пристрій, оснащений подрібнювачем. З нього трубопроводами добрива подаються до робочих органів углиб ґрунтового пласта. Це забезпечується за рахунок розпушення ґрунту чизельними лапами.

За допомогою чизельних лап відбувається розпушування ущільненого ґрунтового горизонту, що злежався. В основі даного технологічного процесу лежить різання ґрунту клином з плоскою робочою поверхнею, що зводиться до руйнування ґрунтового пласта шляхом зсуву (сколювання) на шматки (стружку) трапецеїдальної форми.

За результатами дослідження запропонований наступний чизельний агрегат, до складу якої входять: напірна шлангова система для транспортування РОД від місця накопичення та зберігання до поля; чизельний

глибокорозпушувач-щілинник з котком, що виконує розпушування ґрунту, інжекцію заданої дози добрив усередину ґрунту та вирівнювання поверхні поля; пневматична сівалка для одночасного висіву проміжної культури (сидератів) (рис. 2).

Поширення деформації ґрунту в сторони в поперечно-вертикальній площині обмежується граничною глибиною обробки h_K , яка називається критичною. Подальше заглиблення робочого органу супроводжується зминанням ґрунту в поздовжньому напрямку без збільшення зони розпушування у поперечному напрямку, тому перевищення глибини а ходу чизельних лап критичної глибини недоцільно як з точки зору збільшення поперечного перерізу шарів ґрунту, що розпушуються, так і з урахуванням підвищеного тягового опору машини.

Можливі два режими роботи чизельних лап глибокорозпушувача:

- 1) глибина обробки а не перевищує критичну глибину h_K ;
- 2) глибина обробки більше критичної глибини h_K .

У першому випадку поперечна зона розпушування має форму трапеції. У другому випадку зона бічного розпушування поширюється до глибини h_K , а нижче утворюється прямокутна щілина глибиною $h_0 = a - h_K$, де h_0 – глибина блокованого різання без відділення стружки ґрунтової з боків лапи.

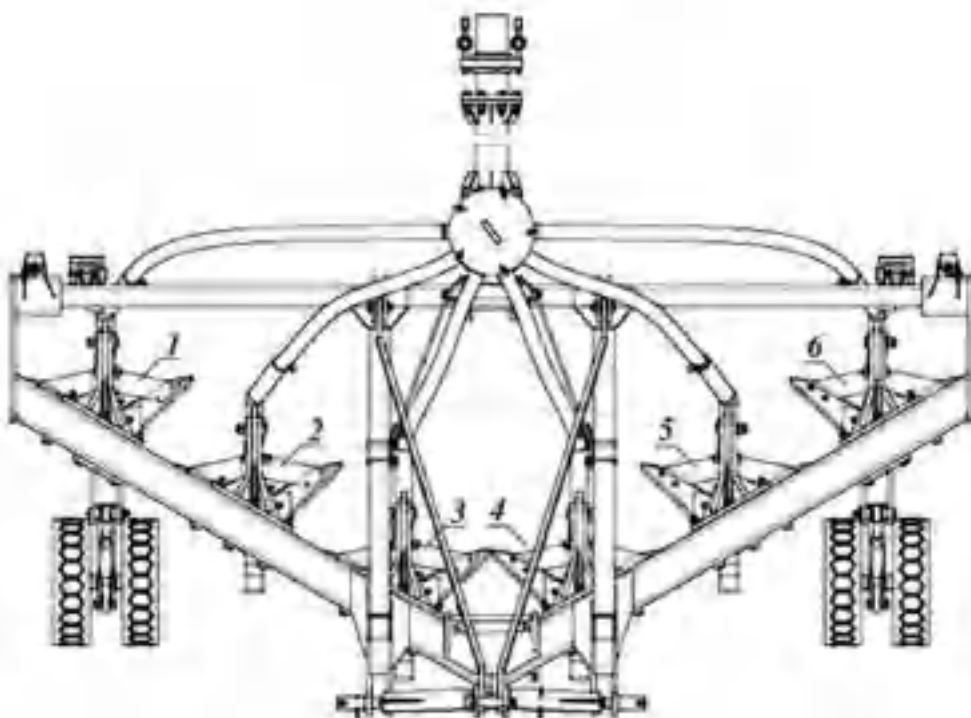


Рис. 2. Загальний вид чизельного глибокорозпушувача для внутрішньогрунтового внесення рідкого гною: 1 – шлангова магістраль; 2 – розподільний вузол рідких органічних добрив; 3 – розподільні шланги; 4 – рама; 5 – чизельні робочі органи; 6 – начіпний пристрій; 7 – опорні колеса.

У зоні блокованого різання нижче критичної глибини h_K утворюється ущільнене ядро через великий тиск, під дією якого ґрунт змінюється, сильно

ущільнюється і затримується на робочій похилій поверхні.

На чизельних лапах машини, що розглядається, встановлюються відкрилки для збільшення площі поперечного перерізу пласта, що розпушується однією чизельною лапою. Заглиблення таких робочих органів на глибину більше критичної недоцільно [3].

За результатами експериментальних досліджень рекомендується наступна емпірична залежність визначення критичної глибини різання чизельними лапами.

$$h_k = \frac{b_0 \left[0,1 \frac{p}{\sigma_{OT}} (1 + 3 \operatorname{tg} \psi) \right] - 2,5}{4,2 + \operatorname{ctga}}, \text{ см}, \quad (1)$$

де b_0 – ширина долота, см; p – опір ґрунту зім'яттю (твердість ґрунту), МПа; σ_{OT} – тимчасовий опір ґрунту відриву, МПа; a – кут різання, °; ψ – кут нахилу рівнодіючої сили опору ґрунту до горизонту, ° (рис. 3).

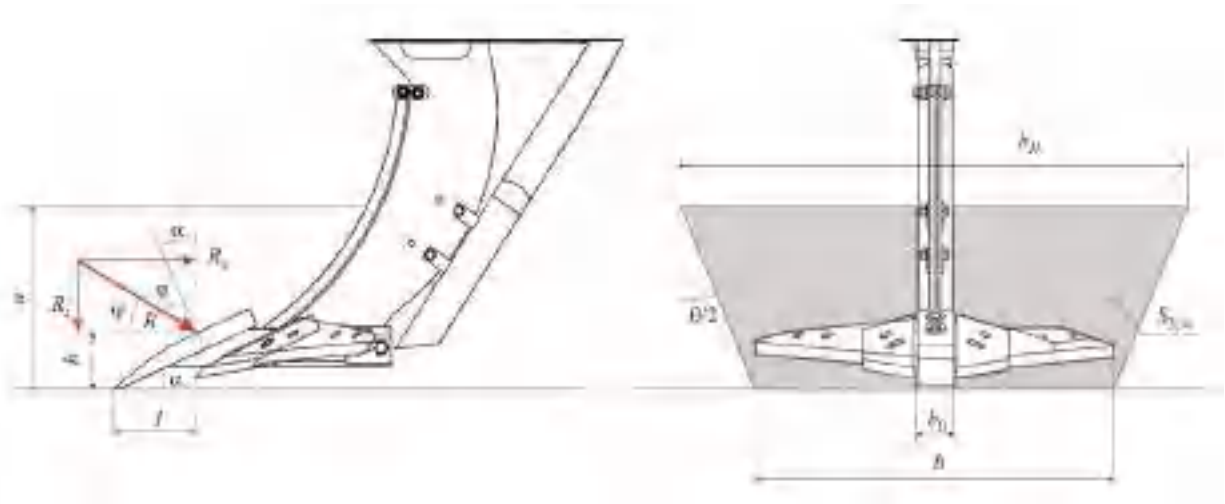


Рис. 3. Поперечні та поздовжні зони деформації ґрунту чизельною лапою.

Площа поперечного перерізу пласта розпушуваного ґрунту у вигляді трапеції може бути визначена за формулами [4]:

- для лап 3 та 4 (рис. 3)

$$S_{3,4} = (b + b_{II}) a / 2, \text{ м}^2. \quad (2)$$

- для лап 1, 2, 5, 6 (рис.4)

$$S_{1,2,5,6} = M \cdot a, \text{ м}^2, \quad (3)$$

де M – відстань між лапами, м.

Розглянуті інжектори рідкого гною – чизельні лапи мають значний тяговий опір і створюють великі нерівності на поверхні ґрунту, що потребує додаткових операцій передпосівної підготовки, наприклад, прикочування. Для роботи з чизельними глибокорозпушувачами потрібні енергонасичені трактори.

У поздовжньо-вертикальній площині реакції сил опору ґрунту, що діють на чизельну лапу, призводять до рівнодіючої R_{xz} (рис. 4). Вертикальна проекція цієї сили R_z характеризує здатність лапи до заглиблення у ґрунт, а горизонтальна

проекція R_x – тяговий опір робочого органу.

Напрямок і точка застосування рівнодіючої сили R_{xz} визначаються для чизельних лап кутом ψ і плечами l і h щодо ніска лапи.

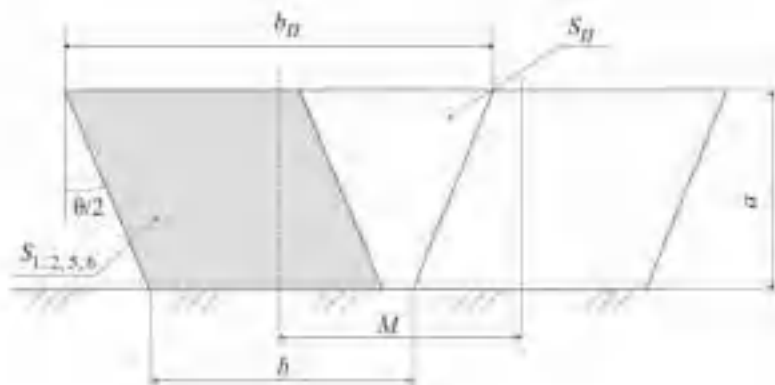


Рис. 4. Схема визначення поперечної площі розпушування при різанні ґрунту двома чизельними лапами.

Координати точки застосування рівнодіючої сил опору ґрунту на лапі рівні

$$\begin{cases} h = (0,3 \dots 0,5) a; \\ l = 0,5b. \end{cases} \quad (4)$$

Сумарний тяговий опір чизельних лап може бути розрахований за формулою, аналогічною до формули академіка В.П. Горячкіна для лемішно-відвальних плугів [5-7].

$$R_x = \sum_{i=1}^6 k_{П} \cdot S_i + \varepsilon S_i v^2, \quad (5)$$

де $k_{П}$ – питомий опір ґрунту, кПа; S_i – площа поперечного перерізу пухкої частини пласта i -ю лапою, m^2 ; ε – коефіцієнт ($кН \cdot c^2/m^4$), що враховує робочу швидкість v , м/с.

Розрахункова схема сил, які діють на глибокорозпушувач під час роботи з трактором, показано на рис. 5.



Рис. 5. Схема для розрахунку сил, що діють на глибокорозпушувач з трактором.

Система рівнянь рівноваги машини в поздовжньо-вертикальній площині xOz має вигляд [5]:

$$\begin{cases} \sum_i P_{xzi} = 0; \\ \sum_i M_{xzi} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

де $\sum_i P_{xzi}$ – сума всіх сил;

$\sum_i M_{xzi}$ – сума моментів всіх сил відносно будь-якої точки механічної системи «трактор + глибокорозпушувач».

При відомих коефіцієнтах μ_2 і μ_3 опору коченню опорних коліс та катка по полю [6].

$$\mu_2 = \frac{N_x}{N_z}; \mu_3 = \frac{Q_x}{Q_z}. \quad (7)$$

можна вирішити цю систему рівнянь та визначити чотири невідомі сили P_x, P_z, N_z, Q_z .

Для цього складемо систему з чотирьох лінійних рівнянь (третє та четверте рівняння – суми моментів сил щодо точок 2 та 3 – додатку реакцій на опорних колесах та катка [7]:

$$\begin{cases} P_x - R_x - \mu_2 N_z - \mu_3 Q_z - F = 0; \\ P_z - R_z + N_z + Q_z - G = 0; \\ P_x(z_x + z_2) - P_z(x_x + x_2) - Q_z(x_3 - x_2) - G(x_4 - x_2) + R_x(x_1 - x_2) - R_z(x_1 - x_2) - F(z_2 + z_3) = 0; \\ P_x(z_x + z_1) - P_z(x_x + x_3) - N_z(x_1 - x_2) - G(x_3 - x_4) - R_x(z_1 - z_2) + R_z(x_1 - x_2) - F(z_2 + z_5) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

де P_x та P_z – складові сили тяги трактора; N_x та N_z – реакції ґрунту, що діють на опорні колеса машини; Q_x та Q_z – складові реакції на опорній поверхні катка; R_x та R_z – реакції ґрунту, прикладені до умовного «середнього» робочого органу; $G = mg$ – сила тяжіння машини; F – сила опору переміщенню шланга з рідким гноєм; x_π, z_π – координати миттєвого центру обертання триточкового навісного пристрою трактора у поздовжньо-вертикальній площині xOz ; x_1, z_1 – координати точки 1 – носіння «середнього» робочого органу; x_2, z_2 – координати точки 2 – докладання реакцій на опорних колесах; x_3, z_3 – координати точки 3 – застосування реакцій на катку; x_4 – координата точки 4 – центру тяжіння машини; z_5 – координата точки застосування сили опору переміщенню шланга.

Значення сил – у кілоньютонках, розмірів – у метрах. Початок координат точка O збігається з проекцією осі задніх коліс трактора.

Сила опору F переміщенню шланга за глибокорозпушувачем дорівнює [5].

$$F = f_T m_T g, \quad (9)$$

де f_T – коефіцієнт тертя шланга об ґрунт; $m_T = \rho V$ – вага шлангу з рідким гноєм, кг; ρ – щільність рідкого гною, кг/м^3 ; $V = \pi d^2 L / 4$ – об'єм рідкого гною в шлангу, м^3 ; d і L – діаметр та довжина шланга, м.

Висновки. Проведено тягово-енергетичний розрахунок агрегату для внутрішньогрунтового внесення РОД. На підставі проведених розрахунків за

описаною вище математичною моделлю можна отримати ряд теоретичних параметрів, що характеризують агротехнічні показники роботи агрегату. Визначено координати точки застосування рівнодіючої сил опору ґрунту на лапі. Сумарний тяговий опір чизельних лап запропоновано розраховувати за формулою, аналогічною до формули академіка В.П. Гарячкина для лемішно-відвальних плугів. Представлено розрахункову схему сил, що діють на глибокорозпушувач при роботі з трактором. Наведено формулу розрахунку сили опору F переміщенню шланга за глибокорозпушувачем.

Список використаної літератури

1. Інноваційні технології використання добрив: досвід США: веб-сайт. URL: <https://www.growhow.in.ua/innovatsijni-tehnologiyi-vykorystannya-dobryv-dosvidssha/> (дата звернення: 20.03. 2025).
2. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ: Друк. 2005. 464 с.
3. Тищенко С.С., Дубровін В.О., Теслюк В.В., Волянський М.С. Сільськогосподарські машини. Теорія і розрахунок робочих органів машин для поверхневого обробітку ґрунту: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» та «Машинобудування». Київ: ЦП "Компринт". 2015. 158 с.
4. Бойко А.І., М.О. Свірень. Дослідження зусиль, які діють на робочу частину наральникових сошників. *3-к наук. праць Кіровоградського нац. техн. у-ту. Серія: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*: науковий журнал. 2006. Вип. 17. С. 3–14.
5. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості і нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти. Київ: Література ЛТД. 2019. 256 с.
6. Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: навч. посіб. Вінниця: Твори. 2019. 234 с.
7. Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник. К.: Вища освіта. 2005. 464 с.

Михайло КАРПЕНКО⁵⁰,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОНІТОРИНГУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

***Анотація.** Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є ефективним інструментом для моніторингу сільськогосподарських угідь, оцінки стану посівів, прогнозування врожайності та оптимізації агротехнічних заходів. У статті розглядаються основні платформи ДЗЗ, зокрема супутникові системи, авіаційні платформи та безпілотні літальні апарати (БПЛА).*

***Ключові слова:** дистанційне зондування Землі, точне землеробство, супутникові знімки, вегетаційні індекси, вологості ґрунту.*

***Annotation.** Remote sensing (RS) is an effective tool for monitoring agricultural land, assessing the condition of crops, forecasting yields and optimising agronomic practices. This article discusses the main remote sensing platforms, including satellite systems, aircraft platforms and unmanned aerial vehicles (UAVs).*

***Key words:** remote sensing, precision farming, satellite images, vegetation indices, soil moisture.*

Вступ. Дистанційне зондування землі (ДЗЗ) стало невід'ємною частиною сучасного сільського господарства. Ця технологія надає можливість отримувати точні та своєчасні дані про стан сільськогосподарських угідь без безпосереднього контакту з ними. В умовах зростаючої світової потреби у продуктах харчування, змін клімату та необхідності підвищення ефективності використання ресурсів, ДЗЗ стає критично важливим інструментом для аграрного сектору [6].

Дистанційне зондування землі базується на аналізі електромагнітного випромінювання, відбитого або випроміненого землею поверхнею. Для сільськогосподарського моніторингу використовуються різні діапазони спектру:

- Видимий спектр (0,4-0,7 мкм) дозволяє оцінити загальний стан рослинності.
- Близький інфрачервоний діапазон (0,7-1,3 мкм) є особливо чутливим до стану хлорофілу та структури листя.
- Середній інфрачервоний діапазон (1,3-3,0 мкм) дає інформацію про вміст вологи у рослинах і ґрунті.

⁵⁰Науковий керівник – Бурлака С. А. старший викладач кафедри інженерії та технічного сервісу АПК

- Тепловий інфрачервоний діапазон (3,0-14,0 мкм) допомагає визначити температуру поверхні.
- Мікрохвильовий діапазон (1 мм - 1 м) використовується для оцінки вологості ґрунту та біомаси.

•



Рис. 1. Використання технічно підготовленого безпілотні літальні апарати (БПЛА) для зондування.

Прилади, встановлені на космічних платформах, поділяються на два види — активні й пасивні. Активне дистанційне зондування Землі передбачає використання певних джерел випромінювання — радіохвильового, світлового, інфрачервоного, лазерного тощо [2]. У пасивному ж використовуються лише відбиті сигнали — це робить його чутливим до часу доби й положення космічних тіл, але спрощує конструкцію обладнання та зменшує витрати на отримання інформації.

- Sentinel-2 (ЄС) пропонує знімки з роздільною здатністю 10-60 м, оптимальні для моніторингу посівів.
- Landsat-8/9 (США) забезпечує дані з роздільною здатністю 15-100 м та має довгий архів даних.
- Planet Scope надає щоденні знімки з роздільною здатністю 3-5 м.
- WorldView та GeoEye пропонують надвисоку роздільну здатність (0,3-0,5 м).

Авіаційні платформи - використовуються для детального аерофотознімання [3]. Вони ефективні для точного картографування великих ферм.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є найефективнішим для оперативного стану посівів. БПЛА забезпечують знімки з надвисокою роздільною здатністю та гнучкістю у термінах збору даних:

- Легкі у використанні та відносно недорогі.
- Забезпечують знімки з роздільною здатністю до кількох сантиметрів.
- Дозволяють оперативно проводити моніторинг невеликих ділянок.

- Можуть бути оснащені різними сенсорами (RGB, мультиспектральними, тепловими).

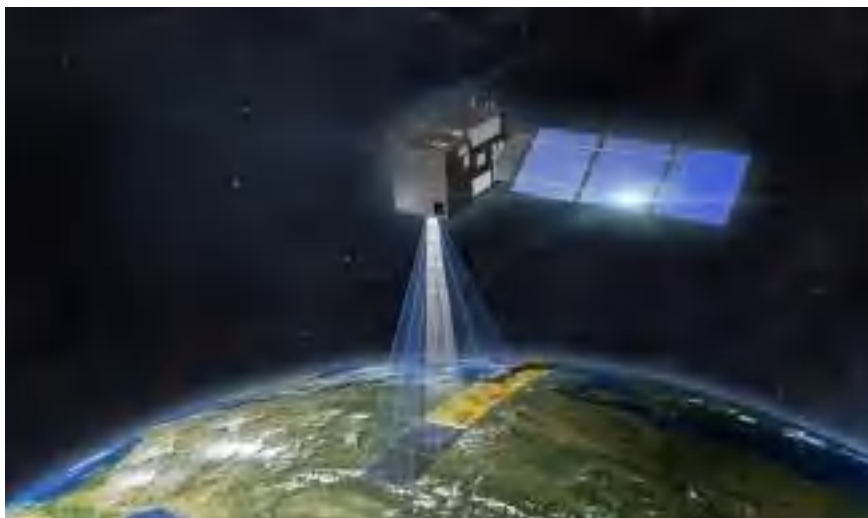


Рис. 2. Сканування супутниковою системою.

Перші експерименти зондування Землі з космосу почалися ще в радянську епоху. У 1970-х роках на навколоземну орбіту вийшла ціла серія супутників «Космос», створених українськими вченими з КБ «Південне». Але ці апарати мали переважно військове призначення, а тому сфера використання їхніх даних у сільському господарстві обмежувалася кількома вузькоспеціалізованими експериментами [4].

До ідеї використовувати дані дистанційного зондування Землі повернулися на початку 2000-х років, коли у відкритому доступі з'явилися мапи, побудовані за допомогою американських супутників Landsat. Це найбільш тривала й інформативна програма ДЗЗ, яка продовжує працювати сьогодні та передбачає запуск нових космічних апаратів у майбутньому.

У 2004 році Україна запустила власний [супутник Січ-1М](#), який поміж інших задач здійснював дистанційне зондування Землі. На жаль, він вийшов із ладу в 2006 році, хоча деякі його дані досі використовуються в науковій та аграрній сферах.

Сьогодні українське сільське господарство отримує дані від таких угруповань космічних супутників, обладнаних спектрометрами, радіометрами, ехолотами, лазерними альтиметрами та іншими дослідницькими приладами:

- [RADARSAT Constellation](#);
- [TerraSAR-X](#);
- [Sentinel](#) та ін.

Для доступу до інформації використовують різноманітні хмарні платформи. Яскравим прикладом слугує сервіс EOS Data Analytics, який пропонує низку спеціалізованих рішень для аграріїв. Його користувачі можуть отримувати карти стану посівів і дані про стан поверхні планети, зокрема про температуру, вологість, рух атмосферних фронтів тощо [5]. Відкритий API дає змогу передавати дані до кастомного програмного забезпечення, зокрема

десктопних і мобільних застосунків. Завдяки цьому можна отримати індивідуальне рішення, створене спеціально під потреби конкретного підприємства.

Одним із ключових напрямків застосування ДЗЗ є визначення стану рослинності. За допомогою супутникових знімків і дронів аналізують вегетаційні індекси (NDVI, EVI, GCI), що дозволяє оцінити здоров'я рослин, виявити хвороби, шкідників і стресові фактори, такі як посуха чи дефіцит добрив. Також дистанційний моніторинг допомагає контролювати швидкість росту культур і прогнозувати врожайність.

Окрім цього, ДЗЗ використовується для контролю вологості ґрунту. Радіолокаційні дані допомагають оцінювати рівень вологи, визначати зони із недостатнім або надмірним зволоженням, що дозволяє ефективно планувати зрошення. Це також сприяє прогнозуванню ризиків посухи та водної ерозії. Важливим аспектом є оптимізація внесення добрив і засобів захисту рослин, що можливе завдяки зональному аналізу ґрунтів. Спектральні характеристики допомагають визначити ділянки з дефіцитом основних елементів живлення – азоту, фосфору та калію [6]. Це дозволяє здійснювати диференційоване внесення агрохімікатів, зменшуючи витрати та екологічне навантаження.

Дистанційне зондування також дає змогу контролювати деградацію ґрунтів і процеси ерозії. Оцінка рівня органічної речовини, структури ґрунту та змін у його покриві допомагає виявляти осередки водної та вітрової ерозії. Також ДЗЗ використовується для моніторингу посівних площ і прогнозування врожайності, дозволяючи автоматизовано визначати межі угідь, оцінювати щільність рослинного покриву та прогнозувати продуктивність культур на основі багаторічних супутникових даних і кліматичних моделей.

Ще одним важливим напрямком застосування ДЗЗ є виявлення аномалій та стресових ситуацій. Це дозволяє виявляти зони із забрудненням (радіаційним, хімічним, важкими металами), контролювати наслідки стихійних лих (посухи, градобії, підтоплення, пожежі) та визначати пошкодження посівів дикими тваринами або техногенними факторами.



Рис. 3. Приклад застосування ДЗЗ у реальному часі.

Сфера ДЗЗ постійно розвивається. За словами молодшого наукового співробітника Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України Ольги Томченко, ще п'ять років тому територію нашої країни досліджували 20 супутників, а сьогодні їхня кількість збільшилася до 300. Відповідно, розширилися й можливості обладнання, яке аналізує випромінювання в нових спектрах і з більшою роздільною здатністю.

Тому в найближчому майбутньому дистанційне зондування Землі може бути застосовано для розв'язання таких задач у сфері сільського господарства:

- пошуку зв'язку між цвітінням водойм та урожайністю прибережних ділянок;
- виявлення незаконних забудов на землях сільськогосподарського призначення;
- встановлення меж містобудівництва в традиційно аграрних регіонах;
- прогнозування пожеж у лісах і торф'яниках.

Ще одним напрямом розвитку технології може бути автоматизація і роботизація сільськогосподарської техніки. Єдиними задачами людини в такій ситуації будуть контроль і вибір правильної конфігурації техніки

Висновки. Дистанційне зондування землі стало незамінним інструментом для моніторингу сільськогосподарських угідь. Воно дозволяє отримувати оперативну, об'єктивну та детальну інформацію про стан посівів, що є основою для прийняття ефективних управлінських рішень. Незважаючи на певні обмеження, потенціал ДЗЗ для сільського господарства продовжує зростати завдяки технологічному прогресу та розвитку методів обробки даних. В умовах зростаючих викликів, пов'язаних зі змінами клімату, деградацією ґрунтів та необхідністю підвищення продовольчої безпеки, технології дистанційного зондування стають критично важливими для забезпечення сталого розвитку аграрного сектору.

Список використаної літератури.

1. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель: веб-сайт. URL: [https://eapk.com.ua/web/uploads/pdf/eapk_2019_8_p_27_36%20\(1\).pdf](https://eapk.com.ua/web/uploads/pdf/eapk_2019_8_p_27_36%20(1).pdf) (дата звернення 10.03.2025).

2. Застосування методів дистанційного зондування у моніторингу навколишнього середовища: веб-сайт. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1645/gka72200921.pdf> (дата звернення 05.03.2025).

3. ДЗЗ в сільському господарстві: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/5461652/page:6/> (дата звернення 12.03.2025).

4. Методика моніторингу сільськогосподарських земель і культур з використанням фрактального аналізу даних дистанційного зондування землі: веб-сайт. URL: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2947> (дата звернення 13.03.2025).

5. Дистанційне зондування землі: веб-сайт. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/876-dystantsiine-zonduvannia-zemli.html> (дата звернення 15.03.2025).

6. Дистанційне зондування Землі: види та перспективи: веб-сайт. URL: <https://weagro.com.ua/blog/dystanczijne-zonduvannya-zemli-vydy-ta-perspektyvy/> (дата звернення 17.03.2025).

Вадим ХОМЕНКО⁵¹,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОЧИЩЕННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

***Анотація.** У статті розглянуто особливості транспортування та збирання цукрових буряків, зокрема технічні проблеми та шляхи їх вирішення. Відзначено роль очищувачів коренеплодів і модернізації техніки у підвищенні ефективності та якості роботи.*

***Ключові слова:** цукрові буряки, транспортування, збирання, очищувачі коренеплодів, технічне обслуговування, модернізація.*

***Annotation.** The article examines the features of transportation and harvesting of sugar beets, in particular technical problems and ways to solve them. The role of root crop cleaners and modernization of equipment in increasing the efficiency and quality of work is noted.*

***Keywords:** sugar beets, transportation, harvesting, root crop cleaners, maintenance, modernization.*

Вступ. Збирання цукрових буряків здійснюють потоково-перевальним і поточним способами. В Україні переважає потоково-перевальний метод без ручного доочищення. Вибір способу залежить від відстані транспортування: до 15 км — дві третини операцій виконуються потоково, далі — перевалка; 16-20 км — половина поточних операцій; понад 21 км — переважно перевалка.

Ефективність поточного методу забезпечується достатньою кількістю техніки, адаптованою технологією та організованістю. Найчастіше використовують комбайни Barigelli B/6, Garford Victor, Matrot M41, Moreau GR та ін.

Ключовим фактором безперебійної роботи техніки є якісне техобслуговування та своєчасна підготовка, що має завершитися за 20 днів до

⁵¹Науковий керівник — Телятник І.А., асистент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

сезону. Основні проблеми підготовки — незадовільний технічний стан, брак ресурсів, кваліфікованих кадрів і сучасного обладнання. Сервісні центри потребують реорганізації та розширення.

Типові несправності включають погане регулювання, витoki мастила, дефекти складання тощо. Причини — низька культура виробництва, брак досліджень і фінансування. Більшість відмов можна уникнути через дотримання норм, покращення діагностики та менеджменту. Розроблено техобслуговування для зберігання комбайнів у належному стані.

Виклад основного матеріалу. Очисники конвеєрів є одним з основних робочих органів бурякозбиральних машин. Від якості процесу очищення коренеплодів залежить продуктивність праці, повнота і своєчасність збирання врожаю, можливість його подальшого зберігання та раціонального використання, механічна ерозія ґрунту та кількість транспортних засобів, що використовуються для транспортування великих об'ємів зібраної з полів продукції.

До технічного процесу очищення коренеплодів від ґрунту при механізованому збиранні ставляться такі вимоги: процес повинен здійснюватися з мінімальними втратами дрібних коренеплодів та їх відбитих частин, а також з мінімальною кількістю коренеплодів, пошкоджених ударами через надмірну швидкість руху робочих органів [1-5].

Коренеплоди, що надходять на очищення, являють собою механічну суміш твердих частинок різної форми та розміру, проміжки між якими заповнені повітрям. Крім ґрунтових домішок, кореневі бурти можуть містити значну кількість бур'янів, які намотуються на активні робочі органи очисної конструкції, а також каміння та металеві предмети, які можуть заклинити або пошкодити робочий орган.

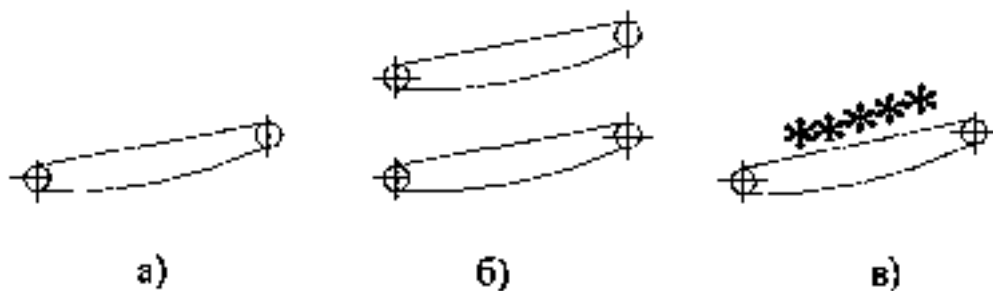


Рис. 1. Типи пруткових транспортерів коренезбиральних машин: а) одноконтурні; б) двоконтурні; в) комбіновані.

Для транспортування та відокремлення коренеплодів і гички в коренезбиральних і гичкозбиральних машинах, а також для завантаження цукрових буряків у бункери і транспортні засоби навантажувачами в якості робочого органу використовуються пруткові конвеєри для вертикального транспортування і вивантаження, які можуть бути одноконтурними, двоконтурними або комбінованими (рис. 1) [1-5].

Пруткова гірка одноконтурного транспортера (рис. 1, а) безперервно рухається навколо двох валів, один з яких приводить в рух, а інший - натягнутий. Купи коренеплодів подаються з натяжного вала і проходять по верхній гілці до його вигину, звідки подаються до інших робочих або транспортуючих органів, кут нахилу яких обмежений пропускною спроможністю.

Подвійні контури (рис. 1, б) складаються з двох нескінченних пруткових гілок. Гілки встановлені паралельно одна одній і транспортують ворох між верхньою гілкою нижнього контуру і нижньою гілкою верхнього контуру, дозволяючи вороху коренеплодів рухатися під будь-яким кутом до горизонталі, в тому числі і вертикально [1-5].

Різниця швидкостей між гілками змушує компоненти вороху обертатися, що забезпечує ефективне очищення буряків. У комбінованому типі (рис. 1, в) більш повне очищення досягається за рахунок додаткового впливу щіток, розташованих на верхній частині одноконтурних нескінченних гілок; у всіх трьох типах очищення здійснюється шляхом просіювання прутків.

Форма і параметри пруткового конвеєра підбираються відповідно до компонування агрегату і необхідної продуктивності. Такі транспортери складаються зі стрижнів, розташованих паралельно один одному з фіксованим кроком і з'єднаних з обох кінців за допомогою гнучких елементів: втулково-роликів ланцюгів (рис. 2, а), фасонних гаків, прикріплених до гумових стрічок (рис. 2, б) для утворення нескінченного ситового полотна [2].

Пальцеві скребки з різьбовими або зварними кріпленнями кріпляться до планок похилого транспортера з фіксованим кроком для підтримки матеріалу, що транспортується, а полотно огинається навколо ведучої і веденої зірочок, шківів і опорних роликів.

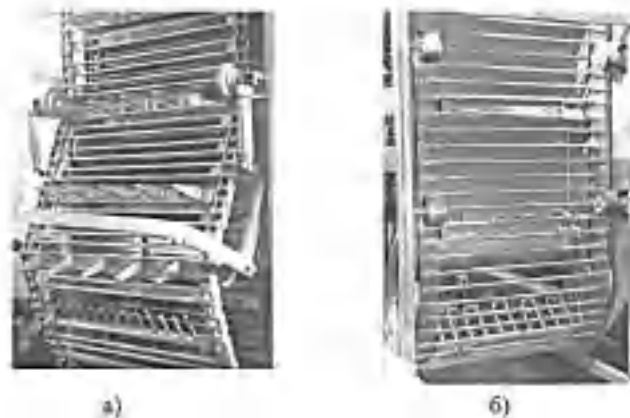


Рис. 2. Типове кріплення елементів пруткових транспортерів: а) до втулково-роликових ланцюгів; б) до гумових пасів.

Транспортне полотно (рис. 3) містить тягову стрічку 1, з'єднану між собою тягами 2, та прикріплений до тяг активатор 3. Для підвищення надійності роботи кожен з активаторів виконаний у вигляді двох суміжних стрижнів, що охоплюють два суміжних стрижня кронштейна 4, які розташовані вертикально і з'єднані між собою хомутами через пружні елементи 5. [1-7].

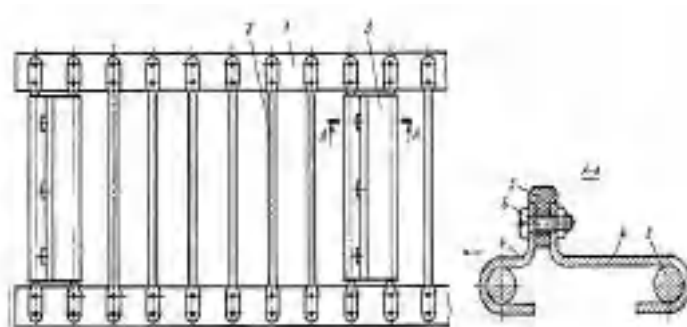


Рис. 3. Конструкція пруткового транспортера коренезбиральної машини.

Конвеєр містить полотно, штанга якого з'єднана з нескінченним тяговим ланцюгом через приводний вал із зірочками. Для зменшення зносу ланцюга і зірочок та зниження енергоспоживання на полотні конвеєра по периметру контуру ланцюга розміщені нескінченні еластичні стрічки, ширина яких більша за ширину ланцюга [2-4].

Стрічка кріпиться до накладки за допомогою заклепок, що з'єднують тяги попарно з фіксованим кроком.

Для підвищення надійності конвеєра, зокрема, щоб уникнути забивання западин зірочок ґрунтом і рослинними рештками, поперечний переріз зубів зірочок на ділянці від ділильного кола до западини має форму трапеції, менша сторона якої дорівнює товщині диска, що накручується на вал зірочки [2-4].

Бурякоочисна машина з підйомником (рис. 4) включає нескінченний підйомний транспортер 4 з похилим завантажувальним прольотом 3. Конвеєр містить два паралельні бічні ланцюги, з'єднані поперечними планками, спрямованими в напрямку руху конвеєра.

Конвеєр 1 з виступаючими еластичними пальцями 2 встановлений на конвеєрі 4 і притискає буряк. Швидкість транспортера 1 перевищує швидкість транспортера 4, тому буряк очищається під час транспортування [2].

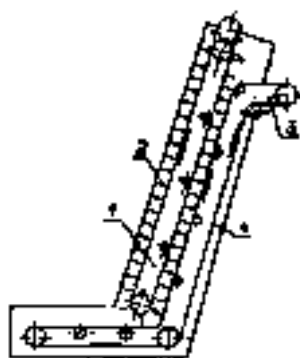


Рис. 4. Конструкція пруткового транспортера коренезбиральної машини з підйомником.

Полотно містить нескінченну зубчасту паралельну стрічку. Його вершини віддалені одна від одної на половину окружності і виступають з кожного боку на чверть за межі паса, утворюючи кронштейн для фіксації стрижня, обтягнутого еластичним матеріалом [2,3].

Полотно розвантажувального конвеєра складається з двох нескінченних тягових елементів, з'єднаних між собою поперечною планкою. Для зменшення шкоди буряку транспортер виконаний скребковим, середня частина стрижня відносно загнута вниз на розмір скребка до кінця [3-5].

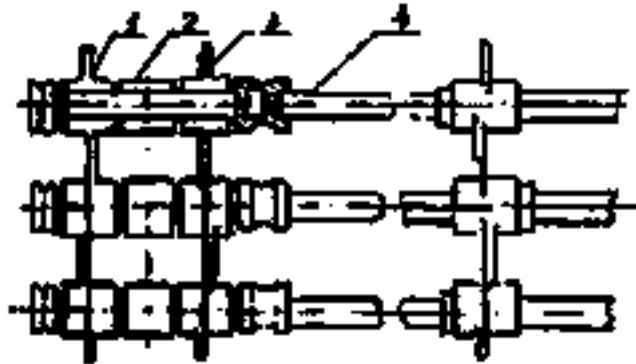


Рис. 5. Конструкція пруткового транспортера коренезбиральної машини із циліндричною виїмкою в місці з'єднання.

Полотно (рис. 5) складається з двох роликів ланок ланцюга 1, 3, пальця 2 і стрижня 4 з кільцевою канавкою на кінці між ними. Для підвищення надійності роботи палець в місці з'єднання зі стрижнем має циліндричне поглиблення і кільцевий виступ під згином стрижня [3].

На задній частині станини машини (рис. 6) розміщено бункер 1 і вертикально встановлений транспортер 2 для подачі коренеплодів. На штанзі 4, що з'єднує нескінченні тягові ланцюги 3 і 5 під гострим кутом до напрямку руху конвеєра, встановлені захвати 6 у вигляді вилок, виконаних у вигляді гребінок, спрямованих назовні [3,4].

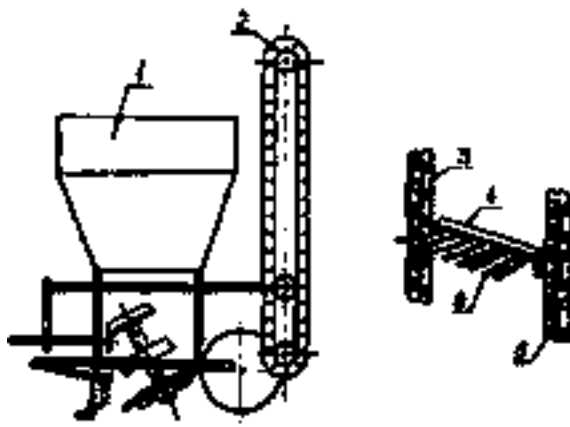


Рис. 6. Конструкція пруткового транспортера коренезбиральної машини із захватами у вигляді вилок.

Система транспортування 1 бурякозбиральних комбайнів (рис. 7) включає горизонтальну секцію 2 для вертикального транспортування, вертикальну секцію 3 для верхнього транспортування і прилеглу горизонтальну перевантажувальну секцію 4, з можливістю переходу з одного положення в інше в зворотному напрямку.

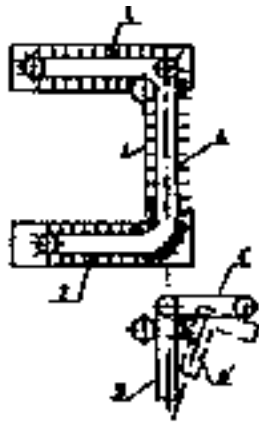


Рис. 7. Конструкція пруткового транспортера коренезбиральної машини із ділянкою перевантаження.

Полотно (рис. 8) складається зі штанги 2, з'єднаної з тягою за допомогою хомута 1. Для спрощення конструкції відвала затискач виконаний у вигляді пружини, один кінець якої охоплює штангу, а інший жорстко притиснутий до тягової ланки [4,5].

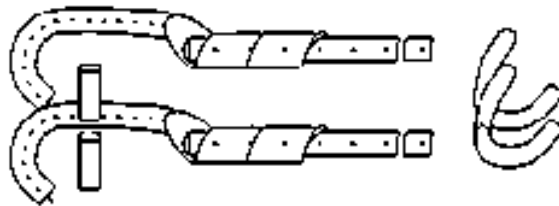


Рис. 8. Конструкція пруткового транспортера коренезбиральної машини із спрощеною конструкцією відвала.

Полотно транспортера (рис. 9) складається з пари стрижнів 2, прикріплених до двох паралельних тягових роликів ланцюгів 1, які утворюють раму, що несе еластичну трубку 3 для зменшення пошкодження коренеплодів, внутрішній діаметр якої дорівнює ширині рами [4-6].

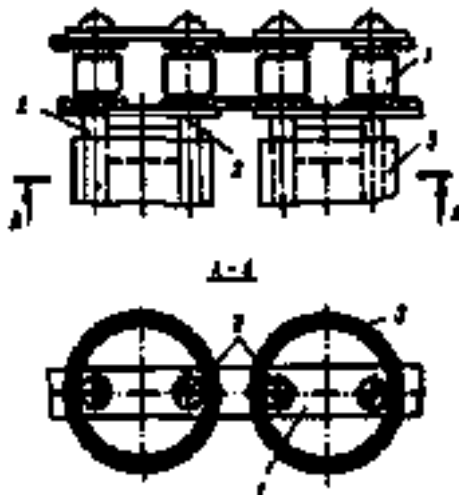


Рис. 9. Конструкція пруткового транспортера коренезбиральної машини із еластичними трубками.

У бурякозбиральній машині використовується транспортер (рис. 10), з Г-подібним транспортерним полотном 2 на рамі 1 і полотном 4 на розширкованій рамі 3.



Рис. 10. Конструкція пруткового транспортера коренезбиральної машини із пристроєм для зміни відстані.

Між рамами транспортерного полотна встановлено пристрій 5 для зміни відстані між ними, який виконаний у вигляді упору 6, закріпленого на рамі 1 з двома гвинтовими отворами 7, в які вмонтовано різьбовий елемент 8 з консольними кінцями, що взаємодіє з рамою 3, яка встановлена поворотним способом [4-6].

Розвантажувальні підйомники використовуються для завантаження коренеплодів у кузов транспортного засобу, який рухається поряд з комбайном. Рама конвеєра оснащена гребінкою і козирком для зменшення швидкості падіння коренеплодів і запобігання їх пошкодженню і втраті.

Приводний вал, скребковий ніж, приводні та опорні ролики сконструйовані так само, як і для вертикального конвеєра. Під час руху коренеплодів по вертикальному конвеєру, горизонтальному конвеєру і розвантажувальному елеватору відбувається видалення домішок [4,5].

Проблема встановлення та вибору основних параметрів очисників коренеплодів від ґрунту виникла з початком розвитку бурякозбиральної техніки. Аналіз конструкції та умов роботи конвеєрів визначення конструктивних параметрів як самого конвеєра, так і його приводу, міжосьова відстань, кількість зубців на приводній зірочці, частота обертання вала, кут нахилу до горизонтальної лінії, крок скребка, його висота з точки зору максимальної продуктивності конвеєра, відстань між планками, обґрунтування, наприклад, швидкість, з якою рухається полотно за умов, що мінімізують пошкодження коренеплодів і забезпечують успішне транспортування вороху [5,6].

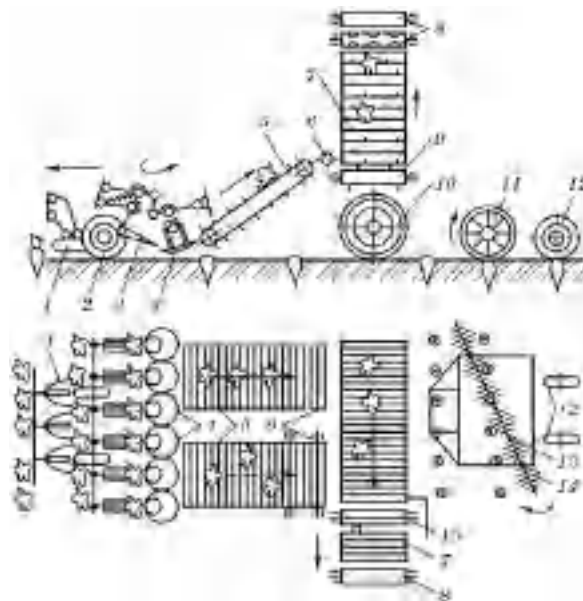


Рис. 11. Конструктивна схема роботи коренезбирального комбайна: 1 – копір-водій; 2 – опорне колесо; 3 – копір апарата; 4 – дисковий ніж; 5 – приймальний транспортер; 6 і 13 – бітери; 7 – вивантажувальний елеватор; 8 – бітери кидального пристрою; 9 – поперечний транспортер; 10 – ходове колесо; 11 – ротор очисника; 12 – опорне колесо очисника.

Висока швидкість обертання сприяє відділенню ґрунту при високій вологості, але завдає значних пошкоджень коренеплодам при середній вологості, тому для забезпечення оптимальних умов роботи на таких конвеєрах необхідні дві швидкості руху вороху. Через значні відмінності у фізико-механічних властивостях ґрунту, розмірно-вагових характеристиках коренеплодів та технологіях збирання і переробки застосовуються різні конструкції робочих органів бурякозбиральних комбайнів.

Застосування способів збирання та відповідних компонувань машин залежить насамперед від регіону вирощування, ґрунтово-кліматичних умов. Двома найбільш поширеними методами є метод прямого збирання (однофазний метод) і метод роздільного збирання. У розвинених європейських країнах, де цукровий буряк вирощується у великих кількостях, для реалізації першої технології широко використовуються шестирядні самохідні комбайни [5,6].

Ці комбайни виконують всю операцію, від видалення гички до завантаження коренеплодів, за одну операцію. Порівняно з іншими способами збирання, це зменшує кількість проходів енергетичних і технічних засобів, економить 30-40% пального, зменшує ущільнення ґрунту ходовою системою та знижує витрати праці механізатора на одиницю продукції в три-чотири рази [6].

Висновки. Ефективне збирання цукрових буряків залежить від способу транспортування, який вибирається з урахуванням відстані. Основними проблемами є технічний стан обладнання, нестача ресурсів та кваліфікованих кадрів. Вирішенню цих питань сприятиме якісне техобслуговування, модернізація сервісних центрів та підготовка техніки. Очисники коренеплодів відіграють ключову роль у забезпеченні продуктивності, якості збирання та мінімізації втрат. Транспортні системи бурякозбиральних машин постійно

вдосконалюються для підвищення надійності, зниження енергоспоживання та пошкоджень коренеплодів.

Список використаної літератури

1. Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини: підручник Київ: Каварела. 2018. 552с.
2. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання. Підручник. Агроосвіта, 2014. 665 с.
3. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В. Скобло Т.С. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2. Навчальний посібник. Харків, 2018, 491 с
4. Яропуд В. М., Твердохліб І. В., Спірін А. В. Машини та обладнання і їх використання в рослинництві: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 401 с.
5. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навчальний посібник Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.
6. Паладійчук Ю.Б., Мельник Ю.А. Відновлення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин нанесенням зносостійких покриттів. Техніка та енергетика. 2021. № 12 (4). С. 43-52.

Максим КРАВЕЦЬ⁵²,

студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЇ СЕГМЕНТІВ НА РОБОТУ СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВИХ РІЗУЧИХ АПАРАТІВ: ПРОБЛЕМИ ТА МОЖЛИВІ РІШЕННЯ

***Анотація.** Стаття присвячена аналізу надійності сегментно-пальцевих різальних апаратів збиральної техніки, зокрема косильних апаратів комбайнів. Встановлено, що найбільше відмов припадає на компоненти косильної секції, зокрема сегменти, протирізальні пластини та пальці.*

***Ключові слова:** сегментно-пальцеві різучі апарати, надійність техніки, знос різучої кромки, сільськогосподарські комбайни.*

⁵²Науковий керівник – Анісімов В.Ф., д.т.н., професор кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

Annotation. *The article is devoted to the analysis of the reliability of segment-finger cutting devices of harvesting equipment, in particular, mowers of combines. It was established that the largest number of failures occurs in the components of the mowing section, in particular segments, anti-cutting plates and fingers.*

Keywords: *segment-finger cutting devices, reliability of equipment, wear of the cutting edge, agricultural combines.*

Вступ. Важливим аспектом технології скошування зернових і трав є виконання робіт у чітко визначені агротехнічні строки, оскільки біологічна врожайність знижується з кожним днем. Успіх цієї операції багато в чому визначається наявністю в господарстві необхідної кількості косарок та їх технічним станом.

Більшість сільськогосподарської техніки в Україні відпрацювала свій ресурс або є технічно застарілою. При цьому щорічні витрати агровиробників на підтримання техніки в належному стані зростають [1-4].

Дослідження надійності сегментних пальцевих жаток показали, що на технічні відмови припадає 17,4-19,8% простоїв техніки, що становить 32-35% від загального робочого часу. Результати державних випробувань на дослідних станціях показують, що фактичні напрацювання на відмову вітчизняних комбайнів знаходяться в межах 3-70 годин, а коефіцієнти готовності - між 0,85 і 0,97 відповідно. Найчастіше виходять з ладу косильний апарат, механічна трансмісія, гідравлічна система, молотильний апарат, електричні та електронні блоки управління.

З іншого боку, кількісний аналіз відмов косильної секції показав, що найчастіше відмовляли компоненти косильної секції, тобто сегменти, протиризальні пластини та пальці. Відмови протиризальної пластини та пальців в основному пов'язані з деформацією сегментів під дією сторонніх предметів, що потрапили в зону різання [1-4].

Основними несправностями сегментів ріжучого апарату, що призводять до відмов комбайна, є знос ріжучої кромки, деформація та поломка внаслідок раптового руйнування, а також нещільне прилягання до стрічки через погане кріплення.

Виходячи з вищесказаного, дослідження, спрямовані на підвищення надійності сегментно-пальцевих різальних апаратів комбайнів шляхом модернізації конструкції сегментів, є актуальними і представляють практичний інтерес

Виклад основного матеріалу. Важливим завданням в технології збирання є проведення робіт в стиснуті агротехнічні терміни (7-12 днів), так як кожний наступний день веде до збільшення втрат біологічного врожаю. Наприклад, збільшення Тривалості збирання зернових на площі 300 га призводить до втрат від 0,3 до 1,4 т за 1 годину, а при заготівлі кормів до втрат в них протеїну до 20%. Успішне виконання цього завдання багато в чому визначається наявністю в господарстві необхідної кількості збиральних машин і їх технічним станом [1-4].

Рівень забезпеченості сільськогосподарських підприємств України тракторами та основними видами збиральних, так забезпеченість тракторами зменшилася на 36,4% і становить 7 од. на 1 000 га ріллі, однак їх середня потужність зросла на 39,7%, до 90,4 кВт.

Забезпеченість сільськогосподарських підприємств зернозбиральними комбайнами зменшилася на 33,3% Забезпеченість кукурудзозбиральними комбайнами зменшилася на 87,5% і становить лише 1 од. на 1 000 га посівної площі [1,2].

Скорочення кількості техніки пояснюється, головним чином, високою вартістю нової та диспаратетом цін на сільськогосподарську і промислову продукцію. Однак, незважаючи на зменшення числа збиральної техніки, навантаження на неї значно зросли [1-4].

В результаті сформованої тенденції зниження оснащеності сільськогосподарських підприємств технікою і збільшеною на неї навантаження, зростає число відмов машин, що в свою чергу тягне за собою збільшення тривалості та несвоечасність виконання збиральних робіт і призводить до втрат продукції. Наприклад, із загальних втрат зернових до 54% пов'язано з нестачею і низькою технічною готовністю вже наявних зернозбиральних комбайнів [1-4].

Зернозбиральний комбайн являє собою складну технічну систему, що складається з великої кількості деталей, вузлів і механізмів. Кожен вузол і агрегат виконує певні функції в залежності від свого призначення. При цьому одним з основних показників роботи зернозбирального комбайна є його надійність.

Під надійністю технічного засобу розуміється здатність його і його складових частин виконувати задані функції, зберігати в часі значення, параметрів відповідних режимам та умовам їх використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування [6, 7, 8].

Дослідження надійності сегментно-пальцевих ріжучих апаратів [1-4] показали, що із загальних простоїв техніки, що становлять 32 ... 35% від робочого часу, через технічну несправність доводиться 17,4 ... 19,8%. Найбільша кількість відмов припадає на жнивну частину, механічні передачі, гідросистеми, робочі органи молотарки, електричні та електронні засоби контролю.

У свою чергу кількісний аналіз відмов ріжучої частини показав, що найбільше число несправностей припадає на деталі ріжучого апарату, а саме сегментів, протиріжучих пластин і пальців у такому співвідношенні 80%, 13%, 7%. Слід зазначити, що поломки протиріжучих пластин і пальців в основному відбуваються в результаті нальоту на них сегментів, деформованих від попадання в зону різання сторонніх предметів.

Серед основних несправностей сегментів ріжучого апарату, що викликають відмову збиральної техніки, можна виділити знос ріжучої кромки леза, їх деформацію або поломку внаслідок раптових відмов, а також ослаблення його кріплення до смуги через неякісну фіксацію [1, 7].

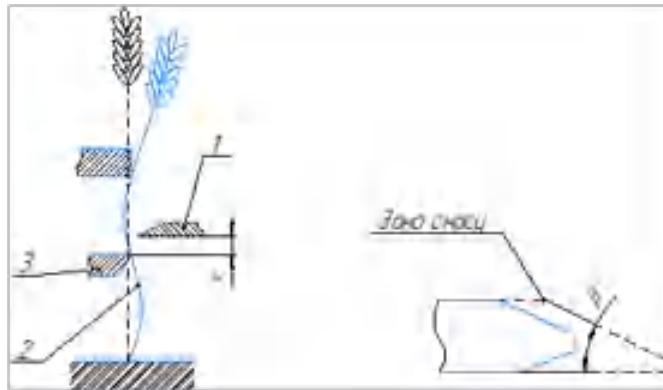


Рис. 1. Схема роботи сегмента ріжучого апарату: а) схема взаємодії леза сегмента зі стеблом рослини: 1 - сегмент; 2 - стебло рослини; 3 - протирізальна пластина; до - зазор в ріжучій парі; б) схема зношування ножа сегмента.

Знос леза сегмента відбувається в основному за рахунок тертя об зрізані стебла рослин (рис. 1). Нижня ріжуча кромка сегмента 1, при прямому і зворотному ході ножа, взаємодіє зі стернею, і так само з крайкою протиріжучої пластини 2. У зв'язку з цим інтенсивність стирання нижньої частини сегмента значно вище, ніж верхньої. В результаті зносу змінюються значення гостроти кромки леза δ і кута заточування леза β , що призводить до зниження працездатності різального апарату.

При експлуатації збиральної техніки на полеглих хлібах, низькому зрізі і нерівних польових ділянках існує ймовірність потрапляння в зону різання сторонніх предметів (каменів, деталей сільськогосподарських машин, фрагментів металевих виробів і ін.). Повернений і відігнутий в вертикальній площині сегмент, при зворотно-поступальному русі, зустрічає елементи пальця, які руйнують його, руйнуючись при цьому самі. Сегменти ламаються і зриваються зі спинок по заклепкам, протиріжучі частини пальця швидко і іноді викришуються по кромці (рис. 2). Всі ці явища призводять до збільшення часу простою комбайна на усунення наслідків відмови. При цьому за минулі роки як вітчизняні так і зарубіжні виробники збиральної техніки не змогли кардинально вирішити проблему запобігання попадання в робочі органи сторонніх предметів, а, отже, і їх захист від аварійних поломок [1-4].



а)

Вигин верхньої частини пальця

Злам верхньої частини пальця



Рис. 2. Наслідки раптової відмови: а) пошкодження сегмента; б-в) пошкодження елементів пальцевого бруса.

Таким чином, аналіз отриманої інформації дозволив визначити, що найбільш «слабкою ланкою» в збиральних машинах є сегмент ріжучого апарату.

В основу класифікації ріжучих апаратів збиральної техніки покладено принцип безопорного і підпільного різання (рис. 3) [2-4].

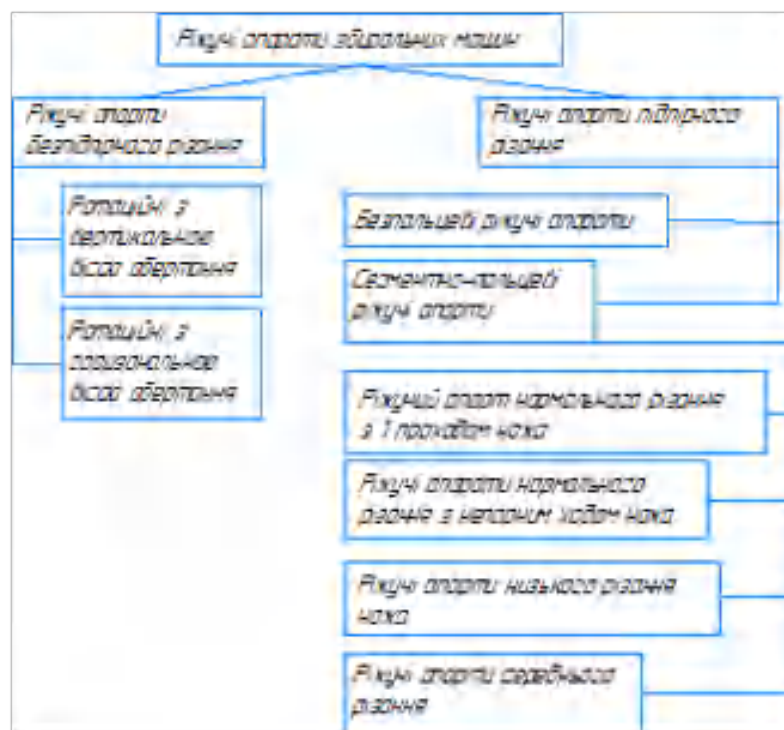


Рис. 3. Класифікація ріжучих апаратів збиральної техніки.

Безопорні ріжучі апарати з вертикальною або горизонтальною віссю обертання складаються з ножів шарнірно з'єднаних з диском або барабаном. У процесі різання такими апаратами, рослина не має підпору з боку елементів машини, його відгин обмежується жорсткістю стебла, силою інерцією і частково підпором від сусідніх стебел [2-4].

Ріжучі апарати підпільного різання (рис. 4) бувають сегментно-пальцеві і без пальцевими.

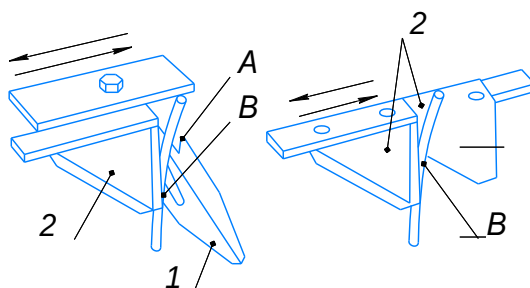


Рис. 4. Типи ріжучих апаратів підпiрного зрізу: А - сегментно-пальцевий; Б - безпальцевий; 1 - палець; 2 – сегменти.

Сегментно-пальцеві ріжучі апарати зрізують рослини при швидкості сегмента 1,5 ... 3,0 м/с. Ріжуча пара в таких апаратах це сегмент і протиріжуча пластина, яка кріпиться на палець або є нижньою його частиною. Сегмент підводить рослину до протиріжучої пластини і, защемляючи її в розчині цих елементів апарату, зрізує. В момент зрізу стебло опирається на протиріжучу пластину (точка Б) і на пероподібний відросток пальця (точка А), тобто на дві опори, що зменшує вигин стебла і тим самим підвищує ймовірність зрізу, особливо тонкостеблових рослин, що мають малу жорсткість.

У безпальцевому апараті ріжуча пара складається з двох сегментів, зрізують рослину з опорою в одній точці В. Такі ріжучі пари менше забиваються при збиранні поплутаних і полеглих рослин, але через відгинання носка сегментів вони мають низьку надійність.

Існують одно- і двоножеві апарати: в першому випадку рухливий один ніж, у другому обидва ножі виконують опозитний рух, завдяки чому підтримується рівновага машини. Переміщення кожного ножа в такому апараті в два рази менше в порівнянні з одноножовим, завдяки чому сила інерції має невелике значення. Однак привід у таких апаратів має складну конструкцію [2].

До основних вимог, що пред'являються до сегментів ріжучого апарату, відносяться висока твердість і достатня в'язкість леза, так як втрата ріжучої здатності леза відбувається не тільки внаслідок його зносу, але і в результаті викришування крайки [2-4].

Під зносостійкість ріжучих інструментів розуміють їх здатність протистояти руйнівній дії частинок, що входять до складу оброблюваного матеріалу або середовища, в якій відбувається технологічний процес різання, а також зберігати в часі свої задані конструктивні параметри. Зносостійкість леза вимірюється часом або обсягом виконаних ним робіт до моменту настання граничного зносу, коли його експлуатація стане неможлива через погіршення технологічних показників (якість обробки поверхні, довжина різання, енергетичні витрати і ін.). Для сегментів ріжучого апарату граничний знос настає при значенні гостроти δ кромки леза 100 ... 110 мкм, що згідно ГОСТ 158-74 відповідає його напрацюванню 3,6 га. На практиці, як показують дослідження, ресурс леза сегмента в 1,5 ... 2 рази нижче [3-5].

Швидкість і товщина матеріалу, шару що ріжеться визначається виходячи з фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. Для якісного зрізу з найменшими енерговитратами швидкість сегмента повинна знаходитися в

межах 3...4 м/с. Встановлено, що для перерізання стебла рослини кут заточування повинен знаходитися в межах 18 ... 23 °, а гострота кромки леза перевищувати 25 ... 27 мкм.

Застосування зносостійких дорогих матеріалів на наш погляд недоцільно, так як тільки лезо в процесі роботи піддається зносу з боку матеріалу, що перерізується. Тому найбільш вигідно застосовувати спеціальні покриття. Однак використання зносостійких покриттів має ряд обмежень, зумовлених вимогами, що пред'являються до сегментів, головне з яких максимальна товщина ріжучої кромки, вона повинна бути не більше 27 мкм.

Розглянемо найбільш поширені способи нанесення тонкого зносостійкого покриття.

Метод хіміко-термічної обробки (ХТМ). Раніше даний спосіб використовувався для нанесення покриттів на твердосплавні пластини при температурі близько 1100 °С. Його перевага - можливість суміщення технологічних процесів виробництва твердосплавних пластин і нанесення покриття в водневих електропечах безперервної дії. Через низьку ефективності (підвищення періоду стійкості інструменту до 2 разів) і обмеженій області застосування (твердосплавні пластини простої форми) метод ХТМ використовується обмежено [7-9].

Метод іонно-плазмового азотування (ПІА). В даний час він отримав велике поширення для зміцнення, як швидкорізучого інструмента, так і штампованого і виготовленого литвом оснащення, а також деталей машин в умовах серійного і масового виробництва. Даний метод дозволяє наситити поверхню виробу азотом (азотом і вуглецем) при температурі 450 - 600 ° С (для титанових виробів - 800 - 950 °С) в азотній плазмі. Таке азотування сприяє значному підвищенню зносостійкості і терміну втому. Оптимізація властивостей зміцнюваних поверхонь забезпечується за рахунок необхідного поєднання нітридного і дифузійного шарів, які «врастають» в основний матеріал.

Методи хімічного осадження покриттів (ХОП). Методи ХОП використовують для нанесення покриттів на основі карбідів, нітридів і карбонітридів титану, а також оксиду алюмінію на багатогранні твердосплавні пластини і суцільні твердосплавні інструменти.

Відмінною особливістю покриттів, отриманих методами ХОП, є формування тендітної перехідної зони між покриттям і основним металом. Наявність цієї зони небажана, так як веде до зниження міцності ріжучого клина. Для зменшення товщини перехідної зони застосовують багатшарові покриття спеціальної конструкції, що мають тонкий нижній шар [3].

Використання хімічно обложених покриттів дозволяє підвищити стійкість твердосплавних пластин в 3 - 10 разів [4-6]. Покриття по технології ХОП є одними з найпоширеніших у промисловості.

Таким чином, методи хімічного осадження, є досить ефективним засобом підвищення працездатності інструменту. Однак вони мають такі недоліки: висока температура протікання процесу (близько 1000 °С), що не дозволяє

застосовувати дані методи для зміцнення інструментів з швидкорізальної сталі; утворення безвуглецевого шару на кордоні основного металу і покриття [4-6].

Методи фізичного осадження покриттів (ФОП). Процеси фізичного осадження покриттів (ФОП) зазвичай включають вакуумне випаровування тугоплавкого металу-утворювача з'єднання покриття, його часткову або повну іонізацію, подачу реакційного газу, хімічні і плазмохімічні реакції, конденсацію покриття на робочих поверхнях інструмента.

Серед методів ФОП найбільшого поширення в нашій країні отримав метод конденсації покриттів з плазмової фази у вакуумі з іонним бомбардуванням поверхні інструменту. Як покриття ФОП найбільш поширені TiN, TiCN і TiAlN, причому для зміцнення осьового інструменту (свердла, кінцеві фрези і ін.) застосовують в основному покриття ФОП.

Завдяки застосуванню покриттів, одержуваних за технологією ФОП, досягається підвищення періоду стійкості ріжучих інструментів в 3 – 10 рази. Дані покриття є найбільш поширеними в інструментальному виробництві, так як використовуються як великими виробниками ріжучих інструментів, а також в інструментальних цехах машинобудівних заводів.

Метод катодного-іонного бомбардування (КІБ) заснований на генерації речовини катодною плямою вакуумної дуги потужнострумовевого низьковольтного розряду, що розвивається виключно в парах матеріалу електрода. Подача в вакуумний простір реагуючих газів (азоту, метану і ін.) в умовах іонного бомбардування призводить до конденсації покриття на поверхні завдяки протіканню плазмохімічних реакцій [5,6].

Всі процеси випаровування, утворення сполук, іонного бомбардування і конденсації покриттів відбуваються у вакуумній камері, металевому корпусу який служить анодом. Катод виготовляють з тугоплавкого матеріалу, що підлягає випаровуванню. Особливість методу полягає в прискоренні іонів речовини шляхом створення негативного заряду (відносно корпусу камери) на ріжучому інструменті. Характерна особливість методу - це висока хімічна активність випаровуваного матеріалу, обумовлена утворенням конденсату при електродуговому випаровуванні матеріалу катода, за рахунок якого конденсат перетворюється в високо іонізуючий потік низькотемпературної плазми.

Магнетронноіонне розпилення (МІР) використовує в якості випаровувача пластини-мішені [6], яка підключена до негативного потенціалу як катод. Під впливом магнітного поля, створюваного постійним магнітом, розташованим за катодом-мішенню, електрони здійснюють рух по циклоїдним траєкторіях у вузькій зоні над мішенню. При цьому ступінь розпилення і щільність іонного потоку збільшується на порядок, в порівнянні з простим доданими розпиленням.

Іонне плакування робочих поверхонь відбувається в результаті випаровування тугоплавкої речовини в вакуумному просторі після його розплавлення електронно-променевою гарматою [6] і подачі реакційного газу в вакуумний простір. Недоліками методу є: низька міцність адгезійного зв'язку покриття та інструментальної основи; низька продуктивність методу,

надзвичайно великі витрати на процес; складність процесу плакування, що вимагає застосування ЕОМ для управління.

Фінішне плазмове зміцнення (ФПЗ) полягає в нанесенні тонких кремнемісних покриттів (до 3 мкм) в плазмовому середовищі і одночасному плазмовому загартуванні поверхнево шару. Основні переваги ФПЗ - можливість зміцнення як швидкорізальних, так і твердосплавних інструментів, а також штампів і деталей машин, що працюють в умовах зносу. При цьому досягається підвищення зносостійкості в 2 - 10 разів залежно від умов застосування.

Таким чином, з розглянутих методів нанесення тонко плівкового зносостійкого покриття, стосовно сегментів ріжучого апарату, найбільш вигідним є використання фінішного плазмового зміцнення. Розмір нанесеного, таким способом, захисного шару не перевищує 3 мкм, що в свою чергу не матиме істотного впливу на величину гостроти кромки леза. Додатково до цього, його досить висока зносостійкість забезпечить підвищення ресурсу леза [8-10].

Висновки: Аналіз надійності сегментно-пальцевих різальних апаратів збиральної техніки показав, що найбільша кількість технічних відмов припадає на елементи косильної секції, зокрема на сегменти, протиризальні пластини та пальці. Основними причинами поломок є знос ріжучої кромки та механічні пошкодження через потрапляння сторонніх предметів. Це негативно впливає на ефективність роботи сільськогосподарської техніки, що, в свою чергу, знижує продуктивність та збільшує витрати на ремонт. Для покращення надійності таких апаратів рекомендується модернізувати конструкцію сегментів, застосовуючи нові матеріали та технології, що підвищать їхню зносостійкість і продовжать термін служби.

Список використаної літератури

1. Зернозбиральний комбайн. веб-сайт. URL: <http://vseslova.com.ua/word/%D0%97%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%38337u> (дата звернення 14.03.2025)
2. Особливості ТО жаток зернозбиральних комбайнів. веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/osoblyvosti-zhatok-zernozbyralnyh-kombayniv> (дата звернення 14.03.2025)
3. Кравчук В. Занько М. *Зернові жатки сучасних комбайнів: конструкційні особливості та експлуатаційні показники. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Вип. 24 № 38. 2019. С. 176-185.*
4. Сегмент ножа жатки комбайна Claas. веб-сайт. URL: https://agrovik.ua/uk/zhatka-mf/2071-segment-nozha-zhatki-kombajna-claas-nasichka-na-vse-tilo-rasspe-.html?ars_id_product=2071&rewrite=segment-nozha-zhatki-kombajna-claas-nasechka-na-vse-telo-rasspe (дата звернення 14.03.2025).
5. Розробка і розрахунок жатки комбайна. веб-сайт. URL: <https://ua-referat.com/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D> (дата звернення 14.03.2025).

6. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: підручник
Київ: Каварела. 2018. 552с.

Владислава НАГОРЯНСЬКА⁵³,
студентка 4-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА СТРІЧКОВИМИ ЗЕРНОМЕТАМИ

***Анотація.** Дана робота присвячена питанням дослідження процесів транспортування зерна стрічковим зернометами. Проведено огляд відомих конструкцій, виконано дослідження кінематики руху зерновки у залежності від конструктивних особливостей зерномета.*

***Ключові слова:** транспортування, зерно, кінематика руху, конструктивні особливості.*

***Annotation.** This work is devoted to the study of grain transportation processes by belt grain throwers. A review of known designs was conducted, and the kinematics of grain movement depending on the design features of the grain thrower were studied.*

***Key words:** transportation, grain, kinematics of movement, design features.*

Вступ. Технологічна схема обробки зерна передбачає приведення зібраної маси у відповідність до нормативно-технічних вимог. Її специфіка залежить від природно-кліматичних умов і стану зерна, зокрема вологості, яка відіграє ключову роль при обробці свіжозібраної зернової маси.

У загальному вигляді процес післязбиральної обробки зерна включає наступні етапи:

1. Приймання зерна на зернотік.
2. Попереднє очищення, що передбачає видалення легких домішок і шкідників.
3. Сушіння (за необхідності) для зниження вологості зерна.
4. Первинне очищення для відділення залишкових домішок.
5. Сорткування або вторинне очищення, що зазвичай застосовується для підготовки насінного матеріалу.

Виклад основного матеріалу. Машини для первинного очищення зерна застосовуються на струмах для видалення з зернової маси, що надходить із бункера комбайна, мертвих домішок, насіння бур'янів і зернових відходів.

⁵³Науковий керівник – Шаргородський С.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Ефективність їх роботи забезпечує очищення з повнотою не менше 60%, що створює базові умови для подальших етапів обробки.

Машини для вторинного очищення зерна призначені для:

- доведення продовольчого зерна до базисних кондицій, необхідних для споживання або продажу;
- підготовки насіннєвого матеріалу до посіву.

У випадках, коли в зерновій суміші присутні особливі домішки, такі як важкі або липкі частинки, що не можуть бути видалені стандартним обладнанням, застосовуються спеціалізовані машини: електромагнітні насінняочисні установки, пневматичні сортувальні пристрої тощо.

Метальні машини стали незамінним інструментом для роботи на зернотоках і відкритих майданчиках. Вони використовуються для:

- переміщення великих обсягів зерна;
- перевантаження зернової маси в обмежений час;
- підвищення ефективності очищення через видалення легких домішок.

Аналіз технологічної схеми післязбиральної обробки зерна (див. рис. 1) підтверджує, що операції завантаження зерна є одними з найбільш поширених і важливих у загальному процесі обробки.

На сучасному етапі розвитку сільського господарства для виконання операцій із завантаження зерна використовуються машини безперервної дії, які мають широкий спектр застосувань. Основні завдання таких машин включають:

1. Формування буртів зерна на майданчиках тимчасового зберігання.
2. Перебуртовка зернової маси з метою зниження вологості та температури усередині буртів, що запобігає самозігріванню та спіканню зернової купи.
3. Відвантаження зерна для транспортування на склади або елеватори.
4. Відвантаження фуражного зерна з майданчиків для подальшої реалізації.
5. Навантаження товарного зерна зі складів для перевезення на елеватори чи інші місця зберігання або переробки.

Машини безперервної дії дозволяють значно підвищити продуктивність робіт і скоротити час виконання навантажувальних операцій, що є важливим у контексті масового збору та обробки врожаю.

На сучасному етапі в господарствах широко використовуються зернометачі типу ЗМ та зернонавантажувачі ЗПС, які формують суцільну купу обробленого зерна. У таких купах фракції (повноцінне зерно, фуражне зерно, полова) залишаються змішаними, що ускладнює їх ефективне розділення без використання додаткового обладнання.

На рис. 1 представлена технологічна схема, яка ілюструє використання стрічкових зерновикідачів для поділу зерна на фракції. Такий підхід базується на фізичних властивостях зернового матеріалу і дозволяє автоматизувати процес розділення без суттєвого збільшення витрат.

Вентиляторні зернометальні машини розроблені для зниження ступеня травмування зерна. Даний тип машин можна умовно розділити на 2 типи: металники з викидною трубою та з приставним трубопроводом.

Машина що представлена на рис. 2 застосовувалася для перелопачування купи, просушки, відділення легких домішок і навантаження зерна в автомобілі. Конструктивно металник складається з вентилятора 4, установленного на рамі 2; завантажувального скребкового елеватора 5 і електродвигуна 3.

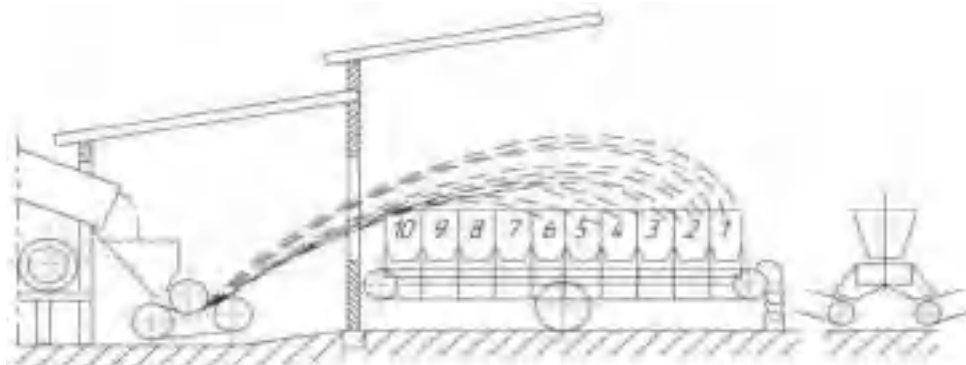


Рис. 1. Принципова схема роботи стрічкового зерновикадача, яка використовується для поділу зернової маси на фракції без застосування спеціалізованих сортувальних машин.

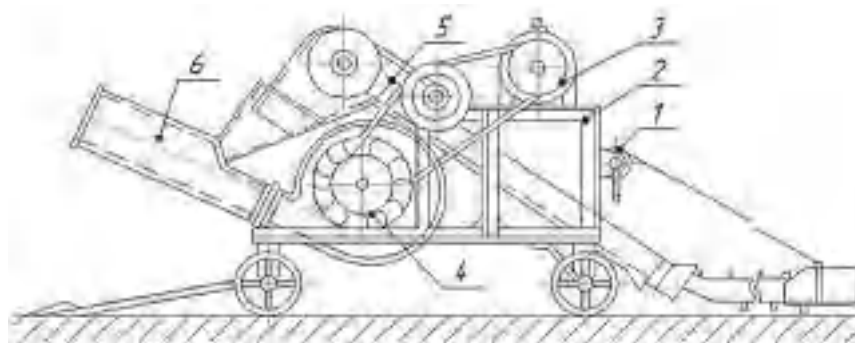


Рис. 2. Вентиляторний зерномет:

1 - механізм керування скребковим транспортером; 2 - рама; 3 - електродвигун; 4 - вентилятор; 5 - елеватор, 6 - вивантажувальний патрубок.

Процес роботи вентиляторного зерномету містить у собі наступні операції: живильник опускають на масив зерна (бурт), яке шкребками подається в ківш. З ковша зерно при впливі створюваного вентилятором розрідження попадає в патрубок 6, з якого викидається під дією повітряного потоку. Для завантаження автотранспорту в комплект поставки машини входить змінний подовжений патрубок.

Лопатевий зерномет - з'явився наприкінці 1940-х років. Він складався з чотирьох основних компонентів: електродвигуна, живильника, елеватора і зерномету. У процесі експлуатації цей пристрій показав себе як ефективний засіб механізації навантажувальних і металних операцій у сільському господарстві.

Через травмування зерна металним робочим органом випуск зернопульту - навантажувача був припинений в 1960 році. Основна маса ушкоджень зерна виникала при проходженні купи між шнеком і кожухом, а також при багаторазовому ударі зерна о крильчатку та розтруб.

Стрічкові зерномети одержали найбільшого поширення в технологічних процесах переробки зерна.

Технологічний процес відбувається в такий спосіб. Зерно з бункера самопливом надходить у порожнину, утворену ввігнутою поверхнею притискного барабана і площиною стрічки. Після проходження сегмента канавки, що безпосередньо контактує зі стрічкою, зерно продовжує рух разом з нею, а після викидається під заздалегідь установленим кутом у борт або склад. Зерномет не одержав достатнього поширення через високі вимоги точності при виготовленні притискного барабана, а так само високого відсотка ушкодження оброблюваного матеріалу при влученні його в проміжок між притискним барабаном 3 і нескінченною стрічкою 4.

Комбінованим стрічковим зернометачем є класичний тример, але замість суцільного притискного барабана на його осі встановлюються радіальні лопатки. По тексту будемо використовувати наступні синоніми: експериментальний робітник орган, зернометач або просто металник.

У конструкції класичного тримера застосовується притискної барабан, який у різних літературних джерелах називають завантажувальним барабаном, натяжним барабаном або натискним барабаном. У нашій роботі цей елемент будемо називати притискним лопатевим барабаном, притискним барабаном або лопатевим барабаном.

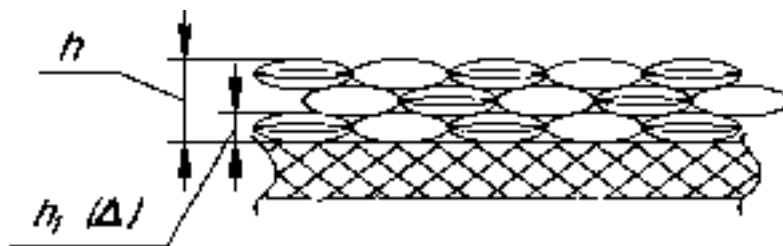


Рис. 3. Схема укладання зернового шару на стрічку:
 h - висота укладання; h_1 - висота 1 шару.

Оброблюваний матеріал (зерно пшениці) будемо називати зерною купою, зерновим матеріалом, сипучим матеріалом, матеріалом або зерном.

Подача зернового матеріалу на нескінченну стрічку здійснюється самопливом з бункера за допомогою спеціального напрямного пристрою прямокутної форми, яке надалі будемо називати живильником, або лотком.

Потік сипучого матеріалу при подачі ухвалює форму вихідного отвору лотка, далі матеріал укладається на нескінченну стрічку у формі прямокутника в кілька шарів зерновок по висоті.

При цьому приймаємо допущення, що висота одного шару h буде дорівнювати товщині одиничної зерновки (Рисунок 3). Радіус зустрічі зернового матеріалу з лопаткою металника - відстань від осі обертання барабана до крапки, у якій зерновка контактує з лопаткою.

Кут викиду матеріалу металником - кут нахилу вектора абсолютної швидкості матеріалу до обрїю на виході з апарата. Практично цей кут дорівнює куту нахилу нескінченної стрічки щодо обрїю.

Застосовувані в цей час у сільськогосподарському виробництві робочі органи металних машин, як відзначалося раніше, мають ряд недоліків. Основним

з них є високий ступінь ушкодження зерна.

Процес роботи комбінованого стрічкового металника можна умовно розділити на три фази: подача матеріалу на стрічку; рух часток в апарату й поле часток у повітряному середовищі.

Подача матеріалу на стрічку тримера характеризується наступними параметрами:

- продуктивністю живильника;
- формою потоку часток;
- швидкостями витікання й вступу часток на стрічку;
- напрямком вектора швидкості часток, що надходять на стрічку.

Продуктивність живильника для дозаторів гравітаційного типу залежить від виду витікання матеріалу з бункера й розмірів дозуючого отвору.

Для створення нормального виду витікання сипучого матеріалу була прийнята симетрична форма бункера відповідно до рекомендацій ведучих учених у цьому напрямку.

Для добре сипучих матеріалів (таких як суха зернова купа) швидкість V_0 витікання матеріалу з отвору [54] визначиться по формулі:

$$V'_0 = \lambda \sqrt{3.2gR}, \quad (1)$$

де:

λ - коефіцієнт витікання;

g - прискорення вільного падіння;

R - гідравлічний радіус отвору.

Для прямокутного отвору зі сторонами a_1 та a_2 гідравлічний радіус витікання рівний [31]:

$$R = \frac{(a_1 - a') \cdot (a_2 - a')}{2 \cdot (a_1 + a_2 - 2a')}, \quad (2)$$

де d - типовий розмір шматків насипного вантажу, для зерна пшениці:

$$a' = a_{\max}, \quad (3)$$

де $a_{\max}$ - максимальна довжина одиничної зерновки, мм.

Тоді об'ємна продуктивність дозатора:

$$Q = V'_0 \cdot a_1 \cdot a_2 = a_1 \cdot a_2 \cdot \lambda \cdot \sqrt{3.2 \cdot g \cdot R}. \quad (4)$$

Для подачі матеріалу на стрічку в необхідне місце доцільно використовувати завантажувальний лоток. При вільному падінні, швидкість частки V_0 у момент вступу на завантажувальний лоток визначимо на підставі теореми про зміну кінетичної енергії. Без обліку сил аеродинамічного опору будемо мати:

$$\frac{1}{2} m (V_0^2 - (V'_0)^2) = mgy, \quad (5)$$

де y - висота падіння.

З рівняння (5) маємо:

$$V_0 = \sqrt{(V_0')^2 + 2gy}. \quad (6)$$

З виразу (6) випливає, що якщо висота падіння у дорівнює нулю, то частки надходять на завантажувальний лоток зі швидкістю витікання.

Диференціальне рівняння руху частки в проекції на вісь x має вигляд:

$$m \frac{dV_x}{dt} = m \cdot V_x \frac{dV_x}{dx} = mg \cdot \sin(\beta) - mg \cdot f \cdot \cos(\beta), \quad (7)$$

де: $mg \cdot f \cdot \cos(\beta) = Nf = F_{mp}$ - сила тертя.

З урахуванням початкових умов ($V_x = V_0 \cos(\alpha)$ при $x=0$) з розв'язку диференціального рівняння (7) визначиться швидкість руху частки по поверхні завантажувального лотка:

$$V_x = \sqrt{\frac{g \cdot (\sin(\beta) - f \cdot \cos(\beta))x + (V_0 \cos(\alpha))^2}{2}}, \quad (8)$$

де g - прискорення вільного падіння; α - кут витікання з бункера; β - кут нахилу лотка; V_0 - швидкість витікання.

У момент сходу частки з поверхні завантажувального лотка (при $x=l_{\text{л}}$)

$$V_x = \sqrt{\frac{g \cdot (\sin(\beta) - f \cdot \cos(\beta))l_{\text{л}} + (V_0 \cos(\alpha))^2}{2}}. \quad (9)$$

З рівняння (9) випливає, що якщо $(\sin(\beta) - f \cos(\beta)) = 0$, тобто якщо $\beta = \arctg(f)$, то швидкість сходу часток з поверхні завантажувального лотка не залежить від його довжини.

Складемо рівняння рівноваги сил, що діють на частку уздовж стрічки (у дотичному напрямку):

$$F_{mp} - G \sin(\varphi) - P_{\text{ін}}^r = 0 \quad (10)$$

або:

$$m \frac{dV}{dt} = fN - mg \cdot \sin(\varphi). \quad (11)$$

Нормальна реакція визначиться з умови рівноваги сил у проекції на нормаль до стрічки:

$$N - mg \cdot \cos(\varphi) - \frac{mV^2}{r} = 0 \quad (12)$$

звідки одержимо:

$$N = mg \cdot \cos(\varphi) + \frac{mV^2}{r} \quad (13)$$

Тоді диференціальне рівняння руху частки уздовж стрічки прийме вид:

$$m \frac{dV}{dt} = f \left(mg \cdot \cos(\varphi) + \frac{mV^2}{r} \right) - mg \cdot \sin(\varphi) \quad (14)$$

Спростимо отриманий вираз:

$$\frac{dV}{dt} = f \cdot \frac{V^2}{r} + g \cdot (f \cdot \cos(\varphi) - \sin(\varphi)) \quad (15)$$

Позначимо S' - шлях, пройдений часткою.

Відомо:

$$\frac{dS}{dt} = V \text{ та } S = r \cdot \varphi, \quad (16)$$

Тоді:

$$dS = r \cdot d\varphi \quad (17)$$

З урахуванням виразів (16) і (17) маємо:

$$dt = \frac{dS}{V} = \frac{r \cdot d\varphi}{V} \quad (18)$$

Підставимо (18) у рівняння (15) і помножимо на z :

$$\frac{VdV}{d\varphi} = f \cdot V^2 + g \cdot r \cdot (f \cdot \cos(\varphi) - \sin(\varphi)) \quad (19)$$

Вираз (19) є рівнянням типу Бернуллі. До лінійної форми приводиться за допомогою підстановки $V^2 = u$

Дійсно:

$$VdV = \frac{du}{2} \quad (20)$$

Звідки:

$$\frac{du}{d\varphi} - 2fu = 2 \cdot g \cdot r \cdot (f \cdot \cos(\varphi) - \sin(\varphi)) \quad (21)$$

Інтегруючи це рівняння:

$$V^2 = u = \frac{2 \cdot g \cdot r}{1 + 4 \cdot f^2} \cdot (3 \cdot f \cdot \sin(\varphi) + (1 - 2f^2)\cos(\varphi) + Ce^{2f\varphi}) \quad (22)$$

де C - довільна постійна, обумовлена з початкових умов при $V = V_0$ і $\varphi = -\alpha$

Тоді:

$$C = e^{2f\varphi} \left(\frac{1 + 4 \cdot f^2}{2 \cdot g \cdot r} V_0^2 + 3 \cdot f \cdot \sin(\alpha_1) - (1 - 2f^2)\cos(\alpha_1) \right) \quad (23)$$

Підставляючи вираз (23) у рівняння (22), припускаючи $\varphi = \alpha_2$ швидкість частки в точці C стрічки металника буде рівна:

$$V_1^2 = \left(V_0^2 + 2gr \left(\frac{(1 - 2f^2)\cos(\alpha_2) + 3f \sin(\alpha_2)}{(1 + 4f^2)e^{2f\alpha}} - \frac{(1 - 2f^2)\cos(\alpha_2) - 3f \sin(\alpha_2)}{1 + 4f^2} \right) \right) e^{2f\alpha} \quad (24)$$

Позначимо:

$$2 \left(\frac{(1 - 2f^2)\cos(\alpha_2) + 3f \sin(\alpha_2)}{(1 + 4f^2)e^{2f\alpha}} - \frac{(1 - 2f^2)\cos(\alpha_2) - 3f \sin(\alpha_2)}{1 + 4f^2} \right) = K \quad (25)$$

З виразу (24) одержимо:

$$V_1^2 = (V_0^2 + Kgr) e^{2f\alpha} \quad (26)$$

Або:

$$V_1 = e^{f\alpha} \sqrt{(V_0^2 + Kgr)} \quad (27)$$

Аналіз залежності дозволяє зробити висновок, що на швидкість руху частки впливають: початкова швидкість вступу частки на стрічку; радіус дисків притискного барабана; коефіцієнт тертя матеріалу про стрічку.

На рис. 4 представлена залежність швидкості руху частки V_1 від початкової швидкості подачі матеріалу на стрічку V_0 для різного радіуса притискного лопатевого барабана r , при $f = 0,39$; $\alpha = 140^\circ$ ($a_1 = 900$, $a_2 = 600$).

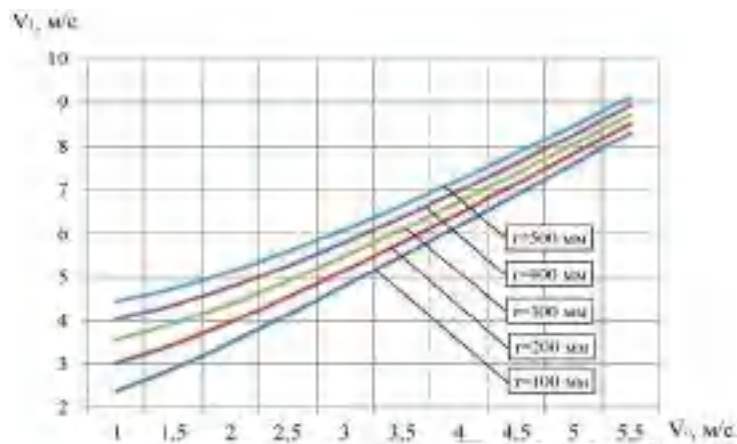


Рис. 4. Залежність швидкості V_1 руху частки від швидкості V_0 подачі матеріалу.

Висновки. Аналіз отриманих залежностей дозволяє зробити висновок про те, що на малих швидкостях (порядку 1-2 м/с) V_0 подачі матеріалу на стрічку радіус притискного лопатевого барабана r впливає на швидкість V_1 , чому при більших швидкостях (порядку 4-5 м/с). При збільшенні r різниця швидкостей V_1 зменшується в інтервалі швидкостей V_0 від 1 до 5 м/с. Тобто при збільшенні габаритів притискного лопатевого барабана швидкість V_1 збільшується більш інтенсивно при незначній швидкості подачі. І тим самим, наприкінці криволінійної ділянки (у крапці 3) різниця швидкостей руху частки й нескінченної стрічки менше.

Список використаної літератури

1. Hwang K.J., Hsieh Y.T., Wang W.T. Cross-Flow Microfiltration of Fine Particles Suspended in Polymeric Aqueous Solution. *Separation science and technology: scientific journal*. 2006. Vol. 41. N 8. P. 1551-1563.
2. Homaeigohar S. The solvent induced interfiber adhesion and its influence on the mechanical and filtration properties of polyethersulfone electrospun nanofibrous microfiltration membranes. *Separation and purification technology: scientific journal*. 2012. Vol. 98. P. 456-463.

3. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering: scientific journal*. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.

4. Іванов М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С. Підвищення експлуатаційної ефективності блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів. *Промислова гідроліка і пневматика*: науковий журнал. 2013. №1(39). С. 91–96.

Андрій НАСОБКОВ⁵⁴,
студент 4-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЗРАХУНОК ОБІГРІВУ ТЕПЛИЦІ ЗАВДЯКИ СОНЯЧНИМ ПАНЕЛЯМ

Анотація. Використання сонячних електричних панелей для забезпечення енергопостачання теплиць є ефективним і економічним рішенням для зниження витрат на електроенергію та зменшення залежності від традиційних енергетичних джерел. Сонячні панелі забезпечують автономність теплиць, знижуючи витрати на освітлення, обігрів, вентиляцію та інші системи, що вимагають великих енергетичних ресурсів.

Ключові слова: теплиця, сонячні панелі, енергоефективність.

Annotation. The use of solar panels for energy supply in greenhouses is an effective and economical solution for reducing electricity costs and decreasing dependence on traditional energy sources. Solar panels provide autonomy to greenhouses, reducing costs for lighting, heating, ventilation, and other systems that require significant energy resources.

Key words: greenhouse, solar panels, energy efficiency.

Вступ. В умовах зростання цін на енергоносії та необхідності зменшення викидів вуглекислого газу, використання сонячних панелей для обігріву теплиць стає все більш актуальним. Сонячна енергія є екологічно чистим, відновлюваним та ефективним джерелом, що дозволяє значно знизити витрати на електроенергію та зробити тепличне господарство більш стійким. З розвитком сучасних технологій та зростанням потреби у сталих джерелах енергії використання сонячних батарей у тепличному господарстві стає дедалі

⁵⁴Науковий керівник — Борецька Т.Ю., асистент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

актуальнішим. Використання сонячних батарей у тепличному господарстві з кожним роком зростає розвиток і перспективи. Розвиток сучасних технологій та зростанням потреб у сталих джерелах ефективно використання сонячних батарей у тепличному господарстві набуває все більшого поширення. Це пояснюється зростаючими витратами на традиційні енергоресурси та заповненням скорочення викидів вуглекислого газу. Користь використання сонячних панелей для теплиці. Використання сонячних панелей у теплиці – це не просто економія на електроенергії, а й екологічно чисте рішення, яке дає ряд значних переваг є енерго незалежність і стабільне електропостачання, автономність – сонячних панель забезпечують теплицю електроенергією навіть у віддалених районах, де відсутня централізована електромережа або є часті перебої.

Стабільна робота в системах: освітлення, обігрів, вентиляція та автоматичний полив працюватимуть незалежно від загальної електромережі. Зменшення витрат на електроенергію. Зниження рахунків за електроенергію – Використання сонячної енергії дозволяє значно скоротити витрати на електропостачання. Окупність системи – Витрати на встановлення сонячних панелей окупаються в середньому за 5-7 років, після чого вони приносять чистий прибуток. Екологічна безпека та збереження довкілля. Безпечність для довкілля – Сонячна енергія є відновлюваним джерелом енергії, що не забруднює повітря та не спричиняє викидів CO₂, як традиційні електростанції. Скорочення викидів парникових газів – Використання сонячних панелей сприяє зменшенню викидів, що спричиняють зміну клімату. Довговічність та низькі витрати на обслуговування. Термін служби понад 25 років – Більшість сонячних панелей мають гарантію до 25 років і можуть ефективно працювати навіть після цього терміну. Мінімальне обслуговування – Після встановлення сонячні панелі потребують лише періодичного очищення від пилу, снігу чи листя. Оптимізація роботи теплиці. Надійне освітлення – Завдяки стабільному електропостачанню можна використовувати LED-освітлення, яке покращує ріст рослин у темний час доби. Оптимальна температура – Обігрів теплиці працюватиме без перебоїв, що критично важливо в холодні місяці. Автоматизація процесів – Сонячна енергія дозволяє підтримувати роботу системи поливу та вентиляції, зменшуючи витрати часу на догляд. Можливість продажу надлишкової енергії. Додатковий дохід – Якщо генерується більше електроенергії, ніж потрібно для теплиці, можна підключити систему до загальної електромережі та продавати надлишки енергії (за умов підключення до "зеленого тарифу").

Виклад основного матеріалу. Встановлення сонячних батарей у теплиці може допомогти подолати низку проблем, пов'язаних із енергоспоживанням, стабільністю роботи систем, витратами та екологічними аспектами. Розглянемо детально кожную проблему та її вирішення. Високі витрати на електроенергію 1. Проблема: Теплиці потребують великої кількості електроенергії для освітлення, вентиляції, поливу, автоматичних систем контролю клімату та обігріву. Постійне зростання тарифів на електроенергію підвищує витрати на утримання теплиці. Відсутність або нестабільність електропостачання 2. Проблема: Віддалені фермерські господарства часто стикаються з нестабільною

подачею електроенергії або повною її відсутністю. Перебої в мережі можуть викликати зупинку важливих систем (полив, вентиляція, обігрів), що негативно впливає на врожай. Проблеми з обігрівом у холодну пору року

3. Проблема: Обігрів теплиці взимку та вночі вимагає багато енергії. Використання газових або дизельних обігрівачів збільшує витрати та є менш екологічним. Перегрів теплиці влітку

4. Проблема: У теплу пору року температура всередині теплиці може перевищувати оптимальні показники, що шкодить рослинам. Для зниження температури необхідно постійно вмикати вентилятори або системи охолодження, що потребує додаткових витрат на електроенергію. Проблеми з автоматизацією теплиці

5. Проблема: Сучасні теплиці часто використовують автоматичні системи керування (полив, освітлення, вентиляція, моніторинг вологості та температури), які залежать від електроенергії. Відключення електроенергії може порушити роботу автоматизованих процесів. Залежність від неекологічних джерел енергії

Проблема: Виробники, які використовують «зелені» технології, можуть отримувати екологічні сертифікати, що підвищує привабливість продукції для покупців. Переваги використання сонячних батарей у теплицях

1. Економія енергії – сонячні панелі можуть втратити витрати на електроенергію, особливо в регіонах з високою сонячною активністю.
2. Екологічність – скорочення використання викопного палива зі зменшенням шкідливих викидів.
3. Автономність – можливість працювати незалежно від централізованих електромереж, що особливо важливо для віддалених аграрних районів.
4. Підвищення рентабельності – інвестиції в сонячні панелі окупаються за рахунок знижених витрат на електроенергію та можливості продажу надлишкової енергії.

Основні напрями розвитку технологій. Прозорі сонячні панелі. Новітні розробки дозволяють інтегрувати прозорі фотогальванічні елементи в покриття теплиць. Це дає можливість виробляти енергію, не зменшуючи доступу світла до рослин. Гібридні системи це - поєднання сонячних батарей із іншими джерелами енергії, такими як вітрові турбіни, або геотермальні системи, підвищує ефективність енергопостачання теплиць. Зберігання енергії це-використання сучасних акумуляторних систем дозволяє накопичувати електроенергію, що важливо для роботи вночі або в похмуру погоду.

Розумні теплиці: Інтеграція сонячних батарей у розумні системи управління теплицями дозволяє автоматично регулювати освітлення, вентиляцію та полив на основі даних сенсорів. У цій статті розглядаються особливості використання сонячних батарей для забезпечення енергією теплиць, їх переваги та виклики впровадження. Переваги використання сонячної енергії у теплицях. Сонячні панелі працюють за принципом фотоелектричного ефекту або теплового поглинання. Основні способи застосування сонячних панелей для обігріву теплиць: Фотовольтаїчні панелі (сонячні батареї) – перетворюють сонячну енергію в електричну за допомогою напівпровідникових матеріалів, таких як кремній. Їхня ефективність залежить від коефіцієнта поглинання світла, який може досягати 20-25% у сучасних моделях. Сонячні колектори – використовують принцип теплопровідності для нагріву теплоносія (вода, повітря або антифриз). Теплова

ефективність може перевищувати 70% при використанні вакуумних трубчастих колекторів.

Використання сонячних батарей у теплицях має низку переваг, серед яких: 1. Економічна ефективність – скорочення витрат на традиційні енергоносії на 40-60%. 2. Екологічна безпечність – зниження викидів CO₂ до 90% порівняно з газовими чи твердопаливними системами. 3. Автономність – можливість використання в умовах відсутності централізованого енергопостачання. 4. Тривалий термін експлуатації – фотовольтаїчні панелі мають середній термін служби 25-30 років. Виклики та шляхи їх подолання. Попри численні переваги, використання сонячних батарей у теплицях має певні труднощі. 1. Висока початкова вартість – встановлення сонячних панелей потребує значних інвестицій. 2. Залежність від погодних умов – ефективність вироблення енергії змінюється в залежності від рівня сонячного освітлення. 3. Необхідність акумулювання енергії – для забезпечення безперебійної роботи у нічний час або похмурі дні потрібні акумулятори. 4. Технічне обслуговування – регулярне очищення панелей від пилу та снігу для підтримки максимальної ефективності.

Перспективи розвитку: 1. Розробці нових матеріалів (перовскітні сонячні елементи, багатошарові фотоелементи з ККД понад 40%). 2. Вдосконаленні акумуляторних систем (твердотільні акумулятори, графенові суперконденсатори). Технології сонячної енергетики постійно вдосконалюються, що сприяє зниженню вартості та підвищенню ефективності сонячних батарей. Використання нових матеріалів, розвиток систем акумулювання енергії та впровадження інтелектуальних систем керування дозволять зробити теплиці, що працюють на сонячній енергії, ще ефективнішими та доступнішими.

Сонячний метод. Природне сонячне опалення підходить для теплих кліматичних зон, де весь рік світить сонце. У регіонах з помірно-континентальним кліматом «сонячний» парник починають використовувати в кінці березня. Суть методу: розсіяні та прямі промені проникають в теплицю через прозору покрівлю та перетворюються в теплову енергію. Скло і полікарбонат практично не пропускають інфрачервоні (теплові) промені - в замкнутому приміщенні виникає ефект парника. Поліетилен не має такої властивості, тому плівкова споруда вночі охолоджується. Обов'язкові умови побудови теплиці з підігрівом від сонця: розташування на добре освітленій ділянці з мінімальним вітровим навантаженням; використання прозорого теплоізоляційного укриття - полікарбонату; утеплення стін або будівництво «теplicі-термоса»; зведення конструкції невеликої висоти. Відмінним накопичувачем тепла є вода. Під неї потрібно підібрати пластикову герметичну ємність чорного кольору. Зазвичай, використовують поліетиленовий рукав. Акумулятор розташовують між грядками і наповнюють водою. Плівка поглинає сонячне тепло, передає його у воду, а вночі поступово повертає повітря.

Зробимо розрахунок для теплиці розміром 50 м*2 м (100 м²) для забезпечення її електроенергії від сонячних батарей.

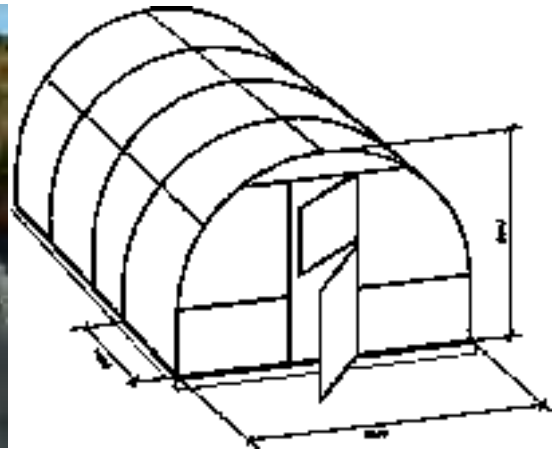


Рис.1. Теплиця розміром 50 м*2 м (100 м²).

1. Визначення споживання електроенергії теплиці.

Основні енергоспоживачі: Освітлення (LED-лампи):

$5 \text{ Вт/м}^2 \times 100 \text{ м}^2 = 500 \text{ Вт}$ (~3-4 години на день $\rightarrow$ 1,5-2 кВт·год/день).

Обігрів (інфрачервоні обігрівачі або підігрів підставу):

$50 \text{ Вт/м}^2 \times 100 \text{ м}^2 = 5 \text{ кВт}$ (працюють у середньому 5 год/день $\rightarrow$ 25 кВт·год/день).

Вентиляція:

$200 \text{ Вт} \times 5 \text{ годин} = 1 \text{ кВт} \cdot \text{год/день}$.

Система автоматичного подачі та контролю:

$100 \text{ Вт} \times 2 \text{ години} = 0,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/день}$.

Загальне споживання:

28-30 кВт·год на день.

Вибір сонячних панелей.

Для забезпечення такої потреби у сонячній енергії використовується формула:

$$N = \frac{E}{G}, \quad (1)$$

де:

N – необхідна кількість сонячних панелей,

E=30 кВт·год/день – добова потреба теплиці в електроенергії,

G=2 кВт·год – середньодобова генерація однієї сонячної панелі 400 Вт.

Розрахунок:

$$N = \frac{30}{15}$$

Тобто, для автономного забезпечення електроенергією потрібно 15 сонячних панелей потужністю 400 Вт кожна.

Орієнтовна площа для монтажу: Кожна панель займає $\approx 2 \text{ м}^2$, отже: $15 \times 2 = 30 \text{ м}^2$

таким чином, для встановлення системи знадобиться близько 30 м² вільної площі.

Орієнтовна вартість сонячних панелей: Якщо вартість однієї панелі становить \$200, то загальна сума складе:

$$15 \times 200 = 3000 \text{ USD}$$

У середньому одна сонячна панель 400 Вт виробляє 1,6-2 кВт·год/день.

Необхідна потужність: $30 \text{ кВт} \cdot \text{год} / 2 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 15$ панелей (по 400 Вт кожної). - Орієнтовна площа для монтажу: $15 \text{ панелей} \times 2 \text{ м}^2 = 30 \text{ м}^2$ Підсумок: Потрібно 15 сонячних панелей по 400 Вт. - Орієнтовна вартість (по \$200 за панель): \$3000. Інвертор Потужність інвертора повинна відповідати споживанню системи. Рекомендований інвертор: 10 кВт (із запасом).

Висновки. Використання сонячних батарей у тепличному господарстві є важливим напрямком розвитку аграрного сектору, оскільки це дозволяє зменшити витрати на електроенергію та зробити виробництво більш екологічним і автономним. Сучасні технології дозволяють значно підвищити ефективність систем, знижуючи енерговитрати на 20-30% і підвищуючи рівень автономності тепличних господарств. Сонячні панелі використовуються для обігріву теплиць, що є ефективним методом забезпечення сталого сільськогосподарського виробництва. Для автономного енергопостачання теплиці з добовим споживанням 28-30 кВт·год необхідно встановити 15 сонячних панелей потужністю 400 Вт кожна. Площа для розміщення панелей складає близько 30 м², а орієнтовна вартість системи становить 3000 USD.

Енергоефективність сонячних панелей залежить від пори року. Навесні, завдяки збільшенню тривалості світлового дня та інтенсивності сонячного випромінювання, генерація електроенергії поступово зростає, досягаючи 70-90% від літньої потужності в березні-квітні і 90-100% у травні. Це дозволяє повністю покривати потреби теплиці в енергії. Влітку виробництво електроенергії досягає свого максимуму, з можливістю генерувати 100-110% номінальної потужності панелей. Система може виробляти 30-37,5 кВт·год на добу, що не лише покриває потреби теплиці, але й дозволяє накопичувати надлишкову енергію або продавати її в мережу за "зеленим" тарифом

В осінній та зимовий періоди виробництво енергії зменшується через скорочення світлового дня та погіршення погодних умов. Восени система генерує 60-80% від літньої потужності, а взимку — лише 30-50%. Це означає, що для стабільного живлення теплиці в ці періоди може знадобитися додаткове джерело енергії, наприклад, акумуляторна система або генератор. Однак, навіть у зимовий період, сонячні панелі можуть працювати як основне джерело енергії з резервним живленням.

Список використаної літератури

1. Контроль клімату Priva: веб-сайт. URL: <https://www.aisgreenworks.com.au/priva-irrigation-fertigation-and-climatecontrol/> (date of access 03.03.2025).
2. Мікроклімат теплиці: веб-сайт. URL: <https://fast-project.ua/projects/smart-house/climate-control-greenhouses.html> (date of access 05.03.2025).
3. Електроклапани для поливання. Інтернет-магазин поливу СпецПоливСервіс. Все для поливу і саду. Купити обладнання для поливу,

монтаж автополиву під ключ. Автоматичний полив Hunter: веб-сайт. URL: <https://polivservice.kiev.ua/ua/a287335-elektromagnitnye-klapany-dlya.html> 58 58 (date of access 10.03.2025).

4. Що таке розумна теплиця і як зробити автоматичне керування своїми руками: веб-сайт. URL: <http://teplicno.ua/obustr/umnaya-teplica.html> (date of access 13.03.2025).

5. Соколов С.В., Соколов О.С., Антоненко С. С. Контроль і вимірювання в технологічних та енергетичних системах: конспект лекцій. Суми: Сумський державний університет. 2020. 242 с

6. DavidKatzin, Eldert J. vanHentenetal. Process-based greenhouseclimatemodels: Genealogy, currentstatus, andfuturedirections. *AgriculturalSystems*: scientific journal. 2022. №198(4).

7. Nikolaos Katsoulas Modelling Crop Transpirationin Greenhouses: Different Models for Different Applications. *Cecilia Stanghellini Agronomy*: scientific journal. 2019. №9(7). 392 p.

8. HowDoIncreasedCarbonDioxideLevelsAffectPlantGrowth?: website. URL: <https://csef.usc.edu › History › Projects › J2321> (date of access 15.03.2025).

9. Липа О.І., Подмазко Н.О., Аль-Сагаф М.А. Аналіз сучасних проблем вологісної обробки повітря в системах комфортного кондиціонування. *Сучасні проблеми холодильної техніки і технології*: збірник наукових праць. Одеса. 2003. с. 51-56.

10. Кулік А.С. Теорія автоматичного управління: конспект лекцій по курсу. Харків, ХАІ. 2014 – 2015.

11. SmartGreenhouseMarket: website. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/smartgreenhouse-market> (date of access 20.03.2025).

Павло НАВАЖАНЮК⁵⁵,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНИХ СЕЛЕКЦІЙНИХ СІВАЛОК

Анотація. У статті запропоновано використовувати самохідну пневматичну міні-сівалку зі змінними механічними висівними апаратами,

⁵⁵Науковий керівник – Луц П.М, Старший викладач кафедри машини та обладнання сільськогосподарського виробництва.

спроектованими і виготовленими за допомогою тривимірного друку. Удосконалено високотехнологічні робочі органи для зернотукового апарату з шнековими та дисково-штифтовими дозаторами, що дозволяють висівати різноманітне насіння.

Ключові слова: міні-сівалка; зернотуковий апарат; висінневний апарат; дозатор.

Annotation. The paper proposes the use of a self-propelled pneumatic mini-sower with interchangeable mechanical sowing devices designed using computer technology and three-dimensional printing. High-tech working bodies for the grain weeder with auger and disk-pin metering devices have been developed, allowing for sowing different seeds.

Key words: mini-seeder; grain-pulling machine; sowing machine; metering device.

Вступ. Основою продовольчої безпеки держави для забезпечення населення якісними продуктами харчування є розвиток аграрного сектору економіки. Серед важливих ресурсних факторів, що визначають ефективність виробництва продукції рослинництва, провідна роль належить новим перспективним сортам сільськогосподарських культур.

Специфікою механізації вирощування сільськогосподарських культур в селекції насіння є невеликі розміри земельних ділянок на всіх етапах селекції та первинного насінництва, вимога високої точності розподілу насіння, важливість та унікальність всього сівби, забезпечення відсутності макро- та мікропошкоджень насіння. Крім того, потрібно використовувати велику кількість різних типів машин, які часто застосовуються лише один раз на кожному етапі селекції. Тому створення машин для механізації добору, випробування та первинного насінництва стає трудомістким. Значне скорочення номенклатури сівалок і розширення набору насіння, яке можна висівати однією сівалкою, можна отримати за рахунок використання універсальної малогабаритної бази, що складається з пневматичної висівної системи із змінними механічними висівними апаратами, адаптованими до умов селекції [1 - 3].

У зв'язку з цим, а також враховуючи невеликі розміри сівалок для невеликих земельних ділянок, використання комп'ютерних технологій, сучасного програмного забезпечення та тривимірного друку дозволить виготовляти високотехнологічні вироби будь-якої геометричної форми, які можуть бути використані як для виготовлення прототипів, так і в якості готової продукції [3].

Виклад основного матеріалу. Проектування зернового дозатора для міні-сівалки. Для оцінки можливості застосування технологій автоматизованого проектування та тривимірного друку було проаналізовано різні типи зернових дозаторів для дозування насіння трав та розроблено класифікаційну таблицю (рис. 1.).

Насіння злакових та бобових кормових трав має широкий діапазон характеристик за розміром, щільністю зерен та парусністю, тому через неможливість дозування насіння одним висівним апаратом до цього часу не реалізовано посів різних трав однією сівалкою. Ці обставини вимагають наявності парку сівалок для різних культур, які можуть бути використані лише кілька годин протягом року, що призводить до значного збільшення виробничих витрат на селекцію.

Враховуючи результати існуючих досліджень [4] та досвід проектування висівних апаратів, для розробки пневматичної міні-сівалки для сівби різних трав селекційного призначення обрано механічні зернотукові висівні апарати з безперервним принципом дозування шнекового та дисково-штифтового типів (рис. 2). Шнековий та дисково-штифтовий висівні апарати дозволяють якісно дозувати сипуче насіння трав у широкому діапазоні розмірів: дрібно- та середньонасінневих.

Представлені удосконаленні моделі висівних апаратів з використанням системи тривимірного моделювання та проектування.

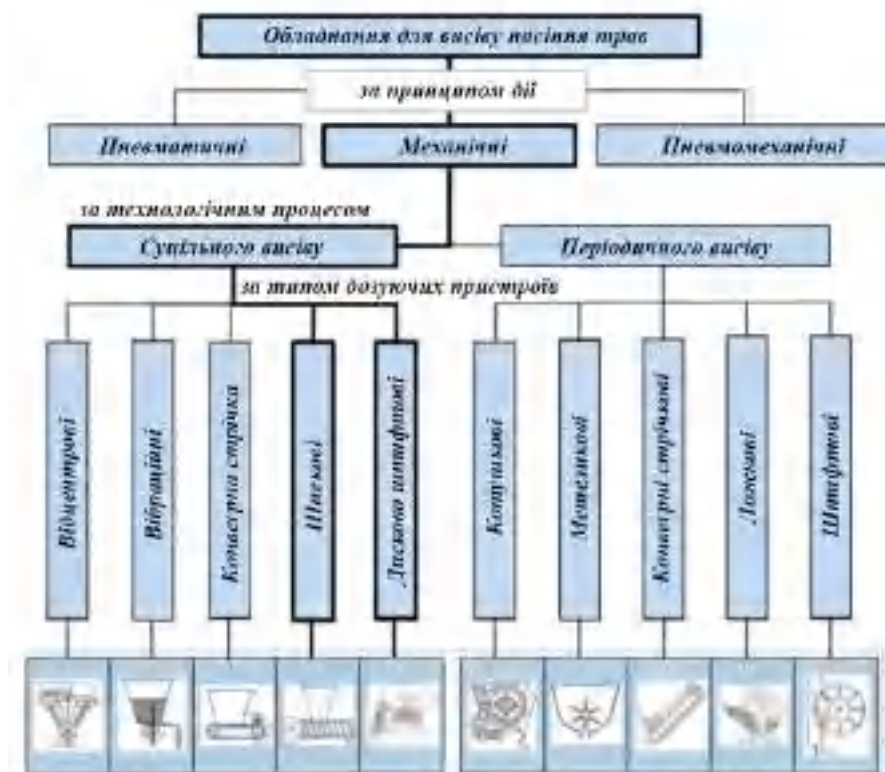


Рис. 1. Класифікація обладнання зернобункерних машин висіву посівних матеріалів насіння трав.

Технологічний процес дисково-штифтового висівного апарату, який використовує активатор потоку, дозволяє виконувати висів несипучих, зв'язних посівних матеріалів, які мають схильність до злежування та злипання (рис. 2, 3.).

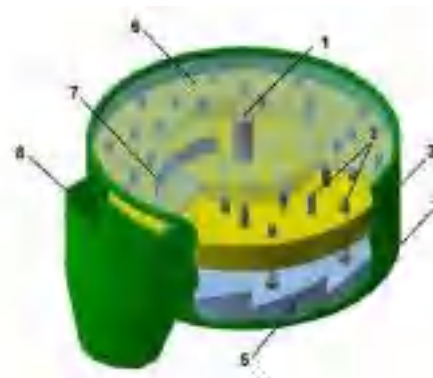


Рис. 2. 3D-модель дисково-штифтової сівалки:

1 - приводний вал; 2 - рухомі пальці; 3 - висівний диск; 4 - корпус; 5 - ступінчастий активатор; 6 - козирок; 7 - скребок виштовхувач; 8 – випускний корпус.

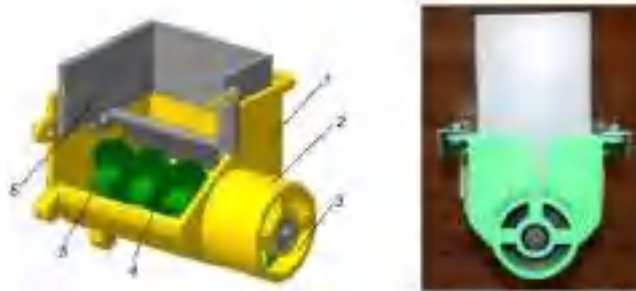


Рис. 3. 3D шнековий живильник зернобура:

а - 3D - модель; б - загальний вигляд: 1 - корпус; 2 - кожух; 3 - розвантажувальне вікно; 4 - шнек дозатора; 5 - засувка; 6 - знімний бункер.

При дослідженні дисково-штифтового та гвинтового висівних апаратів для дозування насіння трав для створення обґрунтованої подачі дисково-штифтового висівного апарату були отримані теоретичні розрахунки його продуктивності.

Розрахункова масова продуктивність зернотукової сівалки для конкретного посівного матеріалу визначається її конструктивними і робочими параметрами, тобто геометричними параметрами підситового простору і швидкістю висіву висівного диска:

$$Q_m = S \cdot v \cdot \gamma, \quad (1)$$

де S – площа вертикального перерізу підситового простору, м^2 , v – швидкість руху насіння висівним диском, м/с , γ – об'ємна маса насіння, кг/м^3 . Значення площі S та об'ємної маси насіння відомі.

Значення середньої швидкості руху насіння в шарі товщиною, що дорівнює робочій висоті пальців, відрізняється від швидкості обертання висівного диска, оскільки процес руху насіння визначається фрикційними властивостями насіння і матеріалом конструктивних елементів зернової сівалки.

Враховуючи це та опускаючи проміжні аргументи, вираз для дозування насіння набуває наступного вигляду:

$$Q_m = v_0 \left[1 - \frac{z}{l_{\text{шт}}} - \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi}{l_{\text{шт}}} z \cdot e^{-\frac{v\pi^2}{l_{\text{шт}}^2} t} \left(1 + e^{-\frac{3v\pi^2}{l_{\text{шт}}^2} t} \cdot \cos \frac{\pi}{l_{\text{шт}}} z \right) \right] \cdot S \cdot \gamma, \quad (2)$$

де v_0 — частота обертання диска, м/с, z — товщина рухомого шару насіння, м, $l_{шт}$ — робоча висота штифтів, м, v — кінематичний коефіцієнт в'язкості, м²/с.

Під час аналітичного дослідження руху насіннєвого матеріалу штифтовим диском було встановлено, що середня швидкість руху насіння в шарі, що транспортується в підщитовий простір у вивантажувальному вікні бункера, нижча за швидкість обертання висівного диска на величину, вказану в квадратних дужках (вираз 2), яка, в свою чергу, залежить від конструктивних параметрів зернового висівного апарату, фізико-механічних властивостей насіння.

На рисунку 4 пунктирною лінією «1» позначені значення подачі насіння мятлика тонколистого, отримані аналітично за виразом (2).

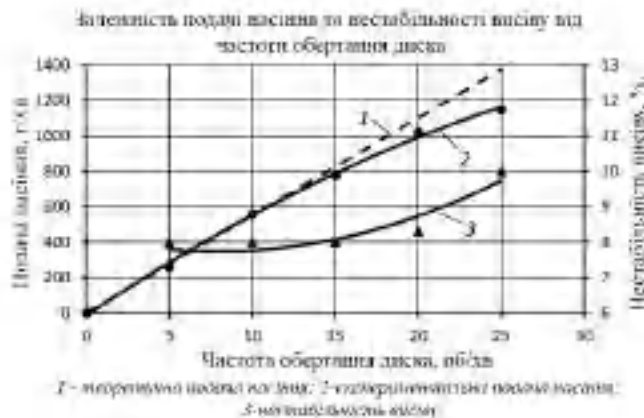


Рис. 4. Залежності висіву насіння та нестабільності висіву від частоти обертання диска.

На основі експериментальних досліджень були отримані результати оцінки впливу частоти обертання ротора на подачу насіння тонконога при робочій довжині пальця 8 мм і висоті кроків привода 8 мм, які представлені у вигляді графічної залежності «2» на рисунку 4.

Завдяки активному впливу рухомих штифтів з частотою обертання валу до 15 об/хв практично виключається прослизання насіння відносно диска, завдяки чому формується лінійна залежність та висока збіжність результатів експериментальних і теоретичних досліджень.

При встановленні на міні-сівалку зернового висівного апарату в польових умовах визначався показник нестабільності висіву тонконога при різних робочих швидкостях в заданому діапазоні частот обертання зернового висівного апарату від 5 до 15 об/хв. Значення нестабільності висіву представлені у вигляді залежності «3» на рисунку 4. Ця величина не перевищує 8%, що відповідає нормам, встановленим агротехнічними вимогами до дозаторів несипучого насіння трав.

Під час сівби розташування заслінок у відкритому стані над шнеком дозатора зернотукового корму під кутом, більшим за кут спокою, забезпечує рух насіння по дну приймальної камери та усуває вплив рівня насіння в бункері на точність дозування насіння шнеком.

Зміна кута нахилу заслінок впливає на процес заповнення корпусу шнека насінням, а отже, на продуктивність шнека та стабільність висіву.

В процесі експериментів значення кутів нахилу заслінок відносно горизонтального рівня нижніх країв бункера дорівнювали 15, 20, 25, 30, 35 і 40 градусів [5]. Частота обертання шнека була встановлена на фіксованому рівні 20 об/хв.

За отриманими результатами було побудовано графічні залежності кутів нахилу заслінок від продуктивності шнека та нестабільності висіву (рис. 5).



Рис. 5. Залежності кутів нахилу засувки від продуктивності гвинта та нестабільності висіву.

Аналіз отриманих залежностей та результати спостережень за роботою шнекового зернобура дозволяють зробити наступні висновки. При малих кутах нахилу заслінок до 15...20 градусів продуктивність шнека була в межах 250...272 г/хв (залежність "1"). Крім того, таке значення обумовлене невеликими зазорами між поздовжніми краями заслінок і стінками корпусу, через що потік насіння на дно корпусу шнека був нестабільним, а при куті нахилу менше 15 градусів майже припинився через засипання насіння. Найвища продуктивність шнека отримана при кутах нахилу заслінок 30...35 градусів, процес переміщення насіння на дно приймальної камери був безперервним, що підтверджується низьким показником нестабільності висіву (залежність "2"). Різниця в насінні у дослідних варіантах не перевищує 2,5...3,5%, що пояснює відсутність впливу рівня насіння в бункері на точність дозування шнеком [6]. При збільшенні кута нахилу заслінки понад 33...35 градусів спостерігається зниження продуктивності шнека, що пояснюється заповнення шнека насінням, внаслідок утворення на дні кожуха об'єму насіння з кутом природного, що відповідає насінню могогару.

Висновки. В результаті проведених досліджень удосконалено високотехнологічні конструкції зернових висівних апаратів з безперервним принципом дозування шнекового та дисково-штифтового типів. Зернобункерні живильники дозволяють висівати сипуче та несипуче насіння при використанні в якості висівних апаратів на пневматичній міні-сівалці для сівби трав у селекційному процесі. Аналіз результатів лабораторних та польових досліджень запропонованих зернотукових висівних апаратів дозволив визначити якісні

показники їх роботи: при частоті обертання диска до 15 об/хв забезпечується лінійна залежність подачі насіння від частоти обертання; в польових дослідженнях нестабільність висіву тонконога не перевищувала 8%. Найвища продуктивність шнека отримана при куті нахилу дросельної засувки 30...35 градусів з показником нестабільності висіву 2,5. 3.5%.

Список використаної літератури.

1. Лижнюк М.Р. Висіваючий апарат селекційної сівалки. *III Міжнародна студентська н.-т. конференція «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання.» (23-24 квітня 2020): збірник тез.* Тернопіль. ТНТУ. 2020. С. 34-35.

2. Дацюк Д.А., Яропуд В.М., Алієв Е.Б. Патент України 149682. Висівний апарат селекційної сівалки дрібнонасінневих культур (Seeding device of the selection seeder of small-seeded crops). Київ: ДП «Український інститут інтелектуальної власності». 2021.

3. Шустик Л., Маринина Л. Сівалки просапних культур: конструктивні особливості. *Головний журнал з питань агробізнесу: журнал.* 2016.

4. Яропуд В.М., Говоруха В.Б., Дацюк Д.А. Експериментальні дослідження дозатора висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінневих культур. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: науковий журнал.* Вінниця. 2023. №3(122). С. 43-49.

5. Пришляк В.М., Ковальчук О.В., Яропуд В.М. Робочі процеси сільськогосподарських машин. Машини для обробітку ґрунту, сівби, догляду за рослинами. *Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва».* Вінниця: ВНАУ. 2017. 76 с.

6. Матухно Н.В., Роговський І.Л., Тітова Л.Л. Синтез механізмів приводу висівних апаратів посівних машин: монографія. Київ: АграрМедіаГруп. 2018. 356 с.

Максим ПАВЛИШИН⁵⁶,

студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

***Анотація.** Поверхневий обробіток ґрунту є важливим елементом агротехнологій, але традиційні методи мають недоліки, такі як*

⁵⁶Науковий керівник – Купчук І.М., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

енергозатратність та ущільнення ґрунту. Дослідження спрямоване на вдосконалення цього процесу, особливо актуальне для Вінницької області.

Ключові слова: удосконалення, технологічний процес, поверхневий обробіток ґрунту, агротехнології, ґрунтообробка.

Annotation. Soil surface cultivation is an important element of agricultural technology, but traditional methods have disadvantages, such as energy consumption and soil compaction. The research is aimed at improving this process, which is especially relevant for the Vinnytsia region.

Key words: improvement, technological process, surface tillage, agricultural technology, soil cultivation.

Вступ. Поверхневий обробіток ґрунту є важливою складовою сучасних агротехнологій, спрямованих на забезпечення сприятливих умов для росту та розвитку рослин. Його основна мета — розпушення верхнього шару ґрунту, знищення бур'янів, збереження вологи та покращення аерації. Однак традиційні методи механічного обробітку мають низку недоліків, зокрема високу енергозатратність, ризик ущільнення ґрунту та втрати органічної речовини. З огляду на це, актуальним є питання вдосконалення технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту, що дозволить підвищити його ефективність та екологічну безпеку [1]. Удосконалення цього процесу спрямоване на підвищення його ефективності, зниження енергетичних витрат та поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту [2].

Особливого значення це набуває для Вінницької області, важливого аграрного регіону країни, де вдосконалення методів поверхневого обробітку може призвести до значних економічних та екологічних переваг. Цей звіт має на меті проаналізувати сучасні технології поверхневого обробітку ґрунту, оцінити їхній вплив на різні аспекти сільського господарства, розглянути стратегії оптимізації та визначити можливості їхнього застосування в Україні, з акцентом на Вінницьку область [3].

Технологічний процес роботи переважної більшості культиваторів характеризується низкою недоліків, серед яких є переущільнення ґрунту колесами трактора та низька ефективність руйнування грудок пластинчастими котками [4], які встановлені на сільськогосподарському знарядді, тому актуальним завданням є удосконалення технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту культиваторами.

Для оцінки ефективності технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту можуть застосовуватись наступні методи:

1. Агрофізичні методи — аналіз механічного складу, щільності та вологості ґрунту;
2. Лабораторні дослідження — вивчення структури ґрунту, вмісту органічної речовини та поживних елементів;
3. Польові експерименти — випробування різних методів обробітку та оцінка їх впливу на врожайність;

4. Математичне моделювання – прогнозування змін у ґрунті залежно від застосованих технологій;

5. ГІС-аналіз – картографування характеристик ґрунту та оцінка просторової неоднорідності параметрів обробітку.

В даному дослідженні, що представлене у вигляді наукової статті використовувались методи аналізу патентної інформації, систематизації та узагальнення. А також методи синтезу технічних систем при розробці схеми компоновання робочих органів агрегату для поверхневого обробітку ґрунту [5, 6].

Виклад основного матеріалу. Одним із ключових напрямів вдосконалення є застосування високопродуктивних машин і механізмів для поверхневого обробітку ґрунту. До сучасних знарядь, що використовуються в сільському господарстві, належать [2]:

Глибкорозпушувачі, які дозволяють зменшити ущільнення ґрунту без порушення його природного горизонту;

Лапові культиватори, що забезпечують ефективне знищення бур'янів та покращують аерацію ґрунту;

Дискові борони, які сприяють подрібненню пожнивних залишків і покращенню структури верхнього шару ґрунту;

Ротаційні борони, що застосовуються для дрібного розпушування та збереження вологи.

Правильний вибір параметрів обробітку є важливим фактором, що впливає на якість обробки ґрунту та енерговитрати. До основних параметрів, що потребують оптимізації, належать:

- глибина обробітку, яка повинна відповідати вимогам вирощуваної культури та типу ґрунту;

- швидкість руху агрегатів, що визначає рівень енергоспоживання та якість розпушування ґрунту;

- тиск робочих органів на ґрунт, який впливає на його ущільнення та формування посівного ложа.

З метою збереження родючості та структури ґрунту необхідно впроваджувати екологічно безпечні технології обробітку, зокрема:

- безплужний обробіток ґрунту, що сприяє зменшенню ерозії та збереженню природного балансу ґрунтової мікрофлори;

- чергування методів обробітку, що дозволяє мінімізувати втрати вологи та покращити стан ґрунту;

- використання сидератів та мульчування, що сприяє підвищенню вмісту органічної речовини та збереженню вологи.

Відповідно до мети дослідження, запропонована удосконалена конструкція пружинного культиватора (рис. 1), в якій використовуються такі елементи робочих органів як: пружина лапа, стрільчаста лапа, зубчаста лапа з борони.

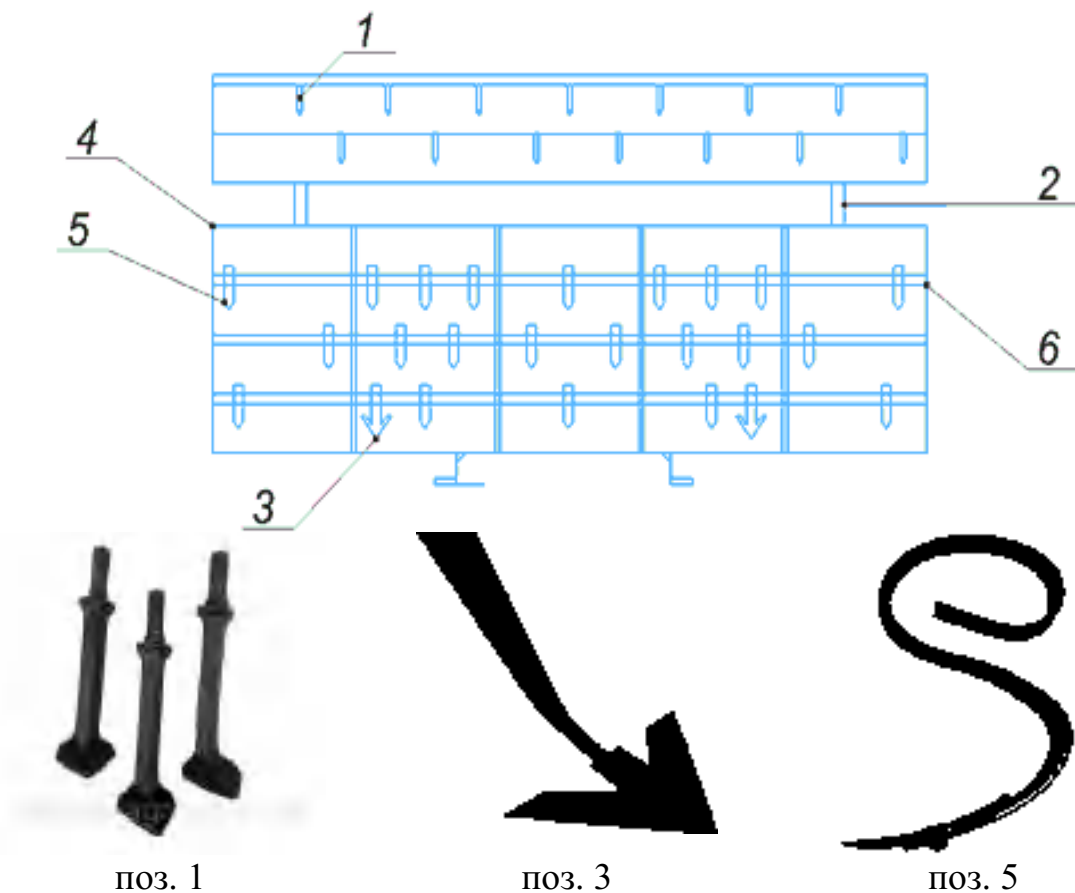


Рис. 1 – Схема компоновання робочих органів удосконаленого пружинного культиватора: 1 – зуб «гусяча лапка» з важкої борони, 2 – кріплення рамки за культиватором, 3 – стрільчаста лапа, 4 – рама культиватора, 5 – пружинна лапа, 6 – перемички культиватора.

Даний культиватор був розроблений у власному домогосподарстві (с. Василівка, Вінницький район, Вінницька область) для господарських цілей (поверхневий обробіток ґрунту). Запропонована конструкція вирішує проблему переущільнення ґрунту рушіями енергетичного засобу з яким агрегатується сільськогосподарське знаряддя за рахунок встановлення стрільчастих лап за задніми колесами трактора, а також підвищення ефективності розпушування ґрунту шляхом компоновання робочих органів типу: стрільчаста лапа, «гусяча лапка» - зуб важкої борони та пружинна лапа в кілька рядів з перекриттям (рис. 1). Крім того удосконалення знаряддя передбачало заміну неефективного пластинчастого котка на спеціально розроблену рамку із зубом типу «гусяча лапка» з борони, що сприяє руйнуванню ґрунтових конгломератів та розпушуванню ґрунту.

Висновки. Запропонована конструкція культиватора має низку переваг, які роблять його хорошим вибором для поверхневого обробітку ґрунту: гнучкість та адаптивність (пружинні лапи можуть підлаштовуватися під нерівності поля, забезпечуючи рівномірну глибину обробітку навіть на складних ділянках), якісне розпушування (завдяки пружинному механізму культиватор добре кришить грудки землі, сприяючи кращій аерації ґрунту), захист від перевантажень

(пружинні стійки поглинають удари від каміння чи інших перешкод у ґрунті, зменшуючи ризик поломок і пошкоджень робочих органів), збереження вологи (обробка таким культиватором допомагає зберегти вологу в ґрунті, що особливо важливо для посушливих регіонів), ефективність боротьби з бур'янами (лапи добре підрізають бур'яни, що допомагає зменшити потребу в гербіцидах), економічність (пружинні культиватори зазвичай мають меншу потребу в тязі трактора, що зменшує витрати пального), простота в обслуговуванні (запропонована конструкція пружинного культиватора досить проста, а витрати на ремонт та заміну деталей невеликі). Такий культиватор особливо добре підходить для передпосівного обробітку ґрунту та міжрядного розпушування.

Список використаної літератури

1. Грушецький С.М., Яропуд В.М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів картоплезбиральної машини. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2021. № 1(100). С. 143-155.
2. Яропуд В.М., Твердохліб І.В., Спірін А.В. Машини та обладнання і їх використання в рослинництві: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2020. 308 с.
3. Мазур В.А., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Купчук І.М. Розробка біоорганічних технологій вирощування зернобобових культур задля відновлення родючості ґрунту: посібник. Вінниця: Нілан-ЛТД. 2024. 224 с.
4. Kovbasa V., Solona O., Deikun V., Kupchuk I. Functions derivation of stresses in the soil and resistance forces to the motion of a plough share for cavity creation. 2021. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*: scientific journal. №83(3). P. 305–318.
5. Гунько І.В., Галушак О.О., Кравець С.М. Аналіз технологічних систем. Обґрунтування інженерних рішень: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2019. 216 с.
6. Купчук І.М., Дацюк Д.А., Когут В.М. Теоретична механіка: методичні рекомендації для виконання практичних робіт. Вінниця: ВНАУ. 2024. 73 с.

Владислав ПЛЯШКО⁵⁷,
студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

***Анотація.** Важливим джерелом енергії та поживних речовин при годівлі великої рогатої худоби є довгостеблові корми, такі як кукурудза та соняшник. Повноцінна годівля дозволяє не тільки підвищити продуктивність сільськогосподарських тварин, але ще одночасно збільшити виробництво і знизити собівартість.*

***Ключові слова:** подрібнювач, вальці, робочий орган, корм, подрібнення.*

***Annotation.** An important source of energy and nutrients in cattle feeding are long-stem forages, such as corn and sunflower. Full-value feeding allows not only to increase the productivity of farm animals, but also at the same time to increase production and reduce costs.*

***Key words:** grinder, rollers, working body, feed, grinding.*

Вступ. Важливим джерелом енергії та поживних речовин при годівлі великої рогатої худоби (ВРХ) є довгостеблові корми, такі як кукурудза та соняшник (на силос або зелений корм для годівлі тварин). При організації годівлі ВРХ приділяється велика увага споживання таких кормів [1].

Для забезпечення повної потреби організму тварини в обмінній енергії високопродуктивні корови повинні з'їдати фізіологічно максимально можливу кількість кормів. Досягнути цього можна при приготуванні повнораційних кормових сумішей, у яких оптимально поєднуються довгостеблові, соковиті, грубі та концентровані корми високої якості, включаючи збалансовані білково-вітамінно-мінеральні добавки та премікси.

У європейських країнах таких як Німеччина, Австрія, Голландія, завдяки такому підходу до якості кормів та годівлі великої рогатої худоби, за рахунок основного корму, фермери здатні отримувати від 5000-5200 кг до 7500-8000 кг молока від корови на рік, з включенням до раціону концентрованих кормів. На жаль, у нашій країні, якість основного корму для ВРХ низька, порівняно з європейськими країнами.

Повноцінна годівля дозволяє не тільки підвищити продуктивність сільськогосподарських тварин, але ще одночасно збільшити виробництво і знизити собівартість. Виходячи з цього раціональною буде годівля

⁵⁷Науковий керівник – Бабин І.А., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

сільськогосподарських тварин із використанням кормів у підготовленому (подрібненому) вигляді.

Приготування кормів (з врахуванням подрібнення, дроблення, плющення тощо) - основне завдання, яке займає до 40% загальних витрат праці на тваринницьких комплексах.

Застосування досить енергоємних існуючих типів подрібнювачів, наприклад, в умовах підприємств МФГ, збільшує собівартість подрібнення кормів.

Тому розробка нових типів подрібнювачів із низькою енергоємністю є актуальним завданням. Один із способів зниження енергоємності - поєднання операцій зрізу та подрібнення рослини (одночасно по всій висоті) вертикальними вальцями з дисками.

Виклад основного матеріалу. Агропромисловий комплекс пред'являє високі вимоги до якості кормів (повноцінної годівлі), які забезпечують хорошу продуктивність тварин та генетичний потенціал. Отримання високоякісного корму виходячи з технології заготівлі, подрібнення корму є одним з основних завдань при досягненні якості корму та можливе при чіткому плануванні всього ланцюжка заготівлі кормів:

- зниження витрат ресурсів (енерговитрати та металомісткості);
- підвищення якості технологічних операцій (дотримання агротехнічних вимог);
- поліпшення споживчих властивостей корму (поживна цінність, коефіцієнт конверсії при згодовуванні);
- використання більш дешевих видів місцевої сировини;
- Забезпечення екологічної чистоти виробництва.

Існують стаціонарні та мобільні подрібнювачі, які застосовують на фермах та комплексах ВРХ. Годівля корів здійснюється за сучасними нормами з врахуванням віку, живої ваги, породи тварин та планованого рівня продуктивності [2].

Зменшення втрат корму відбувається за рахунок збільшення поїдання, перетравності та засвоюваності корму тваринами. Для зростання продуктивності тварин та зменшення вартості однієї кормової одиниці використовується подрібнення – це найбільш доступний спосіб підготовки кормів до згодовування. Подрібнення дозволяє надати кормам фізичні форми, які дозволяли б повністю механізувати процес змішування їх з іншими компонентами та рівномірне роздавання кормосуміші тваринам.

У особистих підсобних господарствах (ОПГ), селянсько-фермерських господарствах (СФГ) та малих формах господарювання (МФГ) на заготівлю кормів з подрібненням власними потужностями, затрачаються значні витрати ресурсів. Це зумовлено відсутністю ресурсозберігаючих засобів для виконання технологічних операцій при подрібненні кормів.

Важливою складовою раціону ВРХ є коренеклубнеплоди [2], а також довгостеблові корми: кукурудза, соняшник і багаторічні трави, з яких виготовляють силос або зелений корм.

Для забезпечення повної потреби організму тварини в обмінній енергії високопродуктивні корови повинні з'їдати фізіологічно максимально можливу кількість кормів [2].

Основні силосні культури кукурудза, соняшник, багаторічні трави та гороховикозлакові суміші. Оптимальні терміни збирання кукурудзи на силос - кінець молочно-воскової стиглості зерна, вико-горохо-вівсяних сумішей фаза воскової стиглості зерна в перших двох нижніх ярусах бобів, соняшнику від початку до 50% цвітіння кошиків, багаторічних злакових трав фаза колосіння.

Для свиней і птиці силос краще готувати комбінований, до складу якого обов'язково повинні бути включені коренебудьбоплоди. Термін закладки одного сховища не повинен перевищувати чотирьох днів. Після заповнення траншеї та її утрамбовування масу швидко вкривають поліетиленовою плівкою та шаром землі або торфу товщиною 10 см.

Обов'язковим процесом у силосуванні кукурудзи є молочнокисле бродіння [3]. При цьому легкоферментативні вуглеці зброджуються молочнокислими бактеріями, а синтезована ними молочна кислота є консервантом силосної маси при незначних втратах поживних речовин. Ці бактерії зберігають свою високу активність у анаеробних умовах.

З аналізу фізико-механічних властивостей довгостеблових кормів як об'єкта подрібнення можна зробити висновок, що фізико-механічні властивості вивчені повною мірою і не вимагають додаткових досліджень. При цьому встановлено, що найбільше зусилля на зріз стебла прикладається до нижньої частини рослини (на висоті зрізу 100 мм від рівня ґрунту), а найменші коефіцієнти тертя руху для листостеблової маси досягаються на сталевих матеріалах.

Подрібнення кормів відіграє важливу роль у засвоєнні поживних речовин організмом тварини. Метою подрібнення є зменшення витрат енергії тварин на розжовування кормів. Найбільший ефект досягається при згодовуванні їх у вигляді сумішей, які одержують шляхом змішування подрібнених кормів [3].

Подрібнення довгостеблових кормів є обов'язковим технологічним процесом, що передуює згодовуванню кормів для великої рогатої худоби. При цьому розміри подрібнених частинок повинні знаходитися в певних межах, а самі стебла розщеплені вздовж волокон.

До подрібнення кормів та технології їх підготовки до згодовування висуваються такі зоотехнічні вимоги: крупність частинок корму для великої рогатої худоби - не вище 3 мм, при годівлі вологими мішанками та 2...3 мм - при сухій годівлі. У всіх випадках небажаною є наявність у кормі пилоподібних частинок. Вони погано змочуються шлунковим соком і утворюють важкоперетравні грудочки. Не допускається також наявність шкідливих домішок та металевих частинок [4].

Корми, одержані лише різанням, не повною мірою відповідають зоотехнічним вимогам. Тому в сучасних подрібнювачах різання становить лише

частину технологічного процесу, ударний вплив робочих органів на матеріал також має важливе значення.

Аналіз класифікацій та існуючих технічних засобів для подрібнення кормів дозволив узагальнити матеріал та виділити такі основні класифікаційні ознаки: конструкцію; спосіб подачі матеріалу; конструктивне виконання робочої камери; тип робочого органу; спосіб відведення матеріалу (рисунок 1).

На основі даної класифікації нами запропоновано конструктивну схему подрібнювача довгостеблових кормів, що відноситься до напіввідкритих подрібнювачів з вертикальними вальцями, виконаними з дисків з виступами, а відведення подрібненого матеріалу здійснюється транспортером (кольором виділено положення запропонованого подрібнювача, що розробляється).



Рис. 1. Блок-схема, класифікація подрібнювачів довгостеблових кормів.

На ринку представлений широкий ряд кормозбиральних комбайнів, що серійно випускаються, і різних подрібнювачів кормів [5].

Використання самохідних силосозбиральних комбайнів підвищує вартість кормів, внаслідок великих витрат енергії (потужності) та вартості обслуговування комбайна. Комбайн має робочі органи для зрізання, транспортування та подрібнення довгостеблових кормів (рисунок 2). Використання причіпних/навісних косарок-подрібнювачів є доцільнішим для малих ФГ. Роторні косарки подрібнювачі або багатофункціональні причіпні кормозбиральні комбайни призначені для скошування, подрібнення та навантаження в транспортні засоби багаторічних сіяних і природних трав, соняшнику та інших силосних культур для годівлі тварин зеленими кормами у весняно-літньо-осінній період або для прибирання рослин на силос.



Рис. 2. Загальний вигляд комбайн CLAAS JAGUAR 830.

Одними з основних варіантів конструкцій подрібнювачів для довгостеблових кормів є конструкції стаціонарних подрібнювачів або мобільних подрібнювачів-роздавачів кормів [5].

Однак в конструкціях існуючих машин передбачено подачу, заздалегідь зрізаного матеріалу до робочих органів, і вони не можуть бути використані для подрібнення довгостеблових кормів безпосередньо в полі [5].

Для подрібнення кормів, безпосередньо в полі, розроблені силосо-збиральні комбайни та косарки подрібнювачі, які здатні виконувати зрізання та подрібнення рослин в єдиному процесі.

В даний час вченими ведеться велика кількість досліджень виконання технологічного процесу подрібнення довгостеблових кормів, які є основою для вдосконалення та розробки нових конструкцій машин. Слід зазначити, що теоретичні передумови та експериментальні дослідження не однозначні.

Процес роботи подрібнювача довгостеблових кормів складається з: подачі подрібнюваного матеріалу, що здійснюється рухом агрегату по полю; зрізу з одночасним подрібненням, що виконуються вертикальним двовальцевим робочим органом, причому вальці складаються з дисків з виступами; розвантаження подрібненого матеріалу (рисунок 3).



Рис. 3. Блоксхема робочого процесу подрібнювача.

Так як диски, встановлені на валах з проміжними кільцями і утворюють вальці, вони є основною частиною робочого органу, розглянемо геометричні параметри суміжної пари дисків вальців на валах подрібнювача (рисунок 4).

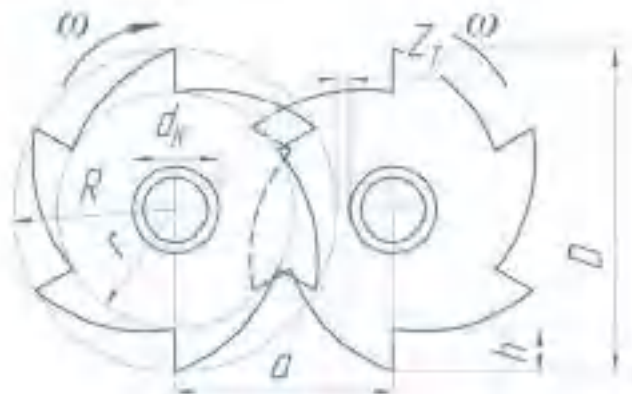


Рис. 4. Схема пари суміжних дисків із виступами, які розташовані на вертикальних валах.

Міжосьову відстань між вальцями визначили за формулою:

$$a = R + \frac{d_k}{2} + Z_T, \quad (1)$$

де: R – радіус диска по краях виступів, мм;

d_k – діаметр проміжного кільця, мм;

Z_T – технологічний зазор між краєм виступу суміжного диска та проміжним кільцем сусіднього вальця, мм.

Величина технологічного зазору Z_T можна також визначити з виразу (1).

Висота виступу h визначається як різниця радіусу диска по краях виступів R та радіуса диска по западинах виступів r .

Згідно з прийнятою кількістю частин, на яку диском ділиться стебло (3 частини), можна обґрунтувати крок гвинтової спіралі вальця.

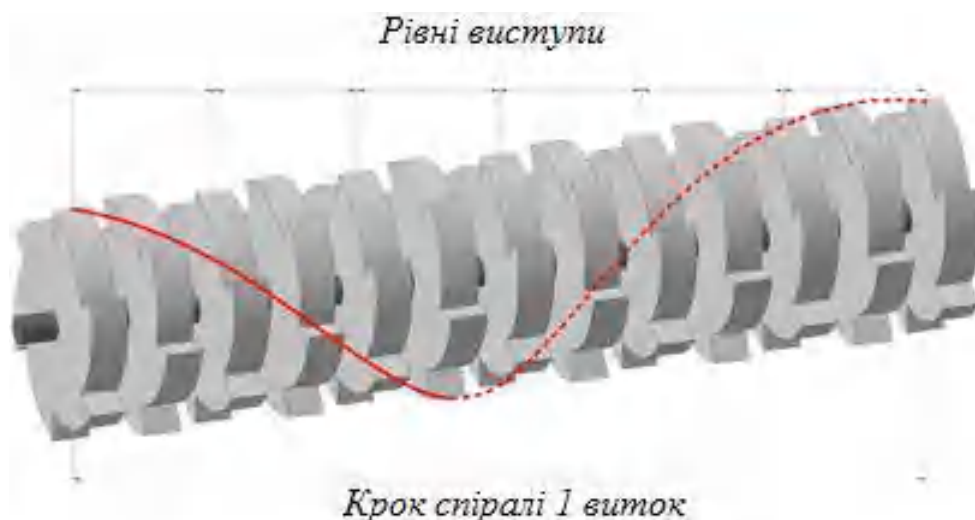


Рис. 5. Модель вальця з кроком гвинтової спіралі (1 виток).

Для запобігання вислизанню рослини, необхідно підібрати крок гвинтової спіралі таким чином, щоб виступ наступного диска включався в роботу в момент коли попередній виступ закінчує роботу. При цьому досягається мінімальний крок гвинтової спіралі (диски встановлено з проворотом відносно попереднього на найбільший кут):

- коли виступ першого диска здійснив перший прохід стеблом, необхідно щоб виступ другого диска підійшов до стебла (для запобігання перелому стебла);
- коли виступ другого диска здійснив перший прохід стеблом, необхідно щоб виступ третього диска підійшов до стебла;
- коли виступ третього диска здійснив перший прохід стеблом, необхідно щоб наступний виступ першого диска підійшов до стебла.

Якщо встановити диски з меншим кутом провороту, крок гвинтової спіралі збільшиться, а робота виступів наступних дисків буде починатися до закінчення попередніх.

Крок гвинтової спіралі впливає наступні показники:

- кількість виступів вступників одночасно;
- кількість виступів, що здійснюють подрібнення.

При зменшенні кроку гвинтової спіралі виникає більша кількість виступів, встановлених паралельно і вступають у роботу одночасно, за умови стебел, що вертикально стоять. Таке розташування виступів призводить до збільшення зусилля, необхідного для початку подрібнення стебла.

При збільшенні кроку гвинтової спіралі кількість виступів, встановлених паралельно і вступають у роботу одночасно, знижується. Але при цьому виникає більше виступів, що беруть участь безпосередньо в подрібненні. При збільшенні кроку гвинтової спіралі навантаження розподіляється більш рівномірно протягом усього процесу подрібнення, а зтягуюча здатність, збільшується за рахунок більшої кількості виступів у роботі.

Виходячи з проведених теоретичних досліджень та розроблених методик, запропоновано конструктивно-технологічну схему подрібнювача довгостеблових кормів.

Подрібнювач довгостільних кормів містить раму 1 з нижньою балкою 2 і верхньою балкою 3, в які встановлюються пари вертикальних вальців 4. Пари вальців 4 обмежені боковинами 5 із зовнішніх сторін і перегородками 6 між собою. Боковини 5 і перегородки 6 мають очищувачі 7 для кожного з вальців 4. Рама 1 також має кріплення 11 механізму навішування 12 на транспортний засіб 13 (рисунок 6).

Валець складається з валу 14, на якому розташовуються диски 15, проміжні кільця 16 і додаткові проміжні кільця 17 рівні між собою по висоті. Диски мають виступи 18 з криволінійними участками 19, виконаними по спіралі Архімеда, прямолінійними ділянками 20 посадкові отвори 21. Диски 15 на валах 14 розділені проміжними кільцями 16, а кожен наступний диск 15 на валах 14 встановлений з поворотом на певний кут відносно попереднього. У парах вальців 4 кожному диску 15 одного з вальців 4 відповідає проміжне кільце 16 суміжного

вальця 4, таким чином, що диски 15 сусіднього вальця 4 входять у зазор між дисками 15 суміжного вальця 4 (рисунок 6).

Додаткові проміжні кільця 17 розташовані парами на суміжних вальцях 4, виконані у вигляді храпової обгінної муфти. Навантажувач 31 з вивантажним рукавом 32 встановлений за екраном 9 і з'єднаний з отвором 10.

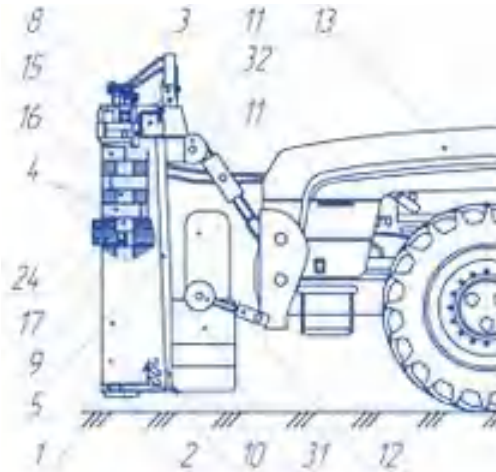


Рис 6. Конструктивно-технологічна схема подрібнювача довгостеблових кормів:

- 1 – рама; 2 – нижня балка; 3 – верхня балка; 4 – вальці; 5 – боковини; 8 – електродвигуни; 9 – екран; 10 - вивантажувальний отвір; 11 - кріплення; 12 - механізм навішування; 13 – транспортний засіб; 15-диски; 16 - проміжні кільця; 17 - дод. проміжні кільця; 24 - штирі; 31 - навантажувач; 32 - вивантажувальний рукав.

Висновки. В результаті досліджень машин та обладнання для подрібнення довгостеблових кормів визначено перспективний напрямок, який передбачає використання як робочого органу вертикальних вальців з дисками, що дозволить відмовитися від подачі рослин торцевою частиною до робочого органу.

Визначено шляхи вдосконалення технічних засобів подрібнення довгостеблових кормів, в основу яких покладено двовальцевий подрібнювальний апарат.

На підставі проведеного аналізу конструкцій технічних засобів для зрізу та подрібнення кормів, розроблено конструктивно-технологічну схему подрібнювача довгостеблових кормів

Поєднання операцій зрізу з одночасним подрібненням по всій довжині дозволить підвищити продуктивність і знизити енергоємність всього процесу подрібнення кормів, що включає: зріз, подачу та подрібнення.

Список використаної літератури

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: навчальний посібник. Київ: Каравела. 2015. 552 с.
2. Кошук О.Б. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини: навч. посіб. Київ: ІПТО НАПН України. 2015. 291 с.

3. Калетнік Г.М., Дармограй О.В. Розвиток ринку сільськогосподарської продукції та формування продовольчої безпеки: монографія. Вінниця: К. ТОВ "Меркьюрі-Поділля". 2016. 268 с.

4. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Мазур В.А., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві: підручник. Вінниця. 2017. 602 с.

5. Калетнік Г.М. та інші Енергоощадні технології кормів – основа конкурентоздатності тваринництва: монографія. Вінниця: Теза. 2006. 340 с.

Віталій РОЄЦЬКИЙ⁵⁸,

студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ В УМОВАХ СУЧАСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

***Анотація.** Комбіновані ґрунтообробні агрегати відіграють важливу роль у сучасному сільськогосподарському виробництві, забезпечуючи ефективне виконання декількох операцій за один прохід. Модернізація та вдосконалення таких агрегатів спрямовані на підвищення їх продуктивності, зниження енерговитрат, покращення якості обробки ґрунту та зменшення екологічного навантаження.*

***Ключові слова:** модернізація, точне землеробство, енергоефективність, автоматизація.*

***Annotation.** Combined tillage units play an important role in modern agricultural production, ensuring the effective performance of several operations in one pass. Modernization and improvement of such units are aimed at increasing their productivity, reducing energy consumption, improving the quality of soil cultivation and reducing the environmental load.*

***Key words:** modernization, precision farming, energy efficiency, automation.*

Вступ. Комбіновані ґрунтообробні агрегати є одними з найважливіших елементів сільськогосподарської техніки, оскільки вони виконують кілька операцій за один прохід, що значно підвищує ефективність обробки ґрунту. В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва, де кожна одиниця техніки повинна забезпечувати високі показники продуктивності при мінімальних витратах енергії та часу, комбіновані агрегати відіграють важливу

⁵⁸Науковий керівник – Бабин І.А., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва

роль у забезпеченні сталого розвитку аграрного сектору. Зі збільшенням вимог до інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, підвищенням екологічних стандартів та необхідністю збереження природних ресурсів, важливим стає питання модернізації ґрунтообробних агрегатів. Модернізація не лише дозволяє підвищити продуктивність і ефективність роботи техніки, але й знижує витрати на експлуатацію, зменшує негативний вплив на навколишнє середовище та сприяє кращому збереженню структури ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Комбіновані ґрунтообробні агрегати використовуються для виконання різних операцій, таких як оранка, культивування, посів, заробка пожнивних залишків тощо, що дозволяє значно зменшити кількість проходів техніки по полю та підвищити ефективність використання робочого часу і ресурсів. Ідея комбінування різних операцій в одному агрегаті полягає в тому, щоб зменшити витрати на паливо та технічне обслуговування, а також підвищити продуктивність сільськогосподарських робіт. Використання таких агрегатів дозволяє більш раціонально використовувати земельні ресурси, скорочуючи час, необхідний для виконання кількох операцій, і забезпечуючи більш якісний обробіток ґрунту. Комбіновані ґрунтообробні агрегати – це технічні комплекси, що об'єднують різні механізми, призначені для виконання кількох сільськогосподарських операцій одночасно або в одному циклі роботи.

Вперше над ідеєю створення комбінованих агрегатів, здатних за один прохід трактора виконати кілька технологічних операцій, серйозно замислились у США у 30-х роках минулого століття.

Необхідність створення комбінованих машин була викликана серією катастрофічних пилових бур у регіоні Великих рівнин, спричинених ущільненням ґрунту. В даний час у більшості розвинених країн світу обробіток полів проводиться в основному комбінованими машинами та пристроями [1].

На даний момент землероби прагнуть поєднати виконання кількох технологічних операцій в одному агрегаті та можливість зберегти високий рівень якості виконання операцій з обробітку ґрунту [1].

При цьому особливу увагу приділяють не лише технічним проблемам, але й застосуванню такої техніки в різних ґрунтово-кліматичних зонах, оскільки комбіновані пристрої повинні не лише копіювати та поєднувати певні операції, а й виводити весь технологічний процес на якісно новий рівень.

Мета комбінованого обробітку ґрунту - розпушування ґрунту на необхідну глибину, знищення бур'янів, подрібнення брил і грудок, і навіть коткування ґрунту, щоб забезпечити створення сприятливих умов отримання рівномірних дружніх сходів й у результаті високого врожаю.

Система основного та передпосівного обробітку ґрунту, як правило, передбачає до 10-12 проходів різних агрегатів по полю, які неминуче його ущільнюють.

Комбіновані агрегати дозволяють:

– мінімізувати ущільнення та розпилення ґрунту, скоротивши кількість проходів агрегатів, задіяних у обробітку поля;

- знизити витрати палива та затрати праці на одиницю виконаних робіт з обробітку ґрунту, підвищивши тим самим енергоефективність та продуктивність роботи агропромислових підприємств (енергоємність знижується на 20-30%);

- скоротити терміни проведення польових робіт з одночасним підвищенням їх якості;

- уповільнити негативні процеси формування на полях ям та заглиблень на межі проходів при обробітку ґрунту;

- комбіновані машини та агрегати повинні комплектуватись робочими органами для здійснення тих операцій, суміщення яких можливе у часі, не порушуючи якості та строків виконання операцій.

Крім переваг, існують і ряд недоліків застосування комбінованих агрегатів, такі як:

- висока вартість таких пристроїв;

- комбіновані агрегати мають велику вагу і створюють більший тяговий опір руху через одночасне занурення в ґрунт кількох робочих органів.

Встановлено, що техніка за три проходи ущільнює зораний ґрунт до початкового стану. Дослідження також показали, що збільшення кількості операцій з обробітку ґрунту призводить до погіршення його структури, висушування кореневого шару, розвитку ґрунтової ерозії, що спричиняє зниження врожайності сільськогосподарських культур [2].

За характером виконуваного технологічного процесу комбіновані агрегати поділяються на пристрої для обробітку ґрунту та посіву, для пошарового розпушування ґрунту та посіву, та для широкого спектру застосування (розпушування ґрунту, посів, коткування, боронування).

До перших двох груп відносять агрегати статичного та динамічного впливу, до третьої – комбінованого впливу [3].

Основні техніко-економічні вимоги, що пред'являються до комбінованих машин і агрегатів, з урахуванням сучасних уявлень виглядають наступним чином:

- енергоємність технологічного процесу, що виконується комбінованим агрегатом, повинна бути нижчою за сумарну енергоємність. якості обробітку;

- комбіновані агрегати та знаряддя повинні мати можливість максимальної адаптації до конкретних ґрунтово-кліматичних умов;

- вартість робіт, що виконуються комбінованими агрегатами, повинні бути нижчими або на рівні вартості робіт, що виконуються комплексом одноопераційних машин;

- використання комбінованих агрегатів має забезпечувати одержання гарантованого врожаю в будь-яких умовах, характерних для зони застосування.

Комбіновані засоби бувають трьох типів:

- агрегати, до складу яких входить кілька послідовно з'єднаних одноопераційних машин або знарядь (культиватор з боронами, плуг з котками та інше);

- агрегати з кількома одноопераційними робочими органами, які запозичені у простих знарядь і змонтовані послідовно на одній спільній рамі (АКП-2,5; КПШ-8; ВІП-5,6; РВК-3,6)
- машини з багатоопераційними (комбінованими) робочими органами (ротаційні плуги, фрези, голчасті та конічні борони);
- комплексні агрегати (блочно-модульні агрегати) – агрегати для виконання повністю завершеного технологічного циклу (АБМ-5, КФГ-3,6; КА-3,6 та інші) [4].

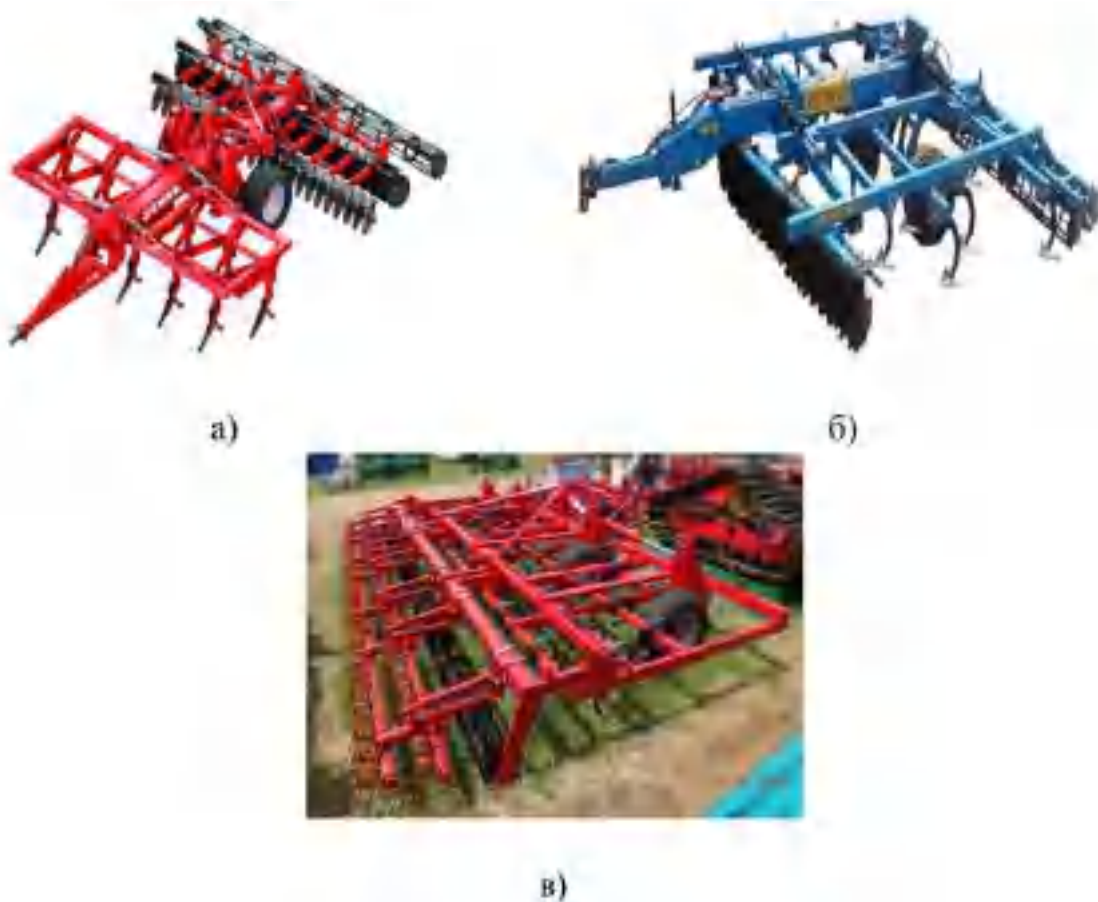


Рис. 1. Зовнішній вигляд комбінованих ґрунтообробних агрегатів:
а - послідовне з'єднання простих машин; б - агрегат з робочими органами на загальній рамі; в – блоково – модульний агрегат.

Склад комбінованих агрегатів залежить від ґрунтово-кліматичної зони, попередника, стану ґрунту, оброблюваних культур та погодних умов.

Розробка агрегатів даної категорії відбувається переважно за такими напрямками: послідовне з'єднання простих машин (засобів) та розробка машин з робочими органами для обробітку ґрунту або посіву насіння на загальній рамі (рис.1.) [4].

У першому варіанті комбінований агрегат складається з серійних машин або знарядь у послідовності, що відповідає технологічному процесу, при цьому знаряддя, що входить до складу агрегату, може застосовуватися самотійно.

Істотний недолік даних пристроїв – їхня значна довжина (до 20 м). Розворотна смуга у разі досягає 60 метрів і більше.

Доцільність та можливість об'єднання кількох операцій в одному агрегаті визначаються їхньою агротехнічною сумісністю та технічною необхідністю здійснення більш складного робочого процесу за один прохід машини.

Інтерес представляють також ґрунтообробні агрегати таких зарубіжних фірм як Strom Swifter та Atlas XXL [5].

Компактори Strom (рис.2 а, б) призначені для передпосівного обробітку ґрунту та формування оптимального передпосівного ложа на глибині 2...10 см.

Модульна конструкція дозволяє виконувати переобладнання агрегату весною з встановленням секції з 5-ма рядами S-подібних лап або роботи восени з встановленням секції з 3-ма рядами пружних лап.



а)



б)

Рис. 2. Комбіновані агрегати Strom Swifter Tine (а), Strom Swifter Share (б).

Одним із широко вживаних комбінованих дискових глибокорозпушувачів є Maschio Gaspardo DIABLO 600 – це причіпний агрегат зі складною рамою, призначений для роботи на великих площах. Він розроблений для використання з найпотужнішими тракторами, загальний вигляд якого наведено на (Рис. 3).

Gaspardo Diablo 600 є високоякісним комбінованим дисковим глибокорозпушувачем, який відзначається своєю здатністю до глибокого обробітку ґрунту та покращення його структури. Одним із ключових аспектів ефективності цього агрегату є його вплив на структуру ґрунту, і як наслідок врожайність. Завдяки своїм технічним характеристикам та конструктивним особливостям, DIABLO 600 допомагає не лише покращити структуру ґрунту, а й забезпечити оптимальні умови для росту рослин, сприяючи кращому проникненню вологи та повітря до кореневої системи.



Рис. 3. Комбінований дисковий глибокорозпушувач Gaspardo Diablo [5].

Комбінований дисковий глибокорозпушувач - ефективно поєднує функції глибокого розпушування та дискування, що дозволяє одночасно руйнувати ущільнені шари ґрунту та здійснювати якісне подрібнення рослинних решток.

Основними перевагами Gaspardo Diablo є ефективна адаптацію до різних типів ґрунтів, зниження витрат пального за рахунок вдосконаленої конструкції та можливість роботи з великою шириною захвату, що значно підвищує продуктивність. Водночас його використання вимагає значних інвестицій у придбання та експлуатацію, а також залучення кваліфікованого персоналу для правильного налаштування і технічного обслуговування.

Модернізація комбінованого дискового глибокорозпушувача Gaspardo Diablo дозволяє значно підвищити ефективність його роботи, адаптувати агрегат до сучасних агротехнічних вимог та знизити експлуатаційні витрати. Вдосконалення конструкції сприяє покращенню якості обробітку ґрунту та підвищенню врожайності культур, що робить цей агрегат незамінним у сучасному сільському господарстві.

Такі напрямки вдосконалення дозволяють значно підвищити продуктивність Gaspardo Diablo та знизити експлуатаційні витрати, що є важливим фактором для сучасного сільськогосподарського виробництва.

Використання комбінованого дискового глибокорозпушувача Gaspardo Diablo вимагає адаптації до нових умов і можливостей для покращення його функціональності. Модернізація цього агрегату повинна враховувати не лише технічні потреби, але й еко-орієнтовані стратегії, а також вимоги до зниження витрат на експлуатацію та обслуговування.

Важливо врахувати те, що одним із важливих напрямків модернізації є покращення енергоефективності агрегату. Сучасне сільське господарство вимагає зменшення витрат пального. Для цього можна обладнати агрегат системами електронного управління, які автоматично налаштовують параметри роботи, залежно від типу ґрунту та умов. Використання гідравлічних систем регулювання для зміни глибини обробітку дозволить знизити навантаження на трактор та оптимізувати споживання пального [7].

Таблиця 1. Напрями модернізації та вдосконалення комбінованого дискового глибокорозпушувача Gaspardo Diablo [3].

Напрямок модернізації	Опис покращення	Очікуваний ефект
Підсилення рами	Використання високоміцних сталевих сплавів, покращене зварювання та антикорозійне покриття	Збільшення довговічності, зменшення ризику поломок
Оптимізація розташування лап	Зміна кута нахилу та інтервалу між лапами	Підвищення ефективності розпушування та зменшення тягового опору
Гідравлічне регулювання глибини	Встановлення сучасних гідроциліндрів для точного налаштування робочої глибини	Покращення зручності керування, адаптація до різних типів ґрунту
Система внесення добрив	Інтеграція дозаторів для внесення рідких або гранульованих добрив під час розпушування	Підвищення ефективності удобрення, скорочення технологічних операцій
Модернізація котків	Встановлення котків із змінною геометрією та гідравлічним регулюванням	Покращене ущільнення ґрунту, зменшення випаровування вологи
Використання сенсорів та автоматизації	Додавання системи контролю вологості, щільності ґрунту та навантаження на лапи	Автоматична адаптація роботи агрегата до поточних умов поля

В умовах сучасного точного землеробства, система GPS-навігації та автопілотування можуть суттєво підвищити точність виконання робіт. Встановлення таких систем на дискові глибокорозпушувачі дозволить забезпечити точність в роботі, уникнути перекриття та пропусків, зменшити витрати на паливе, а також покращити якість обробки ґрунту. Автоматичні системи можуть відстежувати стан ґрунту та адаптувати параметри агрегату до змінних умов роботи.

Одним із ключових способів модернізації є покращення дисків і розпушувачів. Сучасні матеріали та технології покриттів можуть значно підвищити довговічність робочих органів агрегату. Використання високоякісних сталей з твердим покриттям або композитних матеріалів для виготовлення робочих органів дозволить зменшити зношування і підвищити стійкість до агресивного середовища ґрунтів. Розробка модульних елементів дасть можливість легко змінювати частини агрегату залежно від типу ґрунту, що дозволить адаптувати техніку до різних умов без необхідності придбання нової техніки.

Одним із недоліків традиційних моделей глибокорозпушувачів є їх значна вага та розміри, що ускладнює транспортування та маневреність на полях. Модернізація агрегату може включати також розробку складних конструкцій, що дозволяють зменшити розміри агрегату під час транспортування, а також

покращити маневреність при обробітку полів з різними рельєфними особливостями.

Оскільки екологічна ситуація стає все більш важливою в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва, аграрії дедалі більше звертають увагу на зменшення впливу техніки на навколишнє середовище. Модернізація Gaspardo Diablo повинна враховувати можливість використання екологічно чистих технологій. Наприклад, застосування дискових ножів із зниженим рівнем шуму та систем для зменшення ущільнення ґрунту знижує негативний вплив на навколишнє середовище і покращує родючість ґрунту.

Напрямки модернізації повинні також бути спрямовані на зменшення витрат на обслуговування техніки. Встановлення систем автоматичного змащення, використання дистанційних систем для діагностики та ремонту допоможуть зменшити витрати на обслуговування та підвищити надійність агрегату [8].

Висновок. Модернізація комбінованого дискового глибокорозпушувача Gaspardo Diablo є важливою складовою розвитку сучасного сільськогосподарського виробництва, оскільки цей агрегат значно підвищує ефективність обробітку ґрунтів. Впровадження інноваційних технологій, таких як точне землеробство, автоматизація управління та використання нових матеріалів для виготовлення робочих органів агрегату, дозволяє зменшити витрати на енергію та паливо, підвищити продуктивність і знизити екологічний вплив на навколишнє середовище.

Завдяки інтеграції сучасних технологій, Gaspardo Diablo дає можливість оптимізувати агротехнічні процеси, що, у свою чергу, сприяє поліпшенню структури ґрунту, підвищенню його аерації та родючості. Це не лише забезпечує зростання врожайності, але й підтримує сталий розвиток сільського господарства, оскільки покращує ефективність використання природних ресурсів та мінімізує потребу у добривах.

Модернізація агрегатів цього типу також передбачає поліпшення їх зносостійкості, що дозволяє зменшити витрати на обслуговування та продовжити термін служби техніки. Впровадження систем дистанційного моніторингу та автоматизованого управління дозволяє виробникам сільськогосподарської продукції відстежувати роботу агрегатів у реальному часі, що покращує процес прийняття рішень та сприяє оптимізації витрат.

Отже, комбінований дисковий глибокорозпушувач Gaspardo Diablo в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва є потужним інструментом для підвищення ефективності обробітку ґрунтів, збільшення врожайності та забезпечення сталого розвитку аграрного сектору. Подальше вдосконалення конструкції агрегатів, використання новітніх матеріалів і технологій дозволить не лише покращити економічну ефективність, але й сприяти зменшенню екологічного навантаження на навколишнє середовище.

Список використаної літератури

1. Гевко Р.Б. Машины сільськогосподарського виробництва: посібник. Тернопіль: Т. 2005. 228 с.
2. Гуков Я.С. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України: навчальний посібник. Київ: ДІА. 2007. 276 с.
3. Думич В. Молодший клас плугів. *The Ukrainian FARMER*: науковий журнал. 2020. № 2 (122). С. 136-138.
4. Коваленко І. Дисколапові комбінації. *Агробізнес Сьогодні*: інформаційно-аналітичний журнал. Механізація АПК. 2023.
5. Комбінований дисковий глибокорозпушувач: веб-сайт. URL: <http://old.agsolco.com/hruntoobrobna-tekhnika/item/78-gaspardo-diablo> (дата звернення 15.03.2025).
6. Кюрчев В.М., Веселовська Н.Р., Бурлака С.А. Підвищення тягово-зчіпних характеристик енергетичного засобу при проведенні комбінованих операцій обробітку ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2023. № 1 (120). С. 48-53.
7. Наріз В. Компактори та важкі ґрунти. *Агробізнес Сьогодні*: інформаційно-аналітичний журнал. Механізація АПК. 2023.
8. Рак О.В., Ковцун Ю.М. Комбіновані агрегати для обробітку ґрунту. *Актуальні задачі сучасних технологій*: збірник тез доповідей IX Міжнародної науковотехнічної конференції молодих учених та студентів, 25-26 листопада. Тернопіль : ТНТУ. 2020. Т. 1. С. 118–119.

Юліан РИСЮК⁵⁹,
студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ

***Анотація.** У статті розглядається застосування штучного інтелекту (ШІ) в автоматизованих системах керування. Проаналізовано основні методи та алгоритми машинного навчання, що використовуються для оптимізації процесів управління. Особливу увагу приділено перевагам ШІ, таким як підвищення ефективності, зниження людського фактора та адаптація до змінних умов.*

⁵⁹Науковий керівник – Бабин І.А., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Ключові слова: штучний інтелект, автоматизація, системи керування, оптимізація.

Annotation. The article examines the application of artificial intelligence (AI) in automated control systems. The main methods and machine learning algorithms used to optimize control processes are analyzed. Special attention is given to the advantages of AI, such as increased efficiency, reduction of human error, and adaptation to changing conditions.

Key words: artificial intelligence, automation, control systems, optimization.

Вступ. Сучасний розвиток технологій стрімко змінює підходи до управління різними процесами в промисловості, транспорті, енергетиці та інших сферах. Однією з ключових тенденцій є впровадження штучного інтелекту (ШІ) в автоматизовані системи керування [1]. Використання алгоритмів машинного навчання та аналізу даних дозволяє підвищити ефективність роботи систем, зменшити вплив людського фактора та адаптувати процеси до змінних умов.

У цій статті розглядаються основні методи застосування ШІ в системах керування, аналізуються їхні переваги та перспективи подальшого розвитку. Особлива увага приділяється впливу інтелектуальних технологій на оптимізацію процесів, зниження витрат і підвищення надійності керування складними об'єктами [2].

Виклад основного матеріалу. Штучний інтелект (ШІ) є одним із ключових факторів розвитку автоматизованих систем керування, які застосовуються у різних галузях промисловості, транспорту, енергетики та інформаційних технологій. Інтеграція ШІ в управлінські процеси дозволяє значно підвищити ефективність виробництва, знизити витрати, оптимізувати ресурси та мінімізувати людський фактор. Використання передових алгоритмів машинного навчання, нейронних мереж та експертних систем відкриває нові можливості для прогнозування, аналізу та ухвалення рішень у реальному часі [3].

Сучасні автоматизовані системи керування використовують низку інтелектуальних алгоритмів, що дозволяють не лише обробляти великі обсяги даних, а й приймати оптимальні рішення без втручання людини. Основні методи включають:

Машинне навчання (ML) – одна з найперспективніших технологій, яка дає змогу аналізувати історичні дані та адаптувати алгоритми для підвищення ефективності керування. Наприклад, у системах контролю виробничих процесів ML дозволяє прогнозувати можливі відмови обладнання та запобігати несправностям.

Нейронні мережі (NN) – потужний інструмент для розпізнавання складних закономірностей у даних. У медицині, наприклад, нейромережі застосовуються для аналізу зображень МРТ, що дозволяє швидше та точніше діагностувати захворювання.

Експертні системи – програми, що імітують процеси мислення людини і приймають рішення на основі бази знань. Вони широко використовуються у

фінансовій сфері для оцінки кредитоспроможності клієнтів та управління ризиками.

Штучний інтелект усе активніше впроваджується у сферу автоматизації, змінюючи підходи до керування складними системами та процесами. Ось деякі приклади використання ШІ в різних галузях:

Завдяки ШІ здійснюється автоматичний контроль якості на виробництві [4]. Наприклад, компанія Tesla використовує комп'ютерний зір для аналізу зварювальних швів у кузовах автомобілів, що дозволяє виявляти дефекти ще на етапі виробництва.

Інтелектуальні транспортні системи забезпечують оптимізацію руху транспорту в містах. Наприклад, у Лондоні система управління трафіком використовує ШІ для регулювання світлофорів залежно від поточного навантаження на дороги, що дозволяє зменшити затори.

Використання ШІ у сфері енергетики допомагає прогнозувати споживання електроенергії та керувати її генерацією. Наприклад, Google DeepMind розробила алгоритм оптимізації роботи центрів обробки даних, що дозволило скоротити витрати на охолодження серверів на 40%.

Завдяки постійному самонавчанню інтелектуальні системи можуть удосконалювати свої алгоритми, що сприяє більш ефективному використанню ресурсів та підвищенню продуктивності.

ШІ може швидко реагувати на зміни у зовнішньому середовищі та підлаштовувати стратегії управління відповідно до нових умов.

Інтеграція штучного інтелекту в автоматизовані системи керування має низку значних переваг:

Інтеграція штучного інтелекту в автоматизовані системи керування має низку значних переваг:

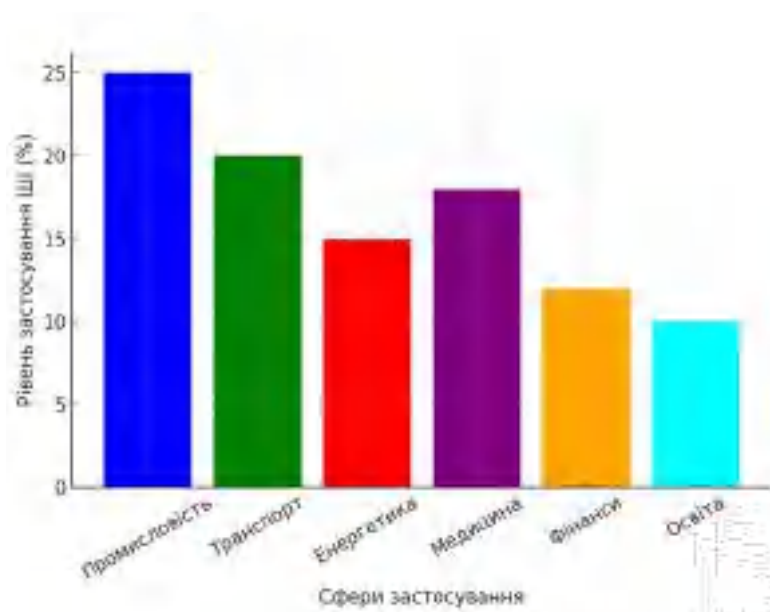


Рис. 1. Сфери застосування ШІ.

Автоматизовані системи, засновані на ШІ, можуть працювати без втручання людини, знижуючи ризик помилок, що виникають через втому або недбалість операторів.

Однак, попри очевидні переваги, існує також низка викликів, з якими стикаються компанії при впровадженні ШІ:

Розробка та впровадження інтелектуальних систем потребує значних фінансових вкладень, що може бути недоступним для малого та середнього бізнесу. Для якісного функціонування ШІ необхідні великі обсяги навчальних даних та ефективні алгоритми обробки.

Оскільки автоматизовані системи керування можуть бути вразливими до атак хакерів, необхідно розробляти додаткові механізми захисту від кібератак.

Очікується, що в найближчі роки штучний інтелект відіграватиме ще більшу роль у сфері автоматизації. Передові технології, такі як квантові обчислення та розширені нейронні мережі, дозволять значно підвищити точність прогнозів та ефективність управління складними процесами [5]. Крім того, розвиток Інтернету речей (IoT) у поєднанні з ШІ відкриває нові горизонти для створення автономних систем керування, які здатні функціонувати без втручання людини.

Таким чином, застосування ШІ в автоматизованих системах керування є одним із найперспективніших напрямів розвитку сучасної науки і техніки. Завдяки його впровадженню можливе не лише підвищення ефективності роботи підприємств, а й створення більш безпечного та сталого майбутнього для різних галузей економіки.

Висновок. Штучний інтелект (ШІ) значно покращує ефективність автоматизованих систем керування, дозволяючи зменшити людський фактор і підвищити адаптивність до змінюваних умов.

Методи машинного навчання, застосовані в цих системах, сприяють оптимізації процесів управління, забезпечуючи швидке та точне прийняття рішень у реальному часі.

Використання ШІ в таких галузях, як промисловість, транспорт і енергетика, демонструє його потенціал для підвищення продуктивності та зниження витрат.

Перспективи розвитку інтелектуальних систем керування, зокрема в контексті цифровізації економіки, передбачають ще більшу інтеграцію ШІ в різні сфери життєдіяльності, що дозволить забезпечити сталий розвиток та конкурентоспроможність підприємств і держав.

У перспективі, з розвитком технологій і алгоритмів ШІ, очікується, що автоматизовані системи керування стануть більш універсальними та здатними до самовдосконалення.

Список використаної літератури

1. Іванов І.І. Теорія автоматизованих систем: посібник. Київ: Наукова думка. 2020. 220 с.

2. Петренко П.П. Штучний інтелект в автоматизованих системах. *Автоматизація виробництва*: науковий журнал. 2021. Т. 34, № 4. С. 45–52.

3. Ковальчук О.О. Застосування ШІ в системах керування: матеріали міжнародної конференції з інформаційних технологій. Львів. 2022. С. 123–126.

4. Смирнов С.С. Розвиток штучного інтелекту в сучасних системах керування: веб-сайт. URL: <http://www.ai-systems.com/articles/123> (дата звернення 25.03.2025).

5. Бондаренко В.В. Інтелектуальні системи керування в умовах змінних параметрів. *Вісник Національного технічного університету України «КПІ»*: науковий журнал. 2023. Т. 28, № 2. С. 67–75.

Юлія ЗЕЛІНСЬКА⁶⁰,

студентка 4 курсу,

інженерно-технологічний факультет,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ПОТОКУ В АГРЕГАТІ ДЛЯ АЕРОЗОЛЬНОЇ ОБРОБКИ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Анотація. Розглянуто процес розробки конструктивно-технологічної схеми агрегату для аерозольної обробки просапних культур. Обґрунтовано основні параметри агрегату, що впливають на ефективність обробки, зокрема швидкість потоку та розподіл аерозольних часток. Проведено теоретичні дослідження руху потоку в агрегаті.

Ключові слова: аерозольний обробіток, просапні культури, картопля, агрегат, розподіл аерозолю.

Annotation. The process of developing a structural and technological scheme of an aggregate for aerosol treatment of row crops is considered. The main parameters of the aggregate that affect the efficiency of treatment are substantiated, in particular the flow rate and distribution of aerosol particles. Theoretical studies of the flow movement in the aggregate have been carried out.

Key words: aerosol treatment, row crops, potatoes, aggregate, aerosol distribution.

Вступ. Аерозольна обробка рослин забезпечує захист і сприяє збільшенню врожайності. Обробка полягає в комплексі впливів на стебла та листя рослин, з метою забезпечення захисту та стимуляції росту рослин їхніх плодів, даючи змогу тим самим збільшити врожайність [1]. Ступінь ефективності обробки

⁶⁰Науковий керівник – Руткевич В.С., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

рослин визначається кількома критеріями: розміром і числом крапель, що знаходяться на одиниці поверхні оброблюваної рослини, витратою препарату та робочого розчину.

Таким чином, актуальним науково-технічним завданням є обґрунтування параметрів агрегату для аерозольної обробки просапних культур.

Виклад основного матеріалу. Агрегат для аерозольного обробітку просапних культур складається зі зчіпного пристрою 1, бензобака з насосом-дозатором 2, бака для робочого розчину 3, жарової труби 4 з роздвоюваним соплом 5, що встановлені на рухомій рамі культиватора 6 та має опорні колеса 7. Генератори аерозолі закріплені на рухомій рамі культиватора за допомогою болтового кріплення, тим самим забезпечуючи швидке збирання та розбирання пристрою в полі для транспортування і обслуговування (рис.1).

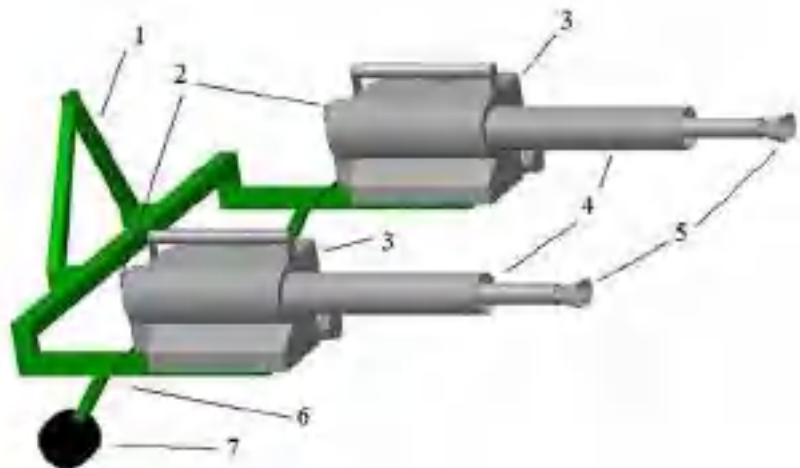


Рис. 1. Схема агрегату аерозольної обробки просапних культур.

Запуск генератора аерозолі здійснюють, вмикаючи подачу бензину за допомогою насоса дозатора в пальник з одночасним запалюванням суміші іскрою за допомогою свічки. Під час займання горючої суміші в камері згоряння утворюється підвищений тиск, який передається системою трубок у бак для робочого розчину. Після виходу пальника генератора на робочий режим відкривають подачу робочого розчину в жарову трубу, де він підхоплюється сумішшю топкових газів і гарячого повітря. Розчин біопрепаратів миттєво випаровується в жаровій трубі і після виходу з сопла, охолоджуючись навколишнім повітрям, конденсується, утворюючи аерозоль. Дисперсність крапель аерозолі визначається подачею робочого розчину біопрепаратів у жарову трубу. Налаштувавши дозу внесення біопрепаратів, агрегат із пристроєм для обробки аерозолем біопрепаратів рослин рухається міжряддям картоплі, копіюючи мікрорельєф за допомогою опорних коліс. На жаровій трубі генератора аерозолі закріплено розподільні сопла, які спрямовують потік аерозолі на два рядки рослин картоплі. Під час формування вихідних потоків аерозолі відбувається осадження крапель на поверхню листка, що покращує засвоюваність біопрепаратів завдяки наявності продихів на нижньому боці листка.

Для поліпшення осадження і розподілу потоку аерозолі над зоною обробки на генератор аерозолі вмонтовано сопло. Наявність сопла генератора аерозолі дає змогу забезпечити рух потоків у заданому напрямку тим самим забезпечуючи краще осадження крапель аерозолі на рослини [2].

Витікання аерозолі можна розглянути як загальний випадок переміщення аерозолі в просторі за рахунок різниці тисків у пальнику та навколишньому просторі за межами жарової труби. Введемо такі припущення: потік аерозолі є стаціонарним, тобто в будь-який момент часу кількість суміші в будь-якому поперечному перерізі буде постійною $m_1=m_2=m_3=\text{const}$, також параметри суміші незмінні в часі.

$$m = A v \rho = A \frac{v}{w} \quad (1)$$

де m – масова витрата аерозолі, кг/с;

A – площа поперечного перерізу жарової труби генератора аерозолі, м^2 ;

v – швидкість потоку аерозолі, м/с;

ρ – густина аерозолі, $\text{кг}/\text{м}^3$;

w – питомий об'єм аерозолі, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Виходячи з умов нерозривності потоку аерозолі запишемо такі вирази параметрів аерозолі в різних поперечних перерізах:

$$A_1 v_1 \rho_1 = A_2 v_2 \rho_2 = A_3 v_3 \rho_3 \quad (2)$$

$$\frac{A_1 v_1}{w_1} = \frac{A_2 v_2}{w_2} = \frac{A_3 v_3}{w_3} \quad (3)$$

Для спрощення обчислень розглянемо одновимірну течію потоку аерозолі, з огляду на те, що параметри аерозолі можуть змінюватися вздовж напрямку потоку. Також введемо припущення, що в поперечному перерізі жарової труби потік аерозолі рухається з однаковою середньою швидкістю.

Для опису потоків аерозолі скористаємося рівнянням першого закону термодинаміки:

$$dq = du + d\left(\frac{v^2}{2}\right) + g dh + d(pw) + dl_{\text{тех}} \quad (4)$$

де dq – зміна кількості теплоти, Дж;

$g dh$ – зміна потенційної енергії, Дж;

p – тиск потоку, тиск аерозолі, Па;

$dl_{\text{тех}}$ – зміна зовнішньої технічної роботи, Дж;

du – зміна внутрішньої енергії, Дж.

Оскільки, за сталого режиму генератора аерозолі, зміна внутрішньої енергії є незначною, зміна зовнішньої потенційної енергії також є незначною, а аерозоль не здійснює жодної роботи, то рівняння (4) можна записати у вигляді:

$$dq = du + d\left(\frac{v^2}{2}\right) \quad (5)$$

У сталому режимі теплові втрати генератора аерозолі не перевищують 2 %, тому що жарова труба омивається потоком навколишнього повітря, який потім потрапляє в камеру згоряння. Тому процес руху потоку аерозолі в жаровій трубі є адіабатним, у результаті можемо записати:

$$d\left(\frac{v^2}{2}\right) = -dh \quad (6)$$

Проінтегрувавши диференціальне рівняння (6), отримаємо:

$$\frac{v_1^2 - v_2^2}{2} = h_1 - h_2 \quad (7)$$

Таким чином, збільшення ентальпії при адіабатній течії потоку аерозолі визначатиметься зменшенням швидкості.

З іншого боку, течія потоку аерозолі підкорятиметься законам аеродинаміки і гідравліки, використовуючи рівняння Бернуллі, можна встановити зв'язок між тиском і швидкістю потоку. Враховуючи, що тертя аерозолі об стінки жарової труби при дозвукових швидкостях незначне, рівняння Бернуллі запишеться у вигляді [3]:

$$-w dp = d\left(\frac{v^2}{2}\right) \quad (8)$$

Зміна кінетичної енергії потоку аерозолі визначатиметься тиском аерозолі в жаровій трубі і віддачі енергії на випаровування робочого розчину в жаровій трубі.

Рух потоку аерозолі під час взаємодії із зовнішнім середовищем може змінюватися, через зустрічі з перешкодами може супроводжуватися зміною не тільки тиску, а й питомого об'єму аерозолі $w = f(p)$; $w \neq \text{const}$, тоді рівняння Бернуллі запишеться в такому вигляді

$$l' = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w dp \quad (9)$$

де l' – робота зі збільшення кінетичної енергії потоку аерозолі під час адіабатного термодинамічного процесу.

Для визначення правої частини виразу (9) необхідно встановити співвідношення між змінами питомого об'єму і тиску. Скористаємося тим, що характер першого динамічного процесу в жаровій трубі генератора аерозолі є адіабатним, тоді запишемо такий вираз:

$$p_1 w_1^k = p_2 w_2^k = \text{const} \quad (10)$$

де k – коефіцієнт, що характеризує термодинамічний процес;

const – деяке постійне число.

Перетворивши вираз (10), можна записати

$$w = \frac{\text{const}^{\frac{1}{k}}}{p^{\frac{1}{k}}} \quad (11)$$

Таким чином збільшення кінетичної енергії з урахуванням виразів (9) і (11) запишеться у вигляді:

$$l' = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w dp = \text{const}^{\frac{1}{k}} \int_{p_2}^{p_1} \frac{\text{const}^{\frac{1}{k}}}{p^{\frac{1}{k}}} dp \quad (12)$$

Проінтегрувавши вираз (12), отримаємо

$$l' = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w dp = \frac{k}{k-1} (p_1 w_1 - p_2 w_2) \quad (13)$$

або

$$l' = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2} = \frac{k}{k-1} p_1 w_1 \left(1 - \frac{p_2 w_2}{p_1 w_1}\right) \quad (14)$$

Використавши співвідношення параметрів термодинамічного процесу, маємо

$$\frac{p_2 w_2}{p_1 w_1} = \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (15)$$

Тоді робота зі збільшення кінетичної енергії потоку аерозолі при адіабатному термодинамічному процесі матиме вигляд

$$l' = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w dp = \frac{k}{k-1} p_1 w_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (16)$$

Таким чином, робота зі збільшення кінетичної енергії потоку визначається розширенням аерозолі при адіабатній течії, тобто збільшенням швидкості потоку.

Оскільки початкові параметри аерозолі в генераторі залишаються незмінними, то виконується умова $p_1 > p_n$ і $p_2 \geq p_n$, де p_1 – тиск аерозолі в жаровій трубі, Па;

Оскільки швидкість руху потоку аерозолі в пальнику і на початку жарової труби незначна порівняно зі швидкістю в кінці жарової труби, то нею можна знехтувати $v_1 = 0$. У цьому разі кінцева швидкість потоку аерозолі дорівнюватиме швидкості витікання $v_2 = v$.

Тоді вираз (16) можна записати у вигляді

$$l' = \frac{v^2}{2} = \int_{p_2}^{p_1} w dp = \frac{k}{k-1} p_1 w_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (17)$$

Виразимо з рівняння (2.17) швидкість потоку аерозолі

$$v = \sqrt{2} \frac{k}{k-1} p_1 w_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (18)$$

де p_1 – тиск аерозолі в пальнику генератора аерозолі, Па;

w_1 – питомий об'єм аерозолі, м³/кг;

p_2 – тиск аерозолі на виході з жарової труби, Па.

Проведемо розрахунок швидкості руху потоку аерозолі від тиску на виході з жарової труби в програмі Mathcad, задавши параметрами ($p_1 = 250$ кПа; $w_1 = 1,38$ м³/кг; $k = 1,33$) генератора аерозолі (рис. 2).

1 $w_1 = 1,38$ м³/кг; $k = 1,33$) генератора аерозолі (рис. 2). Аналіз рис.2 показав, що за тиску близько 0,1 МПа на виході з жарової труби швидкість аерозолі становить 1,5 м/с. Застосування сопла на кінці жарової труби веде до збільшення тиску і сприятиме зниженню швидкості аерозолі, що погіршує умови осадження крапель на листя рослин інерційним способом. Тому для збільшення швидкості аерозолі необхідно, щоб вихідний отвір сопла був не меншим за діаметр вихідного отвору жарової труби.

З огляду на те, що в пальнику генератора аерозолі швидкість топкових газів невелика, а також з урахуванням виразу (7) можемо записати, що швидкість на виході з жарової труби генератора аерозолі визначатиметься таким чином

$$v = \sqrt{2(h_1 - h_2)} \quad (19)$$

де h_1 – значення ентальпії аерозолі на початку жарової труби, Дж/кг;

h_2 – значення ентальпії аерозолі на виході з жарової труби, Дж/кг.

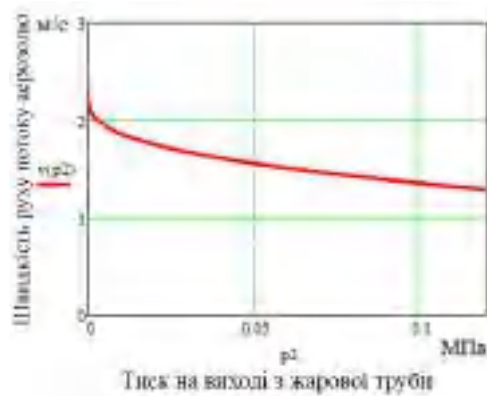


Рис. 2. Залежність швидкості руху потоку аерозолію від тиску на виході з жарової труби.

Таким чином, секундна витрата аерозолію на виході з жарової труби визначається виразом

$$m = AV\rho_2 = f \frac{V}{w_2} \quad (20)$$

де V – швидкість аерозолію, м/с;

f – площа перерізу жарової труби, м²;

ρ – густина аерозолію на виході з жарової труби, кг/м³;

w_2 – питомий об'єм аерозолію на виході з жарової труби, м³/кг.

Для адіабатного процесу термодинамічного процесу в жаровій трубі можемо записати

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^k \quad (21)$$

звідси

$$w_2 = w_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{k}} \quad (22)$$

Тоді масова витрата аерозолію з урахуванням виразів (1), (18) і (22) визначиться виразом

$$m = A \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \frac{p_1}{w_1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (23)$$

За невеликих перепадів тиску в жаровій трубі генератора аерозолію співвідношення параметрів аерозолію запишеться

$$\frac{p_1}{w_1} = \frac{p_1^2}{p_1 w_1} = \frac{p_1^2}{RT_1} \quad (24)$$

де R – універсальна газова стала Дж/(моль · К).

Тоді масова витрата аерозолію визначиться як

$$m = A \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \frac{p_1^2}{RT_1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (25)$$

Проведемо розрахунок масової витрати від температури аерозолію в програмі Mathcad, задавши параметрами ($p_1 = 250$ кПа; $p_2 = 101$ кПа; $R = 8,31$ Дж/(моль · К); $k = 1,33$) генератора аерозолію (рис.3).

Аналізуючи рис. 3, видно, що для утворення аерозолі температурою близько 30-40 °С масова витрата розчину препаратів становить близько 0,0034 кг/с або 0,204 кг/хв. Значне збільшення масової витрати препарату веде до погіршення умов для утворення аерозолі та збільшення розмірів крапель [2].

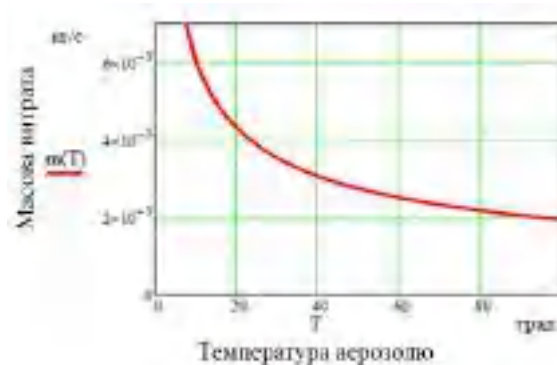


Рис. 3. Залежність масової витрати від температури аерозолі.

Таким чином масова витрата аерозолі визначатиметься початковою температурою топкових газів у пальнику і різницею тисків на вході та виході жарової труби.

Висновки. Таким чином, визначення масової витрати аерозолі є важливим аспектом для забезпечення ефективності аерозольної обробки рослин. Згідно з проведеними дослідженнями, основними чинниками, що впливають на цей процес, є початкова температура топкових газів у пальнику та різниця тисків на вході та виході жарової труби. Початкова температура газів безпосередньо впливає на рівень енергії, необхідної для випаровування рідкої фази, тим самим визначаючи якість і стабільність аерозольного потоку. Вища температура сприяє швидшому випаровуванню, що дозволяє досягти більш однорідного розподілу аерозольних часток.

Різниця тисків, в свою чергу, грає важливу роль у забезпеченні належного потоку газу через систему. Вона визначає швидкість, з якою аерозоль рухається через жарову трубу, що впливає на рівномірність розподілу

Список використаної літератури

1. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробовування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 5682-1:2005 [Чинний від 2007-10-01]. К.: Держспоживстандарт України. 2007. 13 с.
2. Войтюк Д.Г., Булгаков В.М., Кропивко С.В., Онищенко В.Б. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ: Друк. 2005. 464 с.
3. Яропуд В.М., Твердохліб І.В., Спірін А.В. Машини та обладнання і їх використання в рослинництві: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2020. 308 с.

Вадим КРИСТОФОРОВ⁶¹,
студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМА ПОЗНАЧЕНЬ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

***Анотація.** Металорізальне обладнання відіграє ключову роль у машинобудуванні, забезпечуючи високу точність та ефективність обробки матеріалів. У роботі розглянуто основні види металорізальних верстатів, їхню класифікацію за принципом роботи, ступенем автоматизації, точністю та іншими параметрами.*

***Ключові слова:** металорізальне обладнання, металорізальний верстат, токарні, свердлильні, шліфувальні, ЧПК.*

***Annotation.** Metal-cutting equipment plays a key role in mechanical engineering, ensuring high accuracy and efficiency of material processing. The paper considers the main types of metal-cutting machines, their classification by operating principle, degree of automation, accuracy and other parameters.*

***Key words:** metal-cutting equipment, metal-cutting machine, lathes, drilling machines, grinding machines, CNC.*

Вступ. Металорізальне обладнання завжди було, є і буде одним з основних компонентів в галузі машинобудування. Воно є основою сучасного машинобудування, оскільки воно забезпечує обробку металів шляхом різання, шліфування, свердління та інших технологічних процесів. Для ефективного управління виробничими процесами важливо розуміти класифікацію металорізальних верстатів та їхню систему позначень. Використання металорізальних верстатів дозволяє з високою точністю і ефективністю виконувати різноманітні операції, такі як різання, шліфування, фрезерування, свердління, розточування та багато інших. Завдяки цьому забезпечується виготовлення деталей та виробів, що відповідають сучасним технічним стандартам.

Розвиток металорізального обладнання розпочався ще з XIX століття, коли з'явилися перші токарні та свердлильні верстати. З часом технології удосконалювалися, і сьогодні промисловість використовує широкий спектр високотехнологічних верстатів, у тому числі з числовим програмним керуванням (ЧПК), що значно підвищують продуктивність і точність обробки.

Для зручності ідентифікації та уніфікації металорізальні верстати класифікуються за різними ознаками та мають відповідну систему позначень.

⁶¹Науковий керівник – Бабин І.А., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Це дозволяє швидко визначити тип обладнання, його можливості та конструктивні особливості, що є важливим фактором у виборі обладнання для конкретних виробничих завдань. Розуміння класифікації та системи позначень металорізальних верстатів допомагає підприємствам ефективно організовувати виробничі процеси, оптимізувати витрати та покращувати якість виготовленої продукції.

Виклад основного матеріалу. Металорізальне обладнання, а саме металорізальний верстат - машина для розмірної обробки заготовок в основному шляхом зняття стружки. За допомогою такого верстату вирізають, або виточують метали до потрібного розміру та форми. Деталі виробляють не тільки зі сталі та чавуну, а й кольорових сплавів, пластмаси та інших матеріалів

До верстатів відносять і технологічне устаткування, що використовує для обробки електрофізичні і електрохімічні методи, сфальцьований електронний або лазерний промінь, поверхнєве пластичне деформування та деякі інші види обробки.

Залежно від виду обробки, що визначається схемою різання і типом застосованого інструменту, верстати поділяються на різні види:

- токарні, які виточують деталь шляхом обертання та часткового сточування матеріалу;
- свердлильні, які, відповідно, висвердлюють потрібну деталь;
- стругальні – різці плоских та фасонних поверхонь поступово зрізають поверхню деталі;
- фрезерні – деталі, закріплені на столі, надається поступальний рух (криволінійний або прямолінійний), при цьому фреза здійснює обертотворний рух;
- шліфувальні – принцип дії схожий до токарних верстатів, але обертається шліфувальний елемент, а не деталь.

Також, крім звичайних верстатів існують агрегатні верстати. Вони виконують не лише якусь одну функцію, а одразу кілька, наприклад, розточування, проточування, обточування й нарізання різі на одному агрегатному верстаті.

Агрегатний металорізальний верстат – це верстат, конструкція якого складається з окремих взаємозамінних модулів (агрегатів), що дозволяє швидко змінювати його конфігурацію для виконання різних технологічних операцій. Такий верстат складається з уніфікованих блоків (агрегатів), які можна комбінувати для різних операцій обробки. Також вони часто використовуються у серійному та масовому виробництві, тому що мати 1 такий агрегатний верстат зручніше ніж кілька звичайних і заміна або модернізація окремих агрегатів займає менше часу, ніж заміна всього верстата.

Металорізальне обладнання використовується на заводах для створення деталей та запчастин, на великих підприємствах, які виробляють свою продукцію або ремонтують свою техніку, що використовують.



Рис. 1. Агрегатний верстат.

Крім виду обробітку металорізальні верстати також класифікують за ступенем автоматизації та конструктивними особливостями.

Види верстатів за ступенем автоматизації:

- Ручні верстати – оператор керує всіма операціями вручну;
- Напівавтоматичні верстати – частина операцій виконується автоматично, але за контролем оператора;
- Автоматичні верстати – працюють без участі людини після запуску;
- Верстати з ЧПК (числовим програмним керуванням) – працюють за заздалегідь створеною програмою, що дозволяє виконувати складні обробні операції.

Види верстатів за конструктивними особливостями:

- Універсальні – призначені для широкого спектра обробки;
- Спеціалізовані – створені для конкретного виду обробки (наприклад, зуборізні верстати);
- Агрегатні – складаються з модулів, що дозволяє змінювати їхню конфігурацію для різних завдань.



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 2. Види металорізальних верстатів:

а – токарний; б – свердлильний; в – стругальний; г – фрезерний; д – шліфувальний.

Система позначень металорізальних верстатів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Система позначень металорізальних верстатів.

Цифра	Група верстатів
1	токарні
2	свердлильні
3	шліфувальні
4	фрезерні
5	зубообробні
6	різні спеціальні верстати
7	автоматичні лінії та спеціальні верстати
8	ковальсько-пресові машини
9	електрофізичні та електрохімічні верстати

Цифра, що стоїть першою у маркуванні, визначає тип металорізального верстата.

Загалом, це дуже зручна та практична система позначень металорізального обладнання. Вона допомагає чітко розмежувати різні види верстатів за їхньою функцією, конструкцією та автоматизацією.

Якщо вивчити та зрозуміти цю систему позначень, можна дуже просто дізнаватись основну інформацію та характеристики металорізального верстата, знаючи тільки його назву.

Наприклад: Верстат 1К62.

Цифра 1 вказує на те, що це верстат токарної групи; буква К – завод виробник. цифра 62 - модель верстата, а саме: 6 – тип (гвинторізні), 2 – висота центрів, у цій моделі 220 мм.



Рис. 3. Металорізальний токарний верстат 1К62.

Також верстати класифікуються за точністю.

Точність – основний показник, що характеризує якість та технічний рівень металорізального обладнання. Геометрична та кінематична точність верстата характеризує точність переміщення його формоутворювальних вузлів без силових та теплових впливів.

Тобто чим більший рівень точності у верстата – тим якісніше з його допомогою можна буде працювати з дрібними деталями. Але це не значить, що верстати малої точності чимось гірші чи взагалі непотрібні, просто вони можуть обробляти більші деталі та робити це більш грубо.

Нами запропоновано розширення класифікації металорізального обладнання, а саме:

- Класифікація за мобільністю: стаціонарні верстати, мобільні верстати та портативні верстати.

- Класифікація за принципом різання: верстати з традиційним механічним різанням (токарні, фрезерні, свердлильні тощо), верстати з електрохімічною обробкою, верстати з водоструминним різанням, верстати з лазерним та плазмовим різанням.

Висновки. В результаті аналітичних досліджень науково-технічної літератури в області класифікації металорізального обладнання та системи позначень металорізальних верстатів призводить до наступних висновків:

Класифікація та система позначень металорізального обладнання є важливою частиною виробничого процесу, оскільки дозволяє точно визначити призначення та характеристики верстатів. Вона допомагає підприємствам ефективно вибирати обладнання, що відповідає їх потребам, забезпечуючи оптимальну продуктивність та якість обробки.

Завдяки стандартизації маркування, можна швидко орієнтуватися у великій кількості моделей верстатів та використовувати їх за призначенням. Крім того, правильний вибір металорізального обладнання сприяє підвищенню ефективності виробництва, зниженню собівартості продукції та покращенню її якості. Сучасні тенденції у розвитку металорізального обладнання спрямовані на автоматизацію та впровадження цифрових технологій, що відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та конкурентоспроможності підприємств.

Знання класифікації та системи позначень металорізальних верстатів є необхідним для фахівців машинобудівної та промислової сфери, оскільки це дозволяє правильно вибирати, експлуатувати та модернізувати обладнання відповідно до сучасних вимог ринку.

Також проаналізовано існуючу класифікацію і запропоновано покращити її додавши запропоновані варіанти класифікації металорізального обладнання.

Список використаної літератури.

1. Швець С.В. Металорізальні інструменти: навч. посіб. Суми. 2019. 272 с.
2. Ткаченко А.М. Металорізальні верстати та автоматичні лінії: лабораторні роботи ЛФХДАДК. 2018. 64 с.
3. Веселовська Н.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д., Ковальова І.М. Металообробне обладнання: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Вінниця: РВВ ВНАУ. 2014. 56 с.
4. Видмиш А.А., Грушко О.В. Металообробне обладнання: навч. посіб. Вінниця. 2019. 16 с.
5. Веселовська Н.Р., Ковальова І.М. Металообробне обладнання: методичні вказівки. Вінниця. 2020. 73 с.

Марина ШИНКАРУК⁶²,
студентка 4 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМИ ТОЧНОГО ТВАРИННИЦТВА

Анотація. У статті розглянуто сучасні технології, що застосовуються у точному тваринництві, зокрема Інтернет речей (IoT), штучний інтелект та сенсорні системи. Проаналізовано їхній вплив на ефективність управління фермерськими господарствами, здоров'я та продуктивність тварин.

Ключові слова: Інтернет речей, штучний інтелект, точне тваринництво, мережа, сенсори.

Annotation. The article discusses modern technologies used in precision animal husbandry, including the Internet of Things (IoT), artificial intelligence, and sensor systems. Their impact on the efficiency of farm management, animal health and productivity is analyzed.

Key words: Internet of things, artificial intelligence, precision animal husbandry, network, sensors.

Вступ. Сучасне сільське господарство знаходиться під безпрецедентним тиском, щоб прогодувати зростаюче населення світу, яке, як очікується, досягне 9,8 мільярдів до 2050 року. Зважаючи на те, що споживання тваринницької продукції, випереджатиме споживання сільськогосподарських культур - збільшення на 51-60% у 2050 році порівняно з рівнем 2010 року - існує неминуча потреба у підвищенні ефективності виробництва тваринницьких ферм. Отже, існує нагальна необхідність підвищення ефективності виробництва продукції тваринництва.

Традиційно зростання продуктивності досягалося через консолідацію ферм і вертикальну інтеграцію виробничих систем. Хоча ці підходи підвищили продуктивність на одну тварину, вони спричинили суспільне невдоволення через недоліки у забезпеченні добробуту тварин. Крім того, індивідуальна ветеринарна допомога обмежена через нестачу робочої сили. Ефективний моніторинг добробуту тварин потребує безперервного вимірювання численних показників, що змінюються протягом усього життєвого циклу. Тому необхідні сучасні технологічні рішення, здатні автоматизувати цей процес та забезпечити індивідуальний підхід до кожної тварини.

Виклад основного матеріалу. Точне тваринництво прагне повернутися до «підходу до кожної тварини», використовуючи технологію зондування для

⁶²Науковий керівник – Волинець Є.О., асистент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій.

безперервного моніторингу окремих тварин у реальному часі. Цей підхід спрямований на забезпечення добробуту, сприяє оптимальному здоров'ю та підвищує продуктивність та репродуктивність, а також забезпечує ефективне управління великими групами тварин без традиційних інвестицій у робочу силу. Крім того, технології точного тваринництва можуть ще більше підвищити ефективність виробництва тваринницької продукції, відкриваючи можливості більш ефективного відбору тварин за допомогою автоматизованого фенотипування, більш ефективного розведення тварин за допомогою точного та індивідуального виявлення еструсу та більш ефективного годування тварин через індивідуальне складання раціону та більш точного змішування.

Інтернет речей (IoT) змінює сучасне тваринництво, забезпечуючи безперервний моніторинг здоров'я та продуктивності тварин. Хоча IoT широко використовується в медицині та рослинництві, його впровадження у тваринництві залишається складним через великі розміри ферм, складні умови середовища та обсяг зібраних даних [1].

Попри ці виклики, сучасні технології вже допомагають контролювати склад молока, активність, температуру корів, виявлення тічки та масу тіла. Використання систем далекого зв'язку, таких як **Long Range Radio**, дозволяє відстежувати місцезнаходження тварин та їхній стан у реальному часі [2].

Автоматизація процесів, зокрема доїння, годування, контролю мікроклімату та управління запасами, підвищує ефективність ферм. Аналітичні системи IoT допомагають ухвалювати точні рішення, оптимізуючи управління господарством і використання ресурсів.

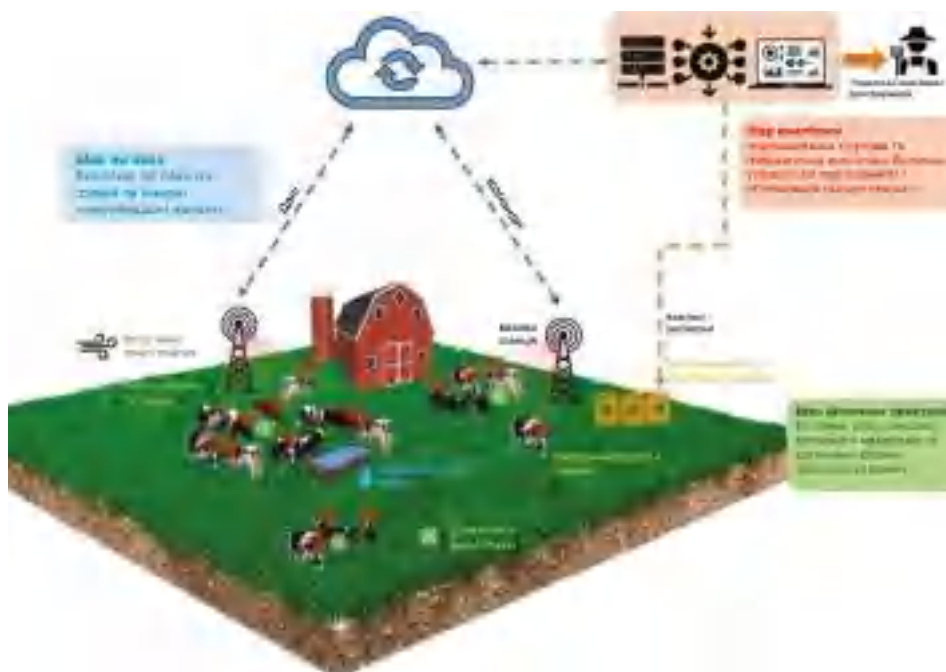


Рис. 1. Огляд архітектури системи для точного молочного скотарства.

Точне тваринництво передбачає застосування технологій для оцінки фізіологічних, поведінкових і продуктивних показників окремих тварин з метою вдосконалення загальних методів управління. У молочному скотарстві

відбувається багато видів діяльності, включаючи: 1) управління харчуванням; 2) управління виробництвом; 3) управління репродуктивністю; 4) управління здоров'ям і благополуччям; 5) селекційне розведення та управління геномом. Системи на основі IoT із розумними датчиками та виконавчими механізмами, підключеними через безпроводні комунікаційні мережі, можуть реалізовувати автономні та систематичні операції для цих областей управління.

На даний момент у молочному тваринництві доступні датчики, які застосовуються для моніторингу продуктивності тварин, фізіологічних і поведінкових показників. Їх можна розділити на три категорії: 1) датчики, які можна носити (постійні) або ті, які прикріплені до тварин, включаючи датчики ретикулорумена та датчики, вставлені в репродуктивний тракт; 2) дистанційні датчики, які використовують технологію глобальної системи позиціонування (GPS) для відстеження місцезнаходження тварин; 3) датчики, що використовуються для вимірювання та моніторингу продуктів, отриманих від тварин, таких як молоко, екскременти та біологічні рідини. Датчик здоров'я: температура тіла та pH рубця [3].

Існуючі монітори температури IoT використовують три типи моніторингу температури тіла: серцевину, периферію та поверхню. Внутрішня температура тіла є особливо цінною, оскільки на неї не впливають зміни навколишнього середовища, що робить її надійним стандартом для діагностики здоров'я. Рубець є кращим місцем для вимірювання внутрішньої температури. Такі датчики, як LiveCare Bolus і Cow Temp, є комерційними датчиками, які розміщують у рубці. Це бездротові датчики, які передають дані на приймач, забезпечуючи таким чином моніторинг у реальному часі, однак вони мають обмежений життєвий цикл приблизно 120 днів. BioBolus, альтернативний продукт, обіцяє 6-7 років роботи, але його ефективність ще потрібно перевірити в комерційних умовах. Крім того, на вимірювання температури рубця часто впливає активність тварин, наприклад питна вода, що створює короткочасні аномалії в даних.

Окрім температури тіла, pH рубця є важливим біомаркером здоров'я та продуктивності тварин, оскільки тісно пов'язаний із загальним станом корів. Контроль рівня pH дозволяє виявляти гострий рубцевий ацидоз (Subacute ruminal acidosis), поширене захворювання у корів на ранній стадії лактації.

Комерційно доступні датчики, такі як ECow, BioBolus і Well Cow pH, використовуються для вимірювання pH рубця, проте мають низку обмежень. Основні проблеми – короткий термін служби батареї, похибка вимірювань, висока вартість та неможливість вилучення пристрою з організму тварини. Новітні датчики з електродами Ag/AgCl, що розраховані на два роки роботи, поки не набули широкого комерційного використання. Додатковою проблемою є обмежений доступ до даних, що ускладнює прийняття рішень фермерами.

Перспективним напрямком є полімери з молекулярним імпринтом (Molecular imprinted polymer) (MIP) та електрохімічні датчики гістаміну. Вони вирізняються низькою вартістю, простотою конструкції, швидкою реакцією та високою чутливістю. MIP-датчики імітують природні системи рецепторів та зберігають стабільність навіть у складних умовах. Останні розробки, зокрема

біосенсор на основі PEDOT: PSS, здатні виявляти гістамін у концентраціях 0,1-1 μ M, що відкриває можливості для їхнього застосування в моніторингу рубця. Такі технології можуть значно покращити діагностику та управління здоров'ям тварин.

Фізіологічний моніторинг: маса тіла, оцінка стану тіла, виявлення кульгавості.

Сучасні системи ведення сільського господарства суттєво впливають на фізіологію тварин, оскільки вони передбачають утримання на обмежених площах із твердим покриттям, таким як бетон. Такі умови можуть спричиняти виснажливі захворювання, тому моніторинг маси тіла та загального фізичного стану є ключовим для добробуту тварин. Першим кроком у цьому процесі є контроль ваги.

Вимірювання ваги молочних корів стало простішим завдяки використанню датчиків та автоматизованих технологій. Традиційне ручне зважування є трудомістким і займає багато часу, тоді як сучасні системи значно спрощують цей процес. Наприклад, датчики навантаження, вбудовані в доїльні зали або станції годування, дозволяють отримувати дані про вагу в реальному часі, коли корови стоять або проходять через платформу. Інтегровані в доріжки або зони годівлі перехідні системи зважування забезпечують контроль ваги без порушення природної поведінки тварин. Крім того, спеціальні зважувальні ворота в проходах дають змогу оцінювати вагу корів під час їхнього руху. У цих системах електронні вушні бірки з радіочастотною ідентифікацією (Radio Frequency Identity) (RFID) дозволяють точно ідентифікувати кожну тварину та оцінювати її вагу на основі моделей активності.

Оцінка стану тіла (Body Condition Score) (BCS) є важливим показником добробуту великої рогатої худоби, що впливає на її продуктивність, здоров'я та репродуктивний стан. Точне визначення BCS допомагає виявити ранні ознаки стресу та запобігти таким проблемам, як кульгавість.

Популярності набули 2D- та 3D-датчики для оцінки параметрів тіла худоби. Зокрема, методи комп'ютерного зору стали ефективним інструментом для автоматичного визначення BCS. Традиційні 2D-камери, що знімають тварину ззаду або зверху, добре зарекомендували себе, проте 3D-сенсори, такі як камери Time of Flight, забезпечують більш точні дані, оскільки дозволяють отримати детальнішу інформацію про контури тіла. Використання методів машинного навчання, зокрема глибоких нейронних мереж, значно покращує класифікацію BCS та підвищує точність прогнозів.

Попри технологічний прогрес, залишаються певні виклики. Для підвищення ефективності системи потрібні великі збалансовані набори даних, а для усунення суб'єктивних помилок в оцінці – більш точні алгоритми. Також важливо включати ширший спектр параметрів тіла, що охоплюють як загальні, так і локальні характеристики.

Кульгавість є одним із найсерйозніших захворювань великої рогатої худоби, що при пізньому виявленні може призвести до вибракування тварин. Автоматизовані методи діагностики, такі як датчики тиску стопи,

відеомоніторинг ходи та аналіз поведінки, дозволяють виявити кульгавість на ранніх стадіях і своєчасно розпочати лікування [4].

Більшість автоматизованих методів ідентифікації кульгавості базуються на порівнянні ходи корови зі стандартною походою здорової тварини. Комп'ютерний аналіз відеозаписів дозволяє оцінювати рух стоп, суглобів ніг, холки та лінії спини. Проте головною проблемою залишається персоналізація аналізу для кожної корови, що потребує створення великих наборів даних з експертними анотаціями.

Визначення якості молока та виявлення маститу.

Датчики якості молока – це автоматизовані вбудовані датчики, які перевіряють зібране молоко, щоб не лише забезпечити якість продукту, але й перевірити наявність біомаркерів здоров'я тварини. Датчики компонентів молока є ключовою частиною технологій управління стадом, що дозволяє контролювати харчування корів і виявляти метаболічні аномалії корови. Більшість поточних аналізів складу молока наразі виконується за допомогою вбудованого обладнання ближнього інфрачервоного діапазону (In-line near-infrared) (NIR), що забезпечує точні дані відповідно до міжнародних рекомендацій щодо відтворюваності, визначених для вбудованих аналітичних пристроїв. Було оцінено вміст жиру, білка, лактози, знежирених сухих речовин і азоту сечовини в молоці за допомогою NIR-спектрів негомогенізованого молока під час доїння в діапазоні довжин хвиль від 700 до 1050 нм, при цьому спостерігався високий рівні точності. Хоча важливо зазначити, що для отримання високої точності в прогнозуванні компонентів молока калібрувальну модель необхідно застосовувати до різних зразків з різних ферм і протягом різних сезонів. Це необхідно через вплив характеристик корів (таких як вік, кількість лактацій, стан лактації, стан здоров'я та репродуктивний статус, дієта та сезонні ефекти) на спектри NIR.

Датчики, які використовуються для діагностики маститу, включають датчик електропровідності молока, колориметрії молока, концентрації лактатдегідрогенази молока, ферментативною реакцією, температурою молочної залози, виміряною за допомогою термографії та оцінкою SCC у реальному часі. Інформацію, зібрану за допомогою датчиків, можна використовувати окремо або в комбінації для розробки алгоритмів прогнозування маститу. Алгоритм використовується для створення сповіщення про мастит на основі збору даних. Раннє виявлення маститу важливо з кількох причин. В автоматизованій системі, оскільки візуальна ідентифікація маститу неможлива, виявлення за допомогою датчика запобігає забрудненню молока. Крім того, це дозволяє почати раннє лікування корови, що призведе до меншої кількості днів лікування та скорочення кількості молочних відходів і вищих шансів на повне відновлення молочних залоз.

Моніторинг активності.

Моніторинг активності тварин надає цінну інформацію не лише про фізіологію та поведінку, а й про стан фермерського середовища. Зміни в активності є ключовим показником тійки, особливо у високопродуктивних корів.

Підвищена активність за відсутності зовнішніх чинників корелює з успішністю запліднення. Датчики, що фіксують рухи (кроки, прискорення, час лежання), розміщують на шії чи ногах тварини. Зібрані дані аналізуються для виявлення відхилень, що сигналізують про тітку. Дослідження підтверджують ефективність таких систем.

Моніторинг навколишнього середовища важливий для комфорту та продуктивності корів. Якщо тварини уникають певних зон корівника, це може свідчити про перегрів чи погані умови. Для випасу застосовують GPS-системи з точністю 5-30 м, хоча у приміщеннях їхня ефективність знижується. Для точнішого визначення місцезнаходження використовують системи тріангуляції радіосигналів, які дають точність до 50 см, що покращує контроль руху та здоров'я.

Управління випасом має вирішальне значення для запобігання надмірному навантаженню на ґрунт. Віртуальні огорожі, такі як BoviGuard, NoFence та eShepherd, дозволяють керувати випасом без фізичних бар'єрів. GPS-відстеження та нашийники з електростимуляцією направляють тварин у визначені зони. Це забезпечує ефективне використання пасовищ, хоча фізичні огорожі залишаються необхідними для безпеки.

Попри перспективність, впровадження віртуальних огорож стикається з наступними викликами: вартістю, технологічними обмеженнями та суспільним сприйняттям. Однак вони можуть значно покращити управління стадом у господарствах із обмеженими ресурсами.

Системи моніторингу точного годування.

Споживання корму та поведінка під час годування є ключовими аспектами точного годування, що має вирішальне значення для індивідуального догляду за тваринами. Для збору даних використовуються стаціонарні пристрої, обладнані RFID-ідентифікацією та системами зважування корму. Приклади таких систем: GrowSafeG (Канада), Calan gates (США) і Nokofarm (Нідерланди). Вони розміщуються у місцях годування для моніторингу частоти та тривалості прийому їжі, визначаючи обсяг спожитого корму шляхом порівняння його ваги до і після годування.

Дослідження підтверджують ефективність цих систем не лише у відстеженні загального стану здоров'я, а й у ранньому виявленні захворювань. Акустичний аналіз використовується для оцінки руху щелеп як показника харчової поведінки, а також для виявлення кашлю та стресу у свиней і великої рогатої худоби.

Додатково застосовується машинний зір для визначення споживання корму та моніторингу здоров'я тварин. Попри перспективність цієї технології, її ефективність наразі залишається неоднозначною, що потребує вдосконалення моделей машинного навчання для комерційного використання.

Індивідуальний підхід до годівлі є важливим аспектом підвищення продуктивності. Кожна тварина має унікальні генетичні особливості, що впливають на споживання сухої речовини, надої, склад молока та ефективність корму. Проте традиційне групове годування не дозволяє максимально

реалізувати потенціал кожної тварини.

Автоматизовані системи годування (Automated Feeding Systems) сприяють індивідуальному годуванню, враховуючи потреби тварин. Придатність AFS залежить від типу утримання: відкриті пасовища, стійла чи закриті приміщення. У груповому утриманні AFS має розпізнавати корів (зазвичай через RFID-мітки), контролювати доступ до годівниці, дозувати корм і прибирати його залишки [5].

Придатність автоматизованих систем годування значною мірою залежить від умов утримання тварин. Ферми можуть використовувати різні моделі розміщення худоби, які визначають вимоги до AFS.

Основні стилі утримання включають: індивідуальні загони; групове утримання в приміщеннях; групове утримання на відкритому повітрі.

Кожен із цих варіантів потребує адаптації AFS. У системах вільного стійла система повинна забезпечувати індивідуальний доступ до корму в умовах групового утримання. Це означає, що AFS має розпізнавати тварин за RFID-мітками, обмежувати доступ до годівниці для інших корів, дозувати потрібну кількість корму та видаляти залишки.

Для відкритих пасовищ AFS повинна бути стійкою до екстремальних погодних умов, а також функціонально відокремленою від інших ресурсів ферми, таких як зернові бункери, силоси тощо. Це забезпечує стабільне та ефективне годування незалежно від умов утримання.

Корисні властивості AFS також визначаються щоденною продуктивністю корму та придатністю для різних типів корму. У попередніх дослідженнях AFS використовувався для згодовування концентрованого компонента раціону або для згодовування всього раціону. У більшості систем, де годують лише частину загального раціону, AFS є автономним і включає зону зберігання корму. Для AFS, призначених для згодовування всього або більшої частини раціону, вони або під'єднані до існуючої інфраструктури зберігання та змішування кормів на фермі (наприклад, стаціонарний змішувач, кормоприймач на рейках, кормові бункери, силоси тощо), або потребують щоденного ручного завантаження попередньо змішаного раціону. AFS, які потребують щоденного ручного завантаження корму, потребують більше робочої сили, але також є більш гнучкими щодо типів корму, що подається. Із запровадженням роботизованих систем доїння ми очікуємо, що базова ціна праці та очікувана річна інфляція витрат на оплату праці також матимуть великий вплив на те, чи буде впровадження AFS прибутковим рішенням. Через великі відмінності у можливих застосуваннях AFS та їхніх чистих результатах в управлінні на фермі та продуктивності корів, системи, розроблені для годівлі різних типів та кількості кормів, слід розглядати окремо, оскільки вони мають дуже різні цілі.

Щоб зробити індивідуальне точне годування економічно вигідним для фермерів, вартість підвищення продуктивності корів повинна перевищувати витрати на інвестиції в технології. Максимальна продуктивність тварин з точки зору управління харчуванням вимагає точних, прогнозованих вимог, які є специфічними для кожної тварини та її реакції. Досягнення цього результату, швидше за все, потребуватиме використання автоматизованих механізмів

вимірювання для фіксації відповідних параметрів, пов'язаних із продуктивністю, з такими алгоритмами, які бездоганно інтегруються в аналітичний рівень систем точного тваринництва.

Висновки. Точне тваринництво є ключовим напрямом розвитку сучасного сільського господарства, що поєднує передові технології для підвищення ефективності управління тваринницькими фермами. Використання Інтернету речей, штучного інтелекту та сенсорних систем дозволяє здійснювати безперервний моніторинг здоров'я, продуктивності та добробуту тварин, що сприяє оптимізації ресурсів і мінімізації негативного впливу на довкілля.

Автоматизовані системи годування, моніторинг активності, діагностика стану здоров'я та розумні алгоритми управління стадом відкривають нові можливості для покращення продуктивності тваринництва. Водночас залишаються виклики, пов'язані з високими витратами на впровадження, необхідністю адаптації технологій до конкретних умов господарств і забезпеченням точності зібраних даних.

Список використаної літератури

1. Akhter, F., Siddiquei H. R., Alahi M. E. E., and Mukhopadhyay S. C.. . An IoT-enabled portable sensing system with MWCNTs/PDMS sensor for nitrate detection in water. *Measurement*. 2021. Vol. 178. P. 109424.
2. Chiani M., Elzanaty A. On the LoRa modulation for IoT: waveform properties and spectral analysis. *IEEE Internet Things J.* 2019. 6. P. 8463–8470.
3. Alzahal O. et al. A system for continuous recording of ruminal pH in cattle. *Journal of Animal Science*. 2007. 85. P. 213–217.
4. Chapinal N. et al. Automated methods for detecting lameness and measuring analgesia in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2010. 93. P. 2007–2013.
5. Belle Z., André G., Pompe J. C. A. M. Effect of automatic feeding of total mixed rations on the diurnal visiting pattern of dairy cows to an automatic milking system. *Biosystems Engineering*. 2012. Vol. 111, no. 1. P. 33–39.

Anatoliy SLOBODYANYUK⁶³,
2nd year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

STRUCTURE OF THE DEVICE FOR CLEANING SEEDS OF AGRICULTURAL CROPS

Annotation. *The article provides information about the schematic diagram, the principle of operation of the device for cleaning seeds of agricultural and leguminous crops from large and small impurities, as well as weed seeds by dividing them into different fractions using air flow.*

Keywords: *device, seeds, seed cleaning, calibration.*

Анотація. *У статті наведено відомості про принципову схему, принцип роботи пристрою для очищення насіння сільськогосподарських та зернобобових культур від великих і дрібних домішок, а також насіння бур'янів шляхом поділу їх на різні фракції за допомогою повітряного потоку.*

Ключові слова: *пристрій, насіння, очищення насіння, калібрування.*

Introduction. Cleaning of crop seeds is one of the key stages in the preparation of seed, which directly affects the yield and quality of the future harvest. The effectiveness of this process depends on the removal of impurities, affected or substandard seeds, which contributes to uniform germination and reduces the risk of disease development.

In modern agricultural production, a variety of seed cleaning devices are used, which differ in their principle of operation, design features and performance. Choosing the right equipment not only improves the quality of the cleaned material, but also minimises losses, reduces energy costs and increases the efficiency of the entire production process.

Summary of the main material. It is known that in recent years, after harvesting grain crops, leguminous crops have been sown on the vacated fields, along with other agricultural crops, on large areas. The reason for this is that, firstly, the population's need for pulses is increasing year by year, and secondly, pulses contain twice as much protein as wheat seeds and three times as much protein as rice. In addition, pulses contain a large amount of complex carbohydrates belonging to the B group, as well as vitamins and minerals that are so essential for the human body[1].

However, to date, in the technological lines for preparing crop seeds for sowing, in farms for cleaning seeds of agricultural and leguminous crops from large and small impurities, as well as weed seeds, there is no simple universal device that meets modern requirements and modern requirements. In this regard, farmers are forced to clean the

⁶³Науковий керівник – Липницький Р.М., асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

seeds of crops grown for their own needs using primitive devices or manual labour. The latter leads to delays in harvesting the crops, lower quality of the cleaned seeds and higher costs.

Therefore, Figure 1 shows a schematic diagram of a device for cleaning seeds of various agricultural and leguminous crops from large and small impurities, as well as weed seeds by separating them into different fractions using an air stream.

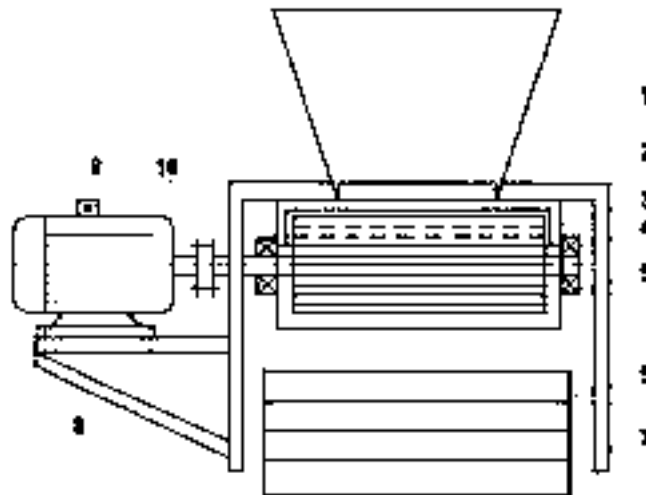


Fig. 1. Schematic diagram of the device for cleaning seeds of various crops.

The principle of operation of the device is as follows. Depending on the physical and mechanical properties of the crop seeds, the material to be cleaned is loaded into the loading hopper 1 in the amount of 100 to 150 kg. After loading the material, the device is connected to the power supply, and the fan 5 is driven into rotation by the electric motor 9 and the clutch 10.

The main function of the fan is to create a directed air flow, which is used to distribute the seeds according to their physical and mechanical properties[2]. Depending on the characteristics of the seeds to be cleaned, mechanism 3 sets the optimal air flow rate, and device 2 is used to regulate the rate of seed supply to the cleaning zone.

At the moment of feeding, the seed, which has different contamination and contains impurities in the form of weed seeds, is fed from the loading hopper 1 to the sliding board. Due to this, it enters the zone of action of the air flow created by the fan 5 in an even layer. When it enters the zone of action of the air flow, the seeds are separated into fractions according to their physical and mechanical characteristics.

In particular, large impurities, such as stones, metal parts, clods of earth and other solid inclusions, fall into the first fraction. The second fraction contains cleaned seeds that meet the required quality standards. Small seeds that do not meet the required size are separated into the third fraction. Finally, the fourth fraction contains light impurities, including empty, spoilt, damaged seeds, as well as weed seeds and small foreign inclusions.

One of the most important aspects of the device's efficient operation is the correct setting of the coordinate of the separation plane of the receiving hopper 6. This allows

for a precise distribution of seeds and impurities according to their weight and aerodynamic characteristics. Thanks to this, the device ensures complete cleaning of seeds from both large and small impurities, as well as from unwanted weed seeds[3].

It is worth noting that due to the correct and optimal adjustment of the air flow rate by mechanism 3, the universal device allows for high-quality cleaning of seeds of various crops. This can include cleaning seeds of small crops, such as carrots, to much larger seeds, such as peas. Thus, the device is a highly effective tool for cleaning seed material, which allows to improve its quality and ensure better germination and yield.

The device consists of a loading hopper 1, a device for adjusting the seed feed rate 2, a mechanism for adjusting the air flow rate 3, bearings 4, a fan 5, a receiving hopper 6, a frame 7, a base 8, an electric motor 9 and a clutch 10.

The device 2 allows to adjust the rate of seed feeding depending on their contamination and physical and mechanical properties. Mechanism 3 allows adjusting the air flow rate in a wide range for high-quality cleaning of seeds of various agricultural and leguminous crops from large and small impurities, as well as weed seeds[5].

The intake hopper 6 of the device can be divided into several fractions by installing cut-offs. Thus, large and small impurities, cleaned seeds, and weed seeds fall into different fractions depending on their physical and mechanical properties. The general view of the device is shown in Figure 2.



Fig. 2. General view of the device; a) - front view; b) - side view

1 - loading hopper; 2 - device for adjusting the seed feed rate; 3 - mechanism for adjusting the air supply; 4 - bearings; 5 - fan; 6 - receiving hopper; 7 - frame; 8 - base; 9 - electric motor; 10 - clutch.

The principle of operation of the device is as follows. Depending on the physical and mechanical properties of the crop seeds, the material to be cleaned is loaded into the loading hopper 1 in the amount of 100 to 150 kg. After loading the material, the device is connected to the power supply, and the fan 5 is driven into rotation by the electric motor 9 and the clutch 10.

The main function of the fan is to create a directed air flow, which is used to distribute the seeds according to their physical and mechanical properties. Depending

on the characteristics of the seeds to be cleaned, the mechanism 3 sets the optimal air flow rate, and the device 2 is used to regulate the rate of seed supply to the cleaning zone.

At the moment of feeding, the seed, which has different contamination and contains impurities in the form of weed seeds, flows from the loading hopper 1 to the sliding board. Due to this, it enters the zone of action of the air flow created by the fan 5 in a uniform layer. When it enters the zone of action of the air flow, the seeds are separated into fractions according to their physical and mechanical characteristics.

In particular, large impurities, such as stones, metal parts, clods of earth and other solid inclusions, fall into the first fraction. The second fraction contains cleaned seeds that meet the required quality standards. Small seeds that do not meet the required size are separated into the third fraction. Finally, the fourth fraction contains light impurities, including empty, spoilt, damaged seeds, as well as weed seeds and small foreign inclusions.

One of the most important aspects of the device's efficient operation is the correct setting of the coordinate of the separation plane of the receiving hopper 6. This allows for a precise distribution of seeds and impurities according to their weight and aerodynamic characteristics. Thanks to this, the device ensures complete cleaning of seeds from both large and small impurities, as well as from unwanted weed seeds.

It is worth noting that due to the correct and optimal adjustment of the air flow rate by mechanism 3, the universal device allows for high-quality cleaning of seeds of various crops. This can include cleaning seeds of small crops such as carrots to much larger seeds such as peas. Thus, the device is a highly effective tool for cleaning seed material, which allows to improve its quality and ensure better germination and yield.[4]

Conclusion: Cleaning of crop seeds is an important step in the preparation of sowing material, which affects the quality and yield of the future harvest. The use of modern technologies and equipment can increase the efficiency of this process, minimise losses and reduce energy costs.

Thus, the device for cleaning seeds of various agricultural and leguminous crops demonstrates high efficiency due to the ability to adjust the seed supply and air flow. This allows for the efficient separation of large and small impurities, weeds and substandard seeds, ensuring the production of high-quality seed.

The use of such a device in farms will automate the seed cleaning process, improve its quality and reduce the cost of grown products, which in turn will improve the economic efficiency of agricultural production.

References

1. Grain purification equipment, grain purification machines: website. URL: <https://franz-ruberg.de/uk/processing-technology-uk/#:~:text=%D0%93%D0%BC%D0%B1%D0%A5%20%D0%B7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%83%D1%94%D1%82%D1%8C%D1%81%D1%8F%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BE%D1%87%D0%B8%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%2C%20%D1%81%D0>

[%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97,%D0%BA%D0%B0%D0%B2%D0%B8%2C%20%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%83%2C%20%D0%B1%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%B2%20%D1%82%D0%BE%D1%89%D0%BE](#). (date of access: 26.03.2025).

2. Kobets A. S., Chursinov Yu. O., Chernykh S. A., Sabadash M. P., Grekova N. V., Kanunnikov V. P. Machines and equipment for grain cleaning and complex processing - Dnipropetrovsk: DDAU, 2013. - 766 p.

3. Technology of grain cleaning: website. URL: <https://buklib.net/books/22811/> (date of access: 26.03.2025).

4. Tverdokhlib I.V. Dosliadzhennya processu vityrannya nasinnya vrohu lucerne. *Technique, energetics, transport APK*: scientific journal. 2017. №4. P. 77-83.

5. Olshanskii V.P. et al. Theory of grain separation: manual. Kharkiv: HSTUSG. 2017. 803 c.

Павло ТКАЧ⁶⁴,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ НА ОСНОВІ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Анотація. В даний час все більшого поширення набуває дистанційна діагностика транспортних засобів, яка дозволяє аналізувати дані з уже встановлених датчиків, не втручаючись в конструкцію транспортного засобу, і виводити тільки необхідну інформацію для підтримки належного рівня технічного стану транспортного засобу.

Ключові слова: дистанційна діагностика, діагностика двигуна внутрішнього згоряння, механічних втрат, розбіговий метод

Annotation. Remote diagnostics of vehicles is currently becoming increasingly widespread. The application of this concept will allow analyzing data from pre-installed sensors, without interfering with the vehicle design, doing it remotely and displaying only the necessary information to maintain the proper level of the vehicle's technical condition.

Key words: remote diagnostics, internal combustion engine diagnostics, mechanical losses, retardation method

⁶⁴Науковий керівник — Купчук І.М., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Вступ. Сучасні мобільні машини оснащуються електронною системою управління, в яку входять датчики і реле, що дозволяють контролювати стан різних вузлів і систем машини. Інформація з цих датчиків надходить в електронний блок управління [1], до якого повинен бути підключений сканер для зчитування інформації з датчиків. Аналіз технічного стану машини залежить від здатності сканера отримувати розширені показники для однієї або групи моделей. Відсутність спеціалізованого сканера не дозволяє постійно контролювати технічний стан машин під час роботи. Крім того, дане обладнання коштує дуже дорого [2], тому необхідно розробляти більш універсальні і менш дорогі методи діагностики.

Однією з важливих частин транспортного засобу є двигун, роботу якого можна контролювати, контролюючи показники витрати палива [3]. Контроль витрати палива дозволяє стежити за різними процесами, що відбуваються в двигуні: зносом різних компонентів двигуна, економічністю палива, екологічністю вихлопу і т.д. - словом, він допомагає стежити за якістю роботи двигуна і розраховувати зміну механічних втрат. Завдяки сучасним системам управління є можливість постійно контролювати витрату палива в двигуні [4] і відстежувати його зміну в процесі роботи.

Для вибору режиму діагностики були проаналізовані режими роботи двигуна під навантаженням і без навантаження. Так як контролювати зміну двигуна під навантаженням складно, було прийнято рішення використовувати режим холостого ходу - режим холостого ходу. При експлуатації різних видів техніки частка холостого ходу різних видів транспортних засобів обчислювалася:

- легковий автомобіль (до 3,5 тонн) – 16%;
- вантажний автомобіль (понад 3,5 тонни) – 17%;
- міський автобус – 23%;
- сільськогосподарська техніка – 25%.

Слід зазначити, що для сільськогосподарської техніки час простою становить 25%, тобто 1/4 від загального часу роботи. Це значна частина часу роботи, тому використовувати режим холостого ходу для діагностики технічного стану без переривання робочого процесу досить вигідно і зручно.

Виклад основного матеріалу. Існує кілька основних методів дистанційної діагностики двигунів внутрішнього згоряння, кожен з яких має свої особливості та принципи роботи. Це такі методи, як телеметрія, аналіз даних датчиків, відеодіагностика, методи неруйнівного контролю (НК), акустичний, аналіз викидів.

Телеметрія в контексті діагностики ДВЗ передбачає використання датчиків для збору критично важливих даних про роботу двигуна, таких як температура, тиск, деформація та швидкість обертання. Ці датчики встановлюються на різних компонентах двигуна, включаючи поршні, клапани та колінчастий вал, для забезпечення всебічного моніторингу. Зібрані дані передаються в режимі реального часу через бездротові канали зв'язку, такі як індуктивний зв'язок, радіочастотний зв'язок, стільникові мережі або супутниковий зв'язок, до

центральної системи обробки та аналізу. Для забезпечення стабільності зв'язку інформація часто шифрується та передається з використанням захищених протоколів, таких як HTTP або MQTT.

Телеметрія забезпечує низку значних переваг для діагностики ДВЗ. Моніторинг у реальному часі дозволяє виявляти несправності на ранніх стадіях, що сприяє запобіганню серйозних поломок та зменшенню часу простою обладнання. Дистанційний доступ до даних двигуна дозволяє фахівцям здійснювати діагностику з будь-якої точки світу, що особливо цінно для комерційного транспорту та сільського господарства, де техніка може працювати у віддалених місцях. Проактивне планування технічного обслуговування на основі даних телеметрії допомагає оптимізувати витрати та збільшити термін служби двигуна. Крім того, своєчасне попередження про потенційні проблеми підвищує безпеку експлуатації обладнання.

Незважаючи на численні переваги, впровадження телеметрії також пов'язане з певними недоліками. Одним з основних є потенційні ризики для безпеки та конфіденційності даних, оскільки передача інформації через бездротові канали може бути вразливою до кібератак та несанкціонованого доступу. Можуть виникати проблеми сумісності з існуючими застарілими системами, що ускладнює інтеграцію нових технологій. Вартість впровадження та обслуговування інфраструктури телеметрії, включаючи датчики, комунікаційне обладнання та програмне забезпечення, може бути значною. Надійність системи залежить від стабільності сигналу та якості мережевого зв'язку, які можуть бути нестабільними у віддалених або складних умовах. Крім того, телеметрія може не виявляти всі типи механічних несправностей, особливо тих, що не відображаються у вимірюваних параметрах.

Аналіз даних датчиків передбачає використання інформації, що надходить від різноманітних сенсорів, якими оснащені сучасні ДВЗ. Ці датчики можуть вимірювати широкий спектр параметрів, включаючи температуру охолоджуючої рідини, тиск у впускному колекторі, швидкість обертання двигуна, швидкість автомобіля, температуру повітря на вході та інші. Для аналізу цих даних застосовуються різноманітні методи, включаючи статистичні методи, алгоритми машинного навчання (такі як штучні нейронні мережі, згорткові нейронні мережі та глибокі нейронні мережі) та штучний інтелект. Перед аналізом дані часто піддаються попередній обробці, яка включає фільтрацію, очищення та нормалізацію для підвищення точності аналізу.

Аналіз даних датчиків має значні переваги в контексті діагностики ДВЗ. Він дозволяє здійснювати раннє виявлення та прогнозування несправностей двигуна, що сприяє своєчасному технічному обслуговуванню та запобіганню серйозних поломок. Оптимізація графіків технічного обслуговування на основі аналізу даних може призвести до скорочення часу простою обладнання та зниження витрат на його утримання. Точність діагностики, що базується на аналізі великих обсягів даних, часто перевищує можливості традиційних методів. Проактивне виявлення потенційних проблем підвищує безпеку експлуатації двигуна.

Успішне застосування аналізу даних датчиків вимагає наявності високоякісних та надійних даних від сенсорів. Обробка шумних даних, викидів та пропущених значень може бути складною. Для ефективної інтерпретації результатів аналізу потрібні фахівці з глибокими знаннями в галузі аналізу даних та машинного навчання. Існує також ризик отримання хибнопозитивних або хибнонегативних прогнозів. Крім того, збір достатньої кількості даних про рідкісні події відмов може бути проблематичним.

Відеодіагностика двигунів внутрішнього згоряння ґрунтується на використанні візуальної інформації, отриманої за допомогою камер. Для зовнішнього огляду двигуна можуть застосовуватися звичайні відеокамери, що дозволяють виявляти зовнішні пошкодження, витіки рідин або інші видимі дефекти. Для дослідження внутрішніх компонентів двигуна, таких як циліндри, поршні або клапани, використовуються спеціалізовані інструменти, такі як бороскопи або ендоскопи, які вводяться через свічкові отвори або інші технологічні отвори. Отримані зображення та відео аналізуються фахівцями для виявлення ознак зносу, пошкоджень, відкладень або інших проблем.

Відеодіагностика є неінвазивним методом, що дозволяє оцінювати стан двигуна без необхідності його повного розбирання, що значно економить час та ресурси. Завдяки високій деталізації зображень можна точно ідентифікувати навіть незначні дефекти, такі як тріщини, корозія або відкладення на внутрішніх поверхнях. Візуальний доступ до важкодоступних місць, що забезпечується бороскопами, дозволяє отримати інформацію про стан компонентів, які інакше були б недоступні для огляду.

Якість отриманих зображень може залежати від умов освітлення та характеристик використовуваного обладнання. Інтерпретація візуальних даних вимагає від фахівців певного досвіду та знань. Деякі внутрішні дефекти, які не мають візуальних проявів, можуть залишитися непоміченими. Вартість спеціалізованого обладнання для відеодіагностики може бути досить високою.

Методи неруйнівного контролю (НК) є важливим інструментом для оцінки стану двигунів внутрішнього згоряння без їхнього пошкодження. Ультразвуковий контроль (УЗК) використовує височастотні звукові хвилі для виявлення внутрішніх дефектів, таких як тріщини або порожнини, шляхом аналізу відбитих сигналів. Рентгенографічний контроль (РГК) застосовує рентгенівське або гамма-випромінювання для отримання зображень внутрішньої структури компонентів, виявляючи тріщини, включення та інші дефекти. Магнітопорошковий контроль (МПК) використовується для виявлення поверхневих та підповерхневих дефектів у феромагнітних матеріалах шляхом створення магнітного поля та нанесення феромагнітного порошку, який накопичується в місцях дефектів. Контроль проникаючими речовинами (КПР) застосовується для виявлення поверхневих тріщин та інших дефектів шляхом нанесення спеціальної рідини, яка проникає в дефекти та стає видимою після обробки проявником. Вихрострумний контроль (ВСК) використовує електромагнітну індукцію для виявлення поверхневих та підповерхневих дефектів у провідних матеріалах шляхом аналізу змін вихрових струмів,

індукованих у контрольованому об'єкті. Візуальний контроль (ВК) є найпростішим методом, що включає візуальний огляд компонентів для виявлення видимих дефектів.

Методи НК дозволяють виявляти як поверхневі, так і внутрішні дефекти без пошкодження компонентів двигуна. Вони дають можливість оцінювати товщину та властивості матеріалів. Завдяки НК можна виявляти корозію, тріщини, порожнини та інші типи дефектів на ранніх стадіях. Це забезпечує безпеку та надійність експлуатації двигуна без необхідності його розбирання. Методи НК застосовні до широкого спектру матеріалів, включаючи метали, композити, кераміку та пластмаси. Вони можуть використовуватися як для контролю якості під час виробництва, так і для інспекцій обладнання, що вже перебуває в експлуатації.

Деякі методи НК мають обмеження щодо матеріалів, які вони можуть контролювати (наприклад, МПК застосовується лише до феромагнітних матеріалів, а ВСК – до провідних). Точність результатів може залежати від кваліфікації та досвіду оператора. Деякі методи, такі як РГК, вимагають спеціалізованого обладнання та інфраструктури. Глибина виявлення дефектів може бути обмеженою для певних методів (наприклад, для ВСК). Для деяких технік може знадобитися попередня підготовка поверхні. Початкові інвестиції в обладнання та навчання персоналу можуть бути значними.

Акустичний аналіз у діагностиці ДВЗ передбачає використання мікрофонів та акустичних датчиків для фіксації звуків та вібрацій, що виникають під час роботи двигуна. Отримані акустичні сигнали піддаються аналізу для виявлення аномальних шумів, частотних змін або інших відхилень від нормальних звукових характеристик, які можуть свідчити про наявність несправностей. Для обробки та інтерпретації акустичних даних застосовуються різні методи, включаючи аналіз спектра, вейвлет-аналіз, емпіричне модове розкладання та методи машинного навчання.

Акустичний аналіз є безконтактним методом, що дозволяє проводити діагностику дистанційно. Вимірювання є відносно простими та швидкими у виконанні. Для збору даних можуть використовуватися доступні пристрої, такі як смартфони або мікрофони, що робить метод економічно вигідним. Акустичний аналіз дозволяє виявляти різноманітні проблеми в роботі двигуна, включаючи механічні несправності, проблеми зі згорянням та змащенням.

Акустичний аналіз є чутливим до фонового шуму та впливу навколишнього середовища, що може ускладнювати виділення корисного сигналу. Інтерпретація акустичних сигналів може бути складною та вимагати спеціальних знань та досвіду. Акустична емісія може мати обмежений діапазон виявлення. Метод може надавати лише якісні результати щодо наявності дефектів. Ефективність методу може залежати від типу матеріалу та умов навантаження. Існують складнощі у встановленні чіткого зв'язку між конкретними акустичними сигналами та певними механізмами пошкодження.

Аналіз викидів двигунів внутрішнього згоряння передбачає вимірювання та оцінку рівня забруднюючих речовин у вихлопних газах. Основними

компонентами, що підлягають аналізу, є оксид вуглецю (CO), вуглеводні (HC), оксиди азоту (NOx) та тверді частинки (PM). Для проведення аналізу використовуються спеціальні газоаналізатори, які підключаються до вихлопної системи автомобіля. Крім того, важливу роль відіграє діагностика бортової системи діагностики (OBD-II), яка контролює роботу систем, що впливають на викиди, та фіксує коди помилок у разі виявлення несправностей.

Аналіз викидів є ефективним методом для виявлення проблем, пов'язаних з роботою системи випуску та згоряння палива. Він допомагає контролювати відповідність автомобіля екологічним стандартам та нормам. За результатами аналізу можна судити про ефективність згоряння палива та наявність потенційних несправностей двигуна, таких як проблеми з паливною системою або системою запалювання. Тестування OBD-II є досить швидким та простим у проведенні. Раннє виявлення проблем може допомогти запобігти більш серйозним поломкам та заощадити кошти на ремонті.

Аналіз викидів може не виявляти всі типи механічних несправностей двигуна. Точність тестування OBD-II може знижуватися з віком автомобіля. Вимірювання викидів на холостому ходу можуть не відображати реальний рівень забруднення при навантаженні. Електричні проблеми можуть призводити до помилкового спрацьовування індикатора Check Engine. Іноді покращення екологічних показників досягається за рахунок зниження економічності та надійності двигуна.

У Вінницькому національному аграрному університеті значна увага дослідників в області дистанційної діагностики ДВЗ зосереджена на використанні віброакустичних методів діагностування несправностей дизельних двигунів. На базі лабораторії двигунів внутрішнього згоряння науковцями [3-4] проведено низку досліджень, які полягають у наступному. На першому етапі діагностики постійно контролюється витрата палива на холостому ходу. Виняток становить процес запуску і прогріву двигуна, так як робота все одно йде в нестійких режимах. Витрата палива, який є в даний момент, постійно порівнюється з еталонним витратою палива. Якщо значення фактичної витрати палива не виходять за межі допусків, то двигун вважається справним і необхідності в подальшій діагностиці немає. Якщо значення фактичної витрати палива виходять за межі допусків, необхідно переходити до другого етапу оцінки технічного стану двигуна - до розбігу і розрахунку діагностичного показника D2.

Щоб визначити причину несправності (це фактори, які впливають або на механічні втрати, або на показники індикатора) необхідно порівняти два діагностичних показника. Рівність показників (або якщо їх значення близькі) свідчить про виникнення несправності в вузлах і агрегатах, що впливають на потужність механічних втрат.

У разі, коли зміна циклічної витрати перевищує зміну кутового прискорення ($D1 > D2$) або коли $D2 = 1$, можна судити про наявність несправності в двигуні через проблеми з факторами, що впливають на показники.

У випадку з $D2 > 1$ і $D1 \neq D2$ несправність двигуна сталася через фактори, що впливають на показники показника і потужність механічних втрат.

Для порівняння експериментально отриманих даних в процесі діагностики з показниками еталонного двигуна були сконструйовані опорні поверхні для справного двигуна на холостому ходу (рис. 1, 2).

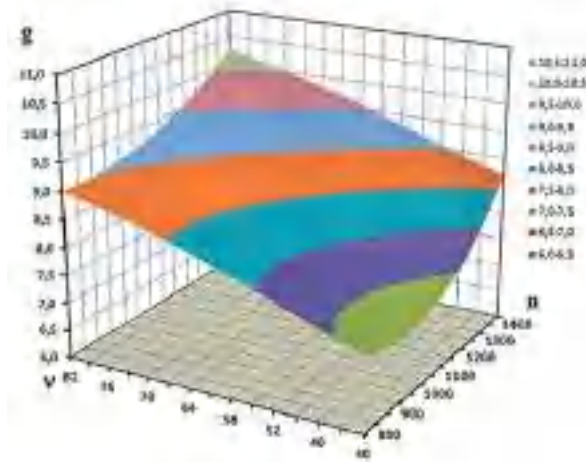


Рис. 1. Зміна циклічної подачі палива в залежності від в'язкості (ν , cSt) і швидкості обертання (n , хв-1)

*Примітка: За результатами досліджень науковців [3].

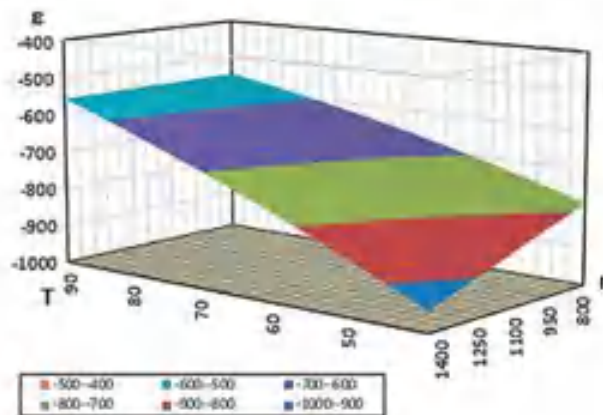


Рис. 2. Кутове прискорення (ϵ , с-2) в залежності від температури (T , °C) і швидкості (n , хв-1)

*Примітка: За результатами досліджень науковців [4].

Для аналізу технічного стану двигуна послідовно вводилися несправності ("Забитий фільтр" та "Несправна форсунка"). Власна діагностика двигуна помилок не виявила.

Проводилися вимірювання в діапазоні обертів 700-1550 хв-1 та температур 20-95°C, фіксувалися циклічна подача палива, температура масла та витрата повітря. Відхилення циклічної подачі від еталонної порівнювалися при різних температурах масла.

Встановлена оптимальна межа відхилення в 10% вказувала на несправність, що потребувало другого кроку діагностики з розрахунком показника D1 (для температур 60 та 70°C).

На наступному етапі за допомогою сканера Delphin відключалася подача палива для визначення показника D2 (биття).

Аналіз "Забитого фільтра" показав збільшення витрати палива через зростання механічних втрат (5-6%) та зниження ККД (11-13%). Зростання втрат пояснюється утрудненням впуском, а зниження ККД – погіршенням згоряння через зниження тиску та температури.

Аналіз "Несправної форсунки" показав незмінність механічних втрат, а зміна витрати палива була спричинена лише зниженням ККД (21-22%), що відповідає теоретичному збільшенню подачі на 20% при роботі 5 форсунок з 6.

Запропонований алгоритм діагностики може використовуватися дистанційно.

Висновок. Запропонований алгоритм діагностики двигуна внутрішнього згоряння, адекватність якого доведена експериментальними даними, дає можливість дистанційно судити про технічний стан двигуна за допомогою діагностичних показників D1 (оцінка циклічної зміни потоку) і D2 (оцінка зміни кутового прискорення). Порівняння цих двох показників дозволяє виявити першоджерело несправності.

Список використаної літератури

1. Martyr A.J., Plint M.A. Engine testing: The design, building, modification and use of powertrain test facilities: manual. US: Elsevier. 2012. 571 p.

2. Iveco. NEF Tier 3 series. Technical and repair manual. Milan: Satiz technical publishing: manual. 2007. 580 p.

3. Дуганець В.І., Грушецький С.М., Токарчук О.А., Бончик В.С., Федірко П.П. Аналіз основних несправностей зернозбиральних комбайнів та шляхи підвищення їх роботоздатності на збиранні зернових, зернобобових та інших культур. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2023. № 1 (120). С. 21-28.

4. Яцковський В.І., Солоня О.В., Яцковська Р.О. Дослідження впливу несправностей паливної апаратури на крутний момент дизельного двигуна. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2012. № 2.

5. Ananin A.D., Mikhlin V.M., Gabitov I.I. et al. Diagnostics and maintenance of vehicles: study manual for university students. Izdatel'skiy tsentr "Akademiya". 2008. 432 p.

6. Borysiuk D., Spirin A., Kupchuk I., Tverdokhlib I., Zelinskyi V., Smyrnov Ye., Ognevyy V. The methodology of determining the place of installation of accelerometers during vibrodiagnostic of controlled axes of wheeled tractors. *Przegląd Elektrotechniczny* scientific journal. 2021. Vol. 97. № 10. P. 44–48.

7. Видмиш А.А., Возняк О.М., Купчук І.М., Бойко Д.Л. Дослідження медіанної фільтрації одновимірних сигналів. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2020. №1 (96). С. 88-102.

8. Борисюк Д.В., Твердохліб І.В., Купчук І.М., Цуркан О.В. Математична модель автоматизації процесу діагностування системи «Common Rail» двигунів

серії «ЯМЗ-5340». *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2023. № 2(121). С. 63-74.

9. Борисюк Д.В., Твердохліб І.В., Купчук І.М., Ковальчук О.О. Математична модель віброакустичного сигналу отриманого при віброакустичному діагностуванні машин. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. 2023. № 4(111). С. 11-15.

Олександр ВАЛЬЧУК⁶⁵,
студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Анотація. У статті розглядаються сучасні технології диференційованого внесення добрив у точному землеробстві. Аналізуються методи використання GPS, GIS-систем та сенсорних технологій для оптимального розподілу добрив залежно від особливостей ґрунту. Описуються основні принципи технології.

Ключові слова: диференційоване внесення добрив, точне землеробство, GPS, GIS, сенсори, автоматизовані дозатори, врожайність, екологічна безпека.

Annotation. The article considers modern technologies of differentiated fertilizer application in precision agriculture. Methods of using GPS, GIS systems and sensor technologies for optimal distribution of fertilizers depending on soil characteristics are analyzed. The basic principles of the technology are described.

Keywords: variable rate fertilization, precision agriculture, GPS, GIS, sensors, automated dispensers, crop yield, environmental safety.

Вступ. Забезпечення якісного живлення рослин є одним з ключових чинників для отримання високих врожаїв та сталого розвитку сільського господарства. Проте традиційні способи внесення добрив часто базуються на середньостатистичних нормах, які не враховують варіативність ґрунтових умов, що спричиняє неефективне використання ресурсів, шкоду довкіллю та збільшення витрат. Відтак, одним з перспективних напрямків є використання технології диференційованого внесення добрив, яка дозволяє оптимізувати процес живлення рослин відповідно до конкретних потреб кожної ділянки поля [1]. Диференційоване внесення добрив у точному землеробстві мінімізує нераціональне використання агрохімікатів, забезпечуючи при цьому рослини необхідною кількістю поживних речовин. Сучасні досягнення в галузі точного

⁶⁵Науковий керівник - Холодюк О.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

землеробства, зокрема розвиток глобальних систем позиціонування (GPS), геоінформаційних систем (GIS), сенсорних технологій, а також автоматизованих дозаторів добрив, створюють передумови для більш точного та ефективного застосування добрив [1, 2].

Метою цієї статті є детальний аналіз сучасних технологій диференційованого внесення добрив, оцінка їх ефективності, економічної доцільності та екологічних переваг. Також буде розглядатися перспектива розвитку цих технологій, зокрема з використанням штучного інтелекту та роботизованих систем, які значно підвищують ефективність внесення добрив і дозволяють досягти ще більших результатів у майбутньому.

Виклад основного матеріалу. Диференційоване внесення добрив, або ж ДВД, це система, що забезпечує зміну доз добрив залежно від складу ґрунту, потреб кожної зони поля та планованої врожайності. При традиційному землеробстві розподіл поживних речовин в межах поля відбувається нерівномірно, внаслідок чого на полі з'являються «залисини»: ділянки зі слабкими або зрідженими сходами. Звичайно, це негативно позначається на врожайності, причому різниця в урожайності на окремих ділянках поля може досягати 500%-600%.

Щоб провести внесення добрив спочатку проводять три основних етапи:

Етап перший: відбір зразків (рис. 1). Місця взяття зразків визначаються за електронною картою. Локалізація цих точок на місцевості встановлюється за допомогою GPS-моніторів, встановлених на автомобілях чи квадроциклах. У «Дружба-Нова» використовують 3 автомобілі та 2 квадроцикли з німецькими автоматичними пробовідбірниками. Глибина проколу залежить від товщини орного шару та складає зазвичай 30 см. На площі 5-10 га в середньому робиться 15-20 таких проколів [3].



Рис. 1. Взяття зразків ґрунту.

Етап другий: аналіз зразків. Зібрані зразки ґрунту підсушують у сушильних шафах за температури 30-40° С, аж поки вони не стануть повітряно-сухими. Після цього ґрунт очищають від сторонніх домішок та перетирають спеціальним млином. Підготовлений матеріал відправляють до лабораторії, де його досліджують кількома методами. У результаті лабораторних випробувань визначають рівень насиченості ґрунту кожним хімічним елементом, який є важливим для живлення. Всю здобуту інформацію заносять до комп'ютерної бази даних, одночасно передаючи до відділу геоінформаційних систем (ГІС) [3].

Етап третій: створення карти (рис. 2). Отримані дані завантажують у програму для створення карти поля. За ними створюють окремі карти для фосфору, калію, азоту, а також рівня кислотності ґрунту. Сучасні технології дозволяють накладати зображення з карт одне на одне, щоб отримати комплексну картину. На практиці для поля площею 100 га, поділеного на ділянки по 10 га, буде отримано приблизно 200 показників для кожного хімічного елемента (за умови, що на кожній ділянці візьмуть 20 зразків) [3].

Після цих кроків настає черга внесення добрив, за яким наглядає диспетчерський центр, котрий оперативно реагує на будь-які відхилення основних показників від заданих параметрів. Паралельно відслідковуються нормативи витрати добрив і пального, а також відхилення від маршруту та простої. Вся зібрана інформація надходить на портал Connectedfarm.

Агрегат здійснює розпушування (рис. 3) ґрунту на глибину 30 см, водночас вносячи добрива на глибину 13-15 см. Він здатен працювати з одним або двома видами добрив одночасно - наприклад, зараз це хлористий калій та амофос. Два бункери об'ємом по 3 т кожен, з інтенсивністю внесення 60-90 кг/га, дозволяють обробити 50 га без необхідності дозаправки добривами. 3 бункерів, за допомогою пневматичної подачі через рукави довжиною близько 15 м, добриво через розподільник рівномірно надходить на сошники. Відстань між лапами становить 70 см. У компанії додатково переобладнано 38 причіпних бункерів для контролю змінної норми внесення, котрі працюють як з додатковими системами управління нормою, так і через з'єднання ISO BUS.

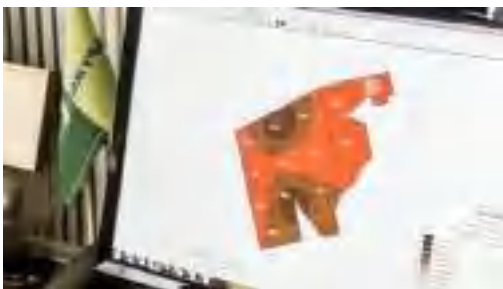


Рис. 2. Створення карти внесення добрив.



Рис. 3. Агрегат здійснює рихлення.

Для впровадження технології диференційованого удобрення залучають передові технологічні інструменти, що ґрунтуються на детальних даних та автоматизації. Ключовим елементом тут є GPS (Global Positioning System), що надає точне позиціонування сільгосптехніки, яка вносить добрива. Це дає можливість контролювати рух техніки з високою точністю, сприяючи рівномірному та раціональному розподілу добрив. З іншого боку, ГІС (геоінформаційні системи) використовуються для картографування полів, візуалізуючи дані про різні параметри ґрунту, включаючи вологість, кислотність (pH) та концентрацію макро- і мікроелементів. Завдяки цьому формуються карти полів з детальною інформацією про стан ґрунту, що стає фундаментом для точного удобрення. Не менш важливими є сенсорні системи, які в режимі реального часу збирають дані про стан ґрунту безпосередньо під час роботи техніки. Сенсори вимірюють вміст азоту, калію, фосфору та інших важливих

елементів у ґрунті. Ці дані автоматично надсилаються до системи управління технікою, яка регулює об'єм добрив, що вносяться на певній ділянці [1, 2, 3].

Однією з найбільших інноваційних технологій у галузі є використання дронів або безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для моніторингу стану ґрунтів і внесення добрив. Дрони, оснащені камерами, сенсорами та системами для обробки великих площ, дозволяють безпечно і швидко контролювати стан ґрунтів і надземної частини рослин, а також без точного розподілу добрив при необхідності використання важкої техніки. Це дозволяє зменшити витрати на пале, а також скоротити витрати на обробку трудових ресурсів [3].

На українському ринку можна зустріти різноманітні моделі дронів-обприскувачів, серед яких виділяються XAG, DJI AGRAS та інші. Оригінальний конструкторський задум реалізовано в дронах-обприскувачах XAG, що відповідають інноваційній концепції "техніка-трансформер" або "агродрон-трансформер". Ці дрони універсальні, адже здатні виконувати широкий спектр операцій: фото- та відеозйомку для картографування, обприскування рослин засобами захисту, розкидання добрив і посів насіння. Це дає змогу уникнути необхідності в надмірній кількості техніки, уніфікувати процес обробки полів та виконувати декілька технологічних операцій одним апаратом. Завдяки такому підходу можливо зменшити амортизацію та витрати на ремонт у розрахунку на гектар, а також знизити видатки на утримання зайвої техніки [4, 5].

Значною вантажопідйомністю вирізняється дрон XAG P100 (рис. 4). В цій моделі передбачено розділення літальної платформи та платформи для виконання різних робіт, таких як точне обприскування та розкидання матеріалів. Характерною рисою дрона XAG P100 є 40-літровий бак для обприскування полів засобами захисту, а для внесення сипучих добрив та насіння передбачено бак ємністю 60 кг. За два прольоти над полем можливо внести 120 кг/га гранульованих добрив, а за три - 180 кг/га добрив у фізичній вазі [4, 5].

YamahaRmax (рис. 5) (спільними зусиллями з Каліфорнійським університетом Дейвісі) – безпілотний сільськогосподарський гелікоптер, по суті, розширений варіант спортивного нітро-гелікоптера, або зменшена копія справжнього. Гелікоптер Rmax здатний підіймати 28 кг корисного навантаження, і, як стверджують розробники, цей пристрій розроблено для обприскування виноградників. Він непростий та коштовний, проте, за словами розробників, це найефективніший та найвигідніший метод догляду за цінними культурами. Нині, зв'язок апарату відбувається за допомогою радіоліній та автономного компоненту програмного забезпечення управління польотом. Rmax може самостійно набирати потрібну висоту, швидкість, курс або зависати в повітрі без участі оператора. Втім, протягом решти часу оператор контролює пристрій, керуючи польотом гелікоптера над виноградниками цілком вручну [6].



Рис. 4. Дрон XAG P100.



Рис. 5. Безпілотний вертоліт обприскувач Yamaha Rmax.

Крім ключових технологій, як-от GPS, ГІС, датчики та автоматизовані системи дозування, вагомий внесок у точне внесення добрив роблять спеціалізовані обприскувачі, які дозволяють диференційовано використовувати не лише добрива, але й пестициди та інші агрохімічні засоби. Одним із таких прикладів є самохідні обприскувачі, обладнані системами для точного регулювання дози добрив та пестицидів. Ці агрегати забезпечують можливість внесення речовин відповідно до поточного стану ґрунту та культур. Сучасні обприскувачі можуть бути укомплектовані інфрачервоними датчиками, які визначають стан рослин і вміст вологи в ґрунті в реальному часі. Це забезпечує автоматичну корекцію дозування добрив, гарантуючи оптимальний розподіл [7].



Рис. 6. Самохідний оприскувач FIGHTER 3000.

Fighter 3000 (рис. 6) – самохідний обприскувач, що вміщує 3000 літрів в бак з нержавіючої сталі. Він приводиться в рух двигуном Cummins, керованим електронікою, який видає 195 к.с., та має інтелектуальну гідростатичну трансмісію 4 x 4, здатну справитися з будь-яким бездоріжжям. До того ж, машина комплектується штангами на 27, 30 або 32 метри, оснащена світлодіодними фарами BlueBeam, що гарантують безпечну та комфортну роботу в темну пору доби, та багатоступеневим відцентровим насосом з п'ятьма роторами, що забезпечує стабільну подачу рідини під час обприскування. Варто відзначити нову систему швидкого монтажу штанг з нержавіючої сталі (Easyfit), що дозволяє встановити штангу без потреби в болтах, забезпечуючи модульність, а також перевірену на практиці систему самовирівнювання KUHN Equilibra для рівномірного розпилення хімікатів [8].



Рис. 7. Самохідний обприскувач TECNOMA Laser.

Модельний ряд обприскувачів LASER (рис. 7) поєднує в собі усі передові технології догляду за сільськогосподарськими культурами. Це дозволяє отримати найвищу якість обприскування поєднану з високою надійністю роботи. При цьому оператор працює в комфортних та безпечних умовах, які відповідають найсуворішим європейським нормам безпеки. Обприскувач обладнаний форсунками анти-дріфт для якісного обробітку, а також системою AGP - постійна циркуляція потоку у штанзі. Окрім того, штангу стабілізує система TopField з 5 інфрачервоними сенсорами. Для зручності керування робочим процесом обприскувачі обладнані бортовими комп'ютерами I-TOP, завдяки яким можна управляти витратами добрив та засобів захисту рослин, точністю дозування, автоматичним керуванням посекційного відключення штанги (яке продемонстровано на відео), та DGPS-навігацією (похибка на безкоштовному сигналі 10-15 см), та автопілот [9].

Висновки. Сучасні способи внесення добрив, коли враховують потреби кожної ділянки поля окремо, є дуже важливими для сільського господарства. Вони допомагають використовувати добрива більш ефективно, заощаджувати кошти та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище. Очікується, що в майбутньому ці технології стануть ще досконалішими завдяки використанню штучного інтелекту та роботизованих систем, що дозволить досягти ще більшої точності та продуктивності.

Список використаної літератури

1. Холодюк О.В., Диня В.І., Бонякевич О.В., Мовчан Д.А. Сучасні рішення та напрямки розвитку основних елементів системи точного землеробства. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки: науковий журнал*. 2024. № 1(331). С. 330-338.
2. Рейвен Індастріз. «Система Вайпер 4: GPS для точного землеробства»: посібник. 2020. 134 с.

3. Локально-стрічкове диференційоване внесення добрив: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/articles/27-lokalno-strichkove-diferentsiyovane-vnesennya-dobriv> (дата звернення 20.03.2025 р.)
4. Дрони як елемент технології вирощування пшениці: веб-сайт. URL: <https://www.agronom.com.ua/drony-yak-element-tehnologiyi-vyroshhuvannya-pshenytsi/> (дата звернення 20.03.2025 р.)
5. Kholodiuk O.V., Tokarchuk O.A. The efficiency of using agras drones for spraying, their design, technical and technological features. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2022. № 2 (117). С. 63-74.
6. Безпілотний сільськогосподарський вертоліт YamahaRmax: веб-сайт. URL: <https://traktorist.ua/technologies/bezpilotniy-silskogospodarskiy-vertolit-yamaha-rmax> (дата звернення 26.03.2025 р.)
7. Петров І. "Інноваційні технології внесення добрив у точному землеробстві". *Журнал агротехнологій*: науковий журнал. 2022. 112 с.
8. Самохідний обприскувач FIGHTER 3000. URL: <https://www.kuhn.ua/roslynnytstvo/obpryskuvachi/samokhidni-obpryskuvachi/fighter-3000> (дата звернення 26.03.2025 р.)
9. Самохідний обприскувач TECNOMA Laser. URL: <https://hectare.ua/internet-magazin/product/view/502/11138> (дата звернення 26.03.2025 р.)

Вадим КРИЖОВ⁶⁶,
Студента 1 курсу,
Інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
м. Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ НІКЕЛЮВАННЯ СИНТЕТИЧНИХ АЛМАЗІВ ЯК КОМПОНЕНТА ЗНОСОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АПК

***Анотація.** У роботі представлено результати експериментальних досліджень процесу нікелювання синтетичних алмазів з метою їх подальшого використання як зносостійкого компоненту в матеріалах для потреб агропромислового комплексу. Показано доцільність проведення нікелювання в лужному середовищі з використанням гіпофосфіту натрію як відновника.*

***Ключові слова:** нікелювання алмазів, синтетичні алмази, гіпофосфіт натрію.*

⁶⁶Науковий керівник – Панасенко В. к.т.н., старший викладач, кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

Annotation: *The paper presents the results of experimental studies of the process of nickel plating of synthetic diamonds for the purpose of their further use as a wear-resistant component in materials for the needs of agro-industrial complex. The expediency of nickel plating in an alkaline environment using sodium hypophosphite as a reducing agent is shown.*

Key words: *nickel plating of diamonds, synthetic diamonds, sodium hypophosphite.*

Вступ. Стрімкий розвиток агропромислового комплексу України вимагає впровадження інноваційних рішень у сфері матеріалознавства, машинобудування та експлуатації сільськогосподарської техніки. Поряд з цифровізацією процесів, автоматизацією виробництва та енергоефективністю, важливе місце посідає застосування високоефективних матеріалів для підвищення зносостійкості, надійності та довговічності робочих елементів техніки. Одним із таких технологічних рішень є використання синтетичних алмазів із нікелевим покриттям, яке відкриває нові можливості для підвищення ефективності обробних, ремонтних та аналітичних процесів в агросекторі.

Синтетичні алмази, завдяки своїм унікальним властивостям – надтвердість, термостійкість, інертність до хімічних реагентів – уже давно використовуються в інструментальному виробництві. Проте додаткове нікелювання дозволяє значно розширити сферу їх застосування. Нікелеве покриття не лише покращує адгезію алмазів до матриці інструменту (металевої, керамічної або полімерної), а й забезпечує підвищений захист від корозії та термодеструкції. Це особливо актуально в умовах агровиробництва, де інструменти зазнають інтенсивного механічного та хімічного впливу.

У контексті агропромислового комплексу України такі алмазні матеріали використовуються у кількох ключових напрямках:

- Виробництво зносостійких робочих органів та інструментів – зокрема, для точного шліфування, полірування, розточування та відновлення деталей сільськогосподарської техніки;
- Утилізація та переробка органічних залишків – застосування в подрібнювальних установках для твердих матеріалів;
- Лабораторна аналітика – підготовка зразків ґрунтів і добрив для спектрального чи хімічного аналізу, де потрібен прецизійний помел;
- Обробка елементів точного землеробства – у виготовленні вузлів машин для внесення мікродоз добрив, насіння, точного дозування рідин тощо.

Українські науково-дослідні установи, зокрема Інститут надтвердих матеріалів імені В.М. Бакуля НАН України, а також кафедри провідних технічних вишів, як-от Національного університету біоресурсів і природокористування України, беруть активну участь у дослідженнях властивостей та сфер застосування нікельованих алмазів у сільському господарстві. Це створює потенціал для імпортозаміщення дорогого іноземного обладнання та підвищення технологічної незалежності українських агропідприємств.

Синтетичні алмази мають широкий спектр застосування у різних галузях народного господарства: хімічної, гірської, машинобудівної та інших. Але досягнутий технічний рівень виробництва синтетичних алмазів для машинобудівної області потребує вирішення проблеми закріплення алмазних зерен на поверхні основи інструменту.

Виклад основного матеріалу. Найбільш ефективним методом вирішення цієї проблеми є топка нікельованих синтетичних алмазів. Застосування таких алмазів дозволяє збільшити ступінь утримання алмазних зерен в основному матеріалі інструменту за рахунок збільшення адгезійного зв'язку алмазу з нікелевим покриттям і компенсації перенапружень поверхні алмазних зерен за рахунок однорідності покриття. Кращим методом нанесення нікелю, що дозволяє підвищити міцність зчеплення алмазу з основою інструменту, є хімічне нікелювання абразивів, але цей процес мало вивчений. Саме це і було метою даного дослідження.

Авторами розроблений і апробований на практиці метод хімічного нікелювання синтетичних алмазів. В результаті проведених досліджень було встановлено, що для отримання поверхні алмазів з відновними властивостями доцільно використовувати розплав гіпофосфіту натрію. Застосування даного реагенту дає можливість проводити процес поверхневої активації перед металізацією без використання дорогоцінних металів.

При виготовленні алмазно-абразивного інструменту використовуються синтетичні алмази різної зернистості і марки алмазів, для кожного з яких характерна своя морфологія поверхні. Експерименти проводилися з алмазними марками ACS 6 і ACC 4 з розміром зерна 50/40, 80/63, 100/80, 125/100, 160/125, 200/160. Для дослідів використовувалися алмази з площею поверхні зерен 0,8 - 1 м². Кількість гіпофосфіту натрію і кількість солі нікелю розраховували за співвідношеннями, отриманими раніше. Експерименти проводилися з одноступеневим нікелюванням.

В результаті проведених досліджень було виявлено, що при нікелювання в кислих розчинах алмазних зерен різної зернистості вдається отримати фракцію поверхні, покритої нікелем, на рівні 80%. Однак спостерігається помітна тенденція до збільшення частки поверхні, покритої нікелем, при зменшенні зернистості і, навпаки, зменшенні частки поверхні, покритої нікелем, зі збільшенням зернистості. Така тенденція пов'язана з тим, що зі збільшенням зернистості збільшується кількість фасеток правильної форми, які мають незначні дефекти.

Досліджено вплив технологічних параметрів на процеси відновлення нікелю на поверхні синтетичних алмазів, і встановлено, що рН середовища, в якій проводиться нікелювання, має значний вплив на якість покриття.

З метою встановлення оптимальних параметрів процесу формування нікелевого шару на поверхні синтетичних алмазів були проведені дослідження з метою визначення оптимального співвідношення іона гіпофосфіту до площі алмазів і співвідношення іонів нікелю до іонів гіпофосфіту, які необхідні для повного розрахунку параметрів технологічного процесу. При цьому в якості

основних характеристик нікелевого покриття використовувалася фракція поверхні синтетичних алмазів з нікелевим покриттям і ступінь утримання нікелю на поверхні синтетичних алмазів при абразивному навантаженні.

В результаті дослідження встановлено, що при нікелювання в кислому розчині ($\text{pH} = 5,5$) поверхнева частка синтетичних алмазів, покритих нікелем, не перевищує 80% при коефіцієнті утримання 99,5% при будь-якому співвідношенні компонентів. Залежність цієї фракції поверхні від гіпофосфіт-іонного відношення: алмаз має крайнє значення в області співвідношення 0,6 – 1 моль/м², але залежність ступеня утримання нікелю на поверхні синтетичних алмазів існує в області співвідношення 0,75 – 1 моль/м². При дослідженні особливостями процесу встановлено, що ступінь зниження нікелю в області співвідношення 0,25 – 0,6 моль/м² зростає монотонно, при співвідношенні понад 0,75 моль/м² значно знижується ступінь утилізації нікелю. Це можна пояснити тим, що недостатня кількість гіпофосфіту натрію для покриття всієї поверхні синтетичних алмазів призводить до появи ділянок поверхні алмазів, які не покриті нікелем. А велика його кількість призводить до зниження ступеня використання нікелю, за рахунок того, що надлишок гіпофосфіту натрію взаємодіє з іонами нікелю не на поверхні алмазів, а в обсязі розчину. При цих співвідношеннях була отримана швидкість відновлення нікелю і коефіцієнт використання нікелю 98%.

Нікелювання в лужному розчині ($\text{pH} = 10$) показало, що, на відміну від нікелювання в кислому розчині, можна отримати фракцію синтетичних алмазів з нікелевим покриттям на рівні 98%, при коефіцієнті утримання нікелю 99,8% (рис. 1).

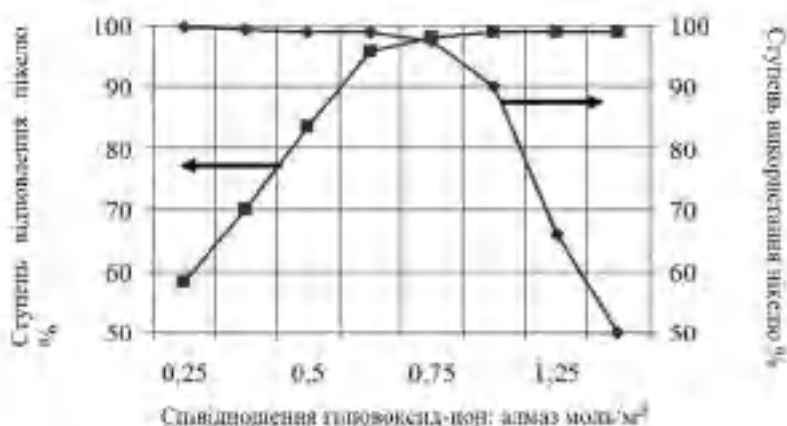


Рис. 1. Залежність ступеня використання нікелю і ступеня його зниження Співвідношення іонів нікелю з гіпофосфіту: алмаз на нікелевому покритті в лужному розчині.

Залежність фракції поверхні алмазів, покритих нікелем, і поверхні алмазів при навантаженні на стирання від співвідношення гіпофосфіт-іон : алмаз має крайнє значення в області співвідношення 0,6 – 1 моль/м², як і при нікелювання в кислому розчині. Залежність ступеня утилізації і ступеня відновлення нікелю від зазначеного вище співвідношення аналогічна тій, що отримується при нікелювання в кислому розчині, але характеризується більшою амплітудою.

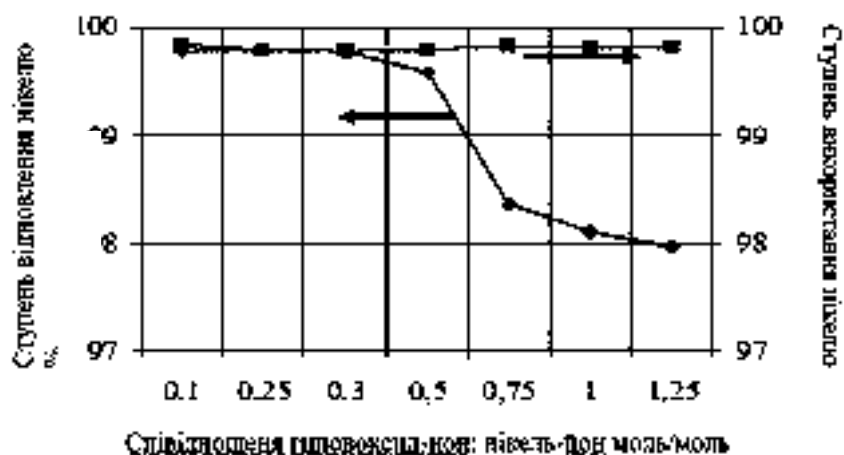


Рис. 2. Залежність ступеня утилізації та ступеня відновлення нікелю від співвідношення гіпофосфіт-іон : нікель-іон при нікелюванні в кислому розчині.

В результаті досліджень нікелювання з використанням кислотного розчину (рис. 2) було встановлено, що неможливо отримати поверхневу фракцію синтетичних алмазів з нікелевим покриттям більше 80%, а його залежність від співвідношення гіпофосфіт-іон: нікель-іон має екстремум в районі 0,3 – 0,5 моль/моль.

При вивченні особливостей процесу було встановлено, що величина співвідношення гіпофосфіт-іон:нікель-іон не впливає на ступінь використання нікелю, чого не можна сказати про ступінь його зниження.

При співвідношенні більше 0,5 моль/моль швидкість відновлення нікелю знижується до 98%.

При нікельованому покритті в лужному розчині встановлено, що залежності фракції синтетичних алмазів з нікелевим покриттям і ступеня утримання нікелю на поверхні при навантаженні стирання мають крайню в області співвідношення 0,25 – 0,5 моль/моль. Частка поверхні, покритої нікелем, в цій області співвідношення становить 99,2%, зі 100% утриманням нікелю на поверхні.

Таким чином, нікелювання доцільно проводити в лужних розчинах із співвідношенням гіпофосфіт-іона : алмаз – 0,6 – 1 моль/м², а гіпофосфіт-іон : іон нікелю – 0,25 – 0,5 моль/моль.

Щоб проаналізувати вплив температури на показники покриття і процес, дослідження проводилися на одноступеневому нікелюванні. Для експериментів ми використовували алмази АСС 6, з розміром зерна 100/80, в кількості 50 г, що відповідає площі нікельованих алмазів 0,8 – 1,0 м². Кількість гіпофосфіту натрію для поверхневої обробки і кількість нікелевої солі розраховували з коефіцієнтів, які були отримані раніше.

Попередні експерименти показали, що існує температурний діапазон, при якому починається процес нікелювання і можна отримати високу частку поверхні з нікелевим покриттям, ступінь утримання нікелю на поверхні синтетичних алмазів і високі значення характеристик процесу. Ці температури

визначаються температурою суміші розчину нікелювання і синтетичних алмазів, оброблених розплавом гіпофосфіту натрію.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що при використанні кислого нікелевого розчину реакція починається тільки при температурі 355 К, а при нікелювання в лужних розчинах - при 333 К.

При вивченні впливу температури на поверхневу фракцію з нікелевим покриттям і ступінь її утримання було встановлено, що діапазон температур, при якому покрита нікелем поверхнева фракція синтетичних алмазів і ступінь утримання нікелю на їх поверхні високі: в кислому середовищі 355 – 356 К, а в лужному середовищі 333 – 347 К.

Результати експерименту підтвердили дані, отримані при вивченні фракції з нікелевим покриттям поверхні синтетичних алмазів і ступеня утримання нікелю на поверхні синтетичних алмазів при додатку навантаження на стирання (рис. 3).

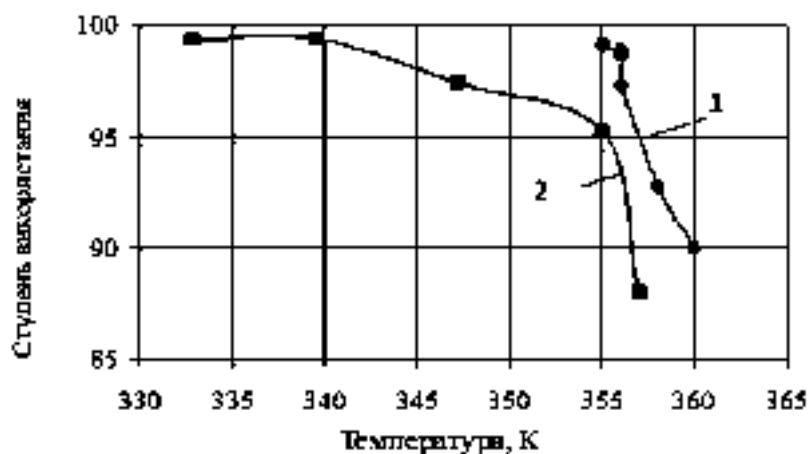


Рис. 3. Залежність ступеня використання нікелю від температури.

Коли процес проводиться в лужному розчині (рис. 3, крива 2), ступінь використання нікелю починає знижуватися при температурі 345 К, а при підвищенні температури знижується до 88%. При нікелювання в кислому розчині (рис. 3, крива 1) ступінь утилізації нікелю після температури 356 К знижується до 92%.

Так, в результаті проведених досліджень встановлено, що при використанні розчинів для кислотного нікелювання оптимальна початкова температура становить 355 – 356 К, при нікелювання в лужних розчинах – 333 – 347 К. При цих температурах питома вага поверхні, покритої нікелем, ступінь утримання нікелю і ступінь використання нікелю досягають значень (%): 98 – 99; 95 – 97 і 98 – 99 відповідно.

Синтетичні алмази з нанесеним на них шаром нікелю піддавалися подальшому нікелювання, змінюючи параметри процесу. У процесі вивчення дії аніонів солі нікелю використовували нікелеві розчини, які відрізнялися один від одного аніоном солі нікелю. Експерименти проводилися в один етап. Кислий розчин мав такий склад: нікелева сіль – 50 г/л; натрію ацетат NaCH_3COO – 25 г/л;

сірчаної кислоти до pH – 5; гіпофосфіт натрію NaH_2PO_2 – 65 г/л. Температура нікелювання – 355 – 365 К.

Лужний розчин: сіль нікелю – 50 г/л; натрію ацетат NaCH_3COO – 25 г/л; аміачна вода NH_4OH (25%) – до pH – 10; гіпофосфіт натрію NaH_2PO_2 – 65 г/л. Температура нікелювання 348 – 358 К.

В результаті проведених експериментів встановлено, що при використанні кислотних нікелевих розчинів аніон солі нікелю впливає як на час процесу, так і на показники нікелевого покриття. Таким чином, нікелювання в розчинах, що містять аніон Cl^- і аніон SO_4^{2-} давало практично однаковий час реакції – 1980 і 2220 с відповідно час реакції становив 3000 с, а при використанні розчинів з аніоном CH_3COO^- 1320 с. Для визначення частки поверхні синтетичних алмазів, покритих нікелем, було встановлено, що в процесі розчинів, що містять аніон SO_4^{2-} і Cl^- , поверхнева фракція становила відповідно 78 і 79,6 % (табл. 1). При використанні розчинів з аніоном NO_3^- поверхнева частка становила 60 %, а при використанні розчинів з аніоном CH_3COO^- – 86,65 %.

Таблиця 1. Значення покриття для нікелювання в кислих розчинах (pH = 5).

Солі нікелю	Індикатори сольового розчину		Час процесу, с	Частка нікельованої поверхні, %
	pH	ОВП		
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4,75	154	3000	60
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5,01	199	2220	78
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5,22	213	1980	79,6
$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5,8	236	1320	86,65

Таким чином, при вивченні впливу аніонів солі нікелю на процес нікелювання та покриття з використанням кислотних розчинів (pH = 5) було визначено, що найгірші поверхневі значення та найтриваліший час процесу були отримані при використанні розчинів з аніоном NO_3^- .

Така ж ситуація спостерігалася при проведенні процесу в лужних розчинах (табл. 2), як і при спостереженні нікелювання в кислих розчинах. Наприклад, при використанні розчину з аніоном NO_3^- час нікелювання становить 1980 с, в присутності аніонів SO_4^{2-} і Cl^- 1440 і 1320 с відповідно, а CH_3COO^- аніон становить 900 с. Поверхнева фракція синтетичних алмазів, покритих нікелем в присутності SO_4^{2-} і Cl^- аніони становили 91,6 та 93 % відповідно з наявністю аніону NO_3^- – 89 %, а CH_3COO^- – 98,8 %.

Таблиця 2. Значення покриття для нікелювання в лужних розчинах (pH = 10).

Солі нікелю	Індикатори сольового розчину		Час процесу, с	Частка нікельованої поверхні, %
	pH	ОВП		
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5,9	179	1860	89,0
$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	6,96	129	1440	91,6
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	7,2	118	1320	93,0
$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	7,9	85	900	98,8

Висновок. Результати проведених досліджень свідчать про доцільність використання ацетат-іону в процесі нікелювання синтетичних алмазів з метою отримання якісного, рівномірного покриття, що забезпечує високі експлуатаційні характеристики зносостійких матеріалів для потреб агропромислового комплексу. Встановлено, що найкращі показники процесу — мінімальний час осадження та висока однорідність шару — досягаються при застосуванні розчинів, що містять ацетат-іони. Навпаки, розчини з азотнокислим аніоном демонструють найгірші результати, зокрема — подовження тривалості процесу та зниження якості покриття.

Значення основних технологічних показників у лужних розчинах перевищують аналогічні у кислотних в середньому в 1,5 раза. Ацетат натрію, який виконує функцію буферної добавки, не лише стабілізує середовище, а й прискорює реакцію відновлення нікелю за рахунок наявності ацетат-іонів. Додавання ацетатів до розчинів з неорганічними солями створює умови, подібні до використання ацетату нікелю як основного джерела металу.

Встановлено, що оптимальна концентрація ацетат-іону становить 10 г/л, оскільки відхилення від цього значення призводить до зниження швидкості утворення покриття. Найбільш ефективно співвідношення іонів нікелю до ацетат-іонів становить 1,9–2,0 моль/моль. Застосування ацетату нікелю як солі нікелю дозволяє об'єднати два позитивні компоненти в одному реагенті, що не лише покращує технічні характеристики покриття, а й сприяє зниженню собівартості кінцевого матеріалу, що є вагомим чинником у виробництві зносостійких компонентів для сільськогосподарської техніки.

Список використаної літератури

1. Поляков В.П., Ножкіна А.В., Чириков Н.В. Алмази та надтверді матеріали: посібник. М.: Укрзалізниця. 2000. С. 115–123.
2. Якимчук А.Є., Гуменюк С.В. Застосування алмазних інструментів у ремонті сільськогосподарської техніки. *Техніка і технології АПК*: науковий журнал. 2021. № 3. С. 45–50.
3. Довбій Т.А., Козуб П.А., Резніченко Г.М., Козуб С.М., Мірошніченко Н.М., Лавренко А.О., Бондаренко Л.М. Метод одержання дрібнодисперсних металічних порошків Ніколу з пористою структурою. *Східно-Європейський журнал передових технологій*: науковий журнал. Харків. 2012. №. 3. С. 43–48.
4. Мамаліс А.Г., Грабченко А.І., Федорович В.А., Кундрак Ю., Бабенко Ю., Довбій Т. Хімічне осадження нікелю з включенням ультрадисперсних алмазів. *Сприйняття нанотехнологій*: науковий журнал. 2011. Т. 7. С. 218–222.
5. Лобойко А.Ю., Грін Г.І., Козуб П.А., Бутова В.В. Водні суспензії синтетичних алмазів. Вплив класу поверхнево-активних речовин на їх стійкість осадових порід. *Хімічна промисловість України*: науковий журнал. Київ. 2012. С. 27–30.

6. Козуб П.А., Мірошніченко В.В., Козуб С.М., Лобойко В.А., Лавренко А.А., Бондаренко Л.М. Використання методів рН-метрії для визначення концентрації сильних кислот. *Інтегровані технології та енергозбереження: науковий журнал*. 2011. №4. С. 52–57.

7. Козуб П.А., Лобойко О.Я., Довбій Т.А., Резніченко Г.М., Бондаренко Л.М. Композиційний матеріал на основі металічного нікелю та гексагонального нітриду бору (HBN). *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: науковий журнал*. Харків. 2012. № 66. С. 105–109.

Максим СЕМКО⁶⁷,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ МАШИН В АГРОВИРОБНИЦТВІ

***Анотація.** Стаття присвячена сучасним напрямкам автоматизації агровиробництва, які значно змінюють традиційні підходи до ведення сільського господарства. У роботі розглянуто використання автономної техніки, робототехніки, систем точного землеробства, інтелектуального зрошення, дронів та інтеграції інтернет речей (IoT).*

***Ключові слова:** автоматизація, автономна техніка, робототехніка, точне землеробство, інтелектуальне зрошення, дрон, енергозбереження.*

***Annotation.** The article is devoted to modern directions of agricultural automation, which significantly change traditional approaches to farming. The paper considers the use of autonomous machinery, robotics, precision farming systems, smart irrigation, drones and integration of the Internet of Things (IoT).*

***Key words:** automation, autonomous machinery, robotics, precision farming, smart irrigation, drone, energy saving.*

Вступ. Сучасне агровиробництво є одним із найбільш інноваційних секторів економіки, який активно використовує автоматизовані машини для підвищення продуктивності, ефективності та екологічності. В умовах зростаючого попиту на продукти харчування та необхідності збереження природних ресурсів автоматизація відіграє ключову роль у трансформації традиційних методів аграрного виробництва.

⁶⁷Науковий керівник – Луц П.М., к.т.н., старший викладач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Виклад основного матеріалу. Автоматизація достатньо широкого спектру галузей агровиробництва потребує найсучасніших технологій та рішень, які дозволяють підвищити продуктивність та економічну ефективність. Сучасні автоматизовані системи впроваджуються в різних напрямках сільського господарства – від польових робіт до тваринництва. Розглядаючи окремо кожен напрямок з розширеного переліку ключових напрямків автоматизації агровиробництва виділимо основні за можливим ефективним потенціалом для розвитку (рис.1).

Так до сучасних напрямків автоматизації можливо віднести робототехніку, що включає використання роботів у сільському господарстві та дозволяє автоматизувати такі завдання, як збирання врожаю, культивація бур'янів, висадка рослин та моніторинг стану культур. Наприклад, роботи-збирачі фруктів оснащені камерами та сенсорами, що забезпечують високу точність виконання завдань. Також системи точного землеробства, які технологічно базуються на використанні GPS, дронів та сенсорів для аналізу стану ґрунту, рослин та навколишнього середовища. Ці дані дозволяють оптимізувати витрати добрив, води та інших ресурсів.



Рис. 1. Сучасні напрямки автоматизації в аграрному секторі.

Окремо виділяється автономна техніка на прикладі тракторів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин з автономним управлінням здатних працювати без втручання людини. Вони використовують алгоритми машинного навчання та системи навігації для ефективного виконання робіт. Автономна

техніка стала символом сучасного сільського господарства. Оснащені GPS-системами та численними датчиками, трактори й комбайни здатні виконувати широкий спектр операцій без участі людини. Вони можуть проводити посів, обробку ґрунту, та збирати врожай із високою точністю. Це значно зменшує вплив людського фактора, забезпечуючи оптимізацію ресурсів та точність виконання операцій. Прикладом такої техніки є автономні системи компаній John Deere та Case IH, які активно використовуються на великих агропідприємствах (рис. 2).



Рис. 2. Автономний трактор Case IH Magnum ACV (Autonomous Concept Vehicle).

Роботи для догляду за рослинами вже стали невід’ємною частиною обладнання провідних господарств. Серед них особливе місце займають роботи-оприскувачі, які використовуються для точкового внесення добрив та пестицидів. Вони мінімізують витрати хімічних засобів і зменшують їхній вплив на навколишнє середовище. Окрім того, існують також спеціалізовані роботи, обладнані системами комп’ютерного моніторингу, та застосовуються для культивування та збору врожаю. Вони здатні аналізувати стан рослин і виконувати доглядові операції з максимальною ефективністю. Наприклад, роботи компанії Naïo Technologies успішно виконують такі завдання (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Роботизована техніка компанії Naïo Technologies: а – Autonomous farm robot Orïo; б – Autonomous farm robot RX 20.

Оптимізація використання води є ключовим завданням сучасного сільського господарства. Інтелектуальні системи зрошення, обладнані датчиками вологості ґрунту та погодними станціями, забезпечують автоматичне регулювання обсягів води залежно від потреб рослин. Це дозволяє значно знизити витрати води та електроенергії, а також уникнути зайвого зволоження. Відомі рішення у цій галузі, такі як Netafim Smart Irrigation, дозволяють зберегти ресурси та підвищити ефективність роботи.

Сучасні дрони також здатні проводити аерофотозйомку, оцінювати здоров'я рослин, аналізувати вологість ґрунту та створювати детальні карти полів. Використовуються для точкового внесення хімікатів. Це дозволяє мінімізувати витрати ресурсів та знижує негативний вплив на довкілля. Серед популярних рішень – дрони серії DJI Agras та рішення від PrecisionHawk (рис. 4).



Рис. 4. Дрон для захисту рослин DJI Agras T30 Series.

Управління фермерськими господарствами також можливо автоматизувати. Сучасні програмні рішення дозволяють централізовано керувати всіма аспектами фермерського господарства: від планування польових робіт до контролю за станом обладнання та фінансового обліку. Тваринницькі ферми також зазнали значного розвитку завдяки автоматизації. Сучасні ферми оснащуються роботизованими системами годівлі, доїння, прибирання та моніторингу стану тварин. Камери та сенсори дозволяють виявляти хвороби або стрес у тварин на ранніх стадіях. Системи, такі як DeLaval Robotics та Lely Astronaut, забезпечують високий рівень автоматизації, що значно скорочує потребу в ручній праці та підвищує ефективність виробництва (рис. 5).

Перевагами застосування автоматизованих машин є: підвищення продуктивності та виконувати більше роботи за менший час; зниження витрат та використання ресурсів, таких як добрива, паливо та людської праці; поліпшення якості продукції через точність та забезпечення якості процесів, що можуть стабільно виконуватись з великою повторюваністю.

Інтеграція інтернет речей (IoT) в агровиробництво дає змогу відстежувати стан рослин, погодні умови, якість води та ефективність інших сучасних діючих

систем. Об'єднання цих сенсорів у єдину систему для автоматичного керування дає напрямку великі можливості.



Рис. 5. Система автоматизації доїння Lely Astronaut A5.

До перспектив можна віднести: інтеграцію штучного інтелекту (ШІ) для аналізу великих обсягів даних та автоматичного прийняття рішень у реальному часі; розвиток біотехнологій та автоматизацію виробничих процесів у теплицях та лабораторіях для створення нових сортів рослин; удосконалення енергозберігаючих технологій й використання відновлюваних джерел енергії для живлення автоматизованої техніки; забезпечення доступності автоматизованих рішень для невеликих фермерських господарств.

Висновки. Автоматизація агровиробництва є ключовим напрямком модернізації сільського господарства. Вона дозволяє поєднати продуктивність із екологічністю та економічною ефективністю. Завдяки впровадженню автономної техніки, дронів, роботів, інтелектуальних систем зрошення та IoT, фермери отримують можливість виконувати операції з високою точністю, мінімізувати витрати ресурсів і зменшувати вплив на навколишнє середовище.

Перспективи розвитку автоматизації включають інтеграцію штучного інтелекту для автоматичного прийняття рішень у реальному часі, розвиток біотехнологій для створення нових сортів рослин, автоматизацію виробничих процесів у теплицях та лабораторіях, вдосконалення енергозберігаючих технологій та застосування відновлюваних джерел енергії. Зменшення вартості автоматизованих рішень дозволить зробити ці технології доступними для невеликих господарств, розширюючи їх використання на всіх рівнях агровиробництва.

Список використаної літератури

1. Милованов А.В. Технології автоматизації в аграрному секторі. *Науковий вісник агроінженерії*: науковий журнал. 2024. № 12. С. 45-56.
2. Бондаренко П.І. Інноваційні підходи до автоматизації сільського господарства: посібник. Київ: Аграрна наука. 2023. 312 с.

3. John Deere Official Website. John Deere : веб-сайт. URL: <https://www.deere.com> (дата звернення: 08.03.2025).
4. Case IH Official Website. Autonomous Concept Vehicle : веб-сайт. URL: <https://www.caseih.com> (дата звернення: 11.03.2025).
5. Naïo Technologies Official Website : веб-сайт. URL : <https://www.naio-technologies.com> (Дата звернення: 12.03.2025).
6. DeLaval Robotics. Автоматизовані системи доїння : веб-сайт. URL: <https://www.delaval.com> (дата звернення: 12.03.2025).
7. DJI Agriculture. Дрони для точного землеробства : веб-сайт. URL: <https://www.dji.com> (дата звернення: 18.03.2025).
8. Lely Astronaut A5. Інноваційні системи для тваринництва : веб-сайт. URL: <https://www.lely.com> (дата звернення: 17.03.2025).

Артем ЯЦИШЕН⁶⁸,
студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В АГОПРОМИСЛОВОСТІ: ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

***Анотація.** У статті розглянуто систему автоматизації агропромисловості. Проаналізовано переваги та недоліки автоматизації, її вплив на підвищення продуктивності, зменшення затрат та фізичної праці. Автоматизація є важливою галуззю, яка сприяє розвитку і продуктивності сільськогосподарського сектору. Впровадження цих новаторських технологій допомагає мінімізувати людську працю, забезпечити високу продуктивність.*

***Annotation.** The article examines the system of automation in the agro-industrial sector. The advantages and disadvantages of automation are analyzed, along with its impact on productivity enhancement, cost reduction, and the decrease of physical labor. Automation is a crucial field that contributes to the development and efficiency of the agricultural sector. The implementation of these innovative technologies helps to minimize human labor, ensure high productivity.*

Вступ. Сучасний агропромисловий комплекс переживає значні трансформації, зумовлені розвитком цифрових технологій та необхідністю підвищення ефективності виробництва. Автоматизація виробничих процесів

⁶⁸Науковий керівник - Захаревич М.П., викладач кафедри української та іноземних мов.

стала одним із ключових напрямів модернізації галузі, що сприяє оптимізації використання ресурсів, зниженню витрат та покращенню якості продукції.

Впровадження роботизованих систем, штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та технологій великих даних (Big Data) дозволяє автоматизувати широкий спектр операцій – від обробки ґрунту та посіву до збору врожаю та логістики. Це не лише підвищує продуктивність праці, а й сприяє зменшенню впливу людського фактора, забезпечуючи більш точне і раціональне управління виробничими процесами.

Однак, попри очевидні переваги, автоматизація агропромисловості супроводжується низкою викликів, серед яких висока вартість технологій, необхідність адаптації до змінних умов виробництва та підготовка кваліфікованих кадрів. Тому важливо досліджувати як сучасні інноваційні рішення, так і перспективи подальшого розвитку автоматизації у цій сфері.

У цій статті розглянуто ключові аспекти автоматизації агропромислових процесів, проаналізовано передові технологічні рішення та визначено основні напрями їх подальшого впровадження.

Виклад основного матеріалу. В умовах автоматизованого виробництва актуальним завданням є комплекс заходів по розробці нових, прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі нових високопродуктивних машин і систем машин. Автоматизація повсюдно рахується головним, найбільш перспективним напрямком в розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці і економічні показники виробництва. Автоматизація промислових виробництв неоднакова. Вона дає найбільший ефект в виробництвах з масовим випуском продукції і порівняно працемісткими технологічними процесами [2].

Важливим завданням автоматизації є отримання та опрацювання інформації про стан усіх ланок виробничого процесу, систем керування процесами виробництва, обліку продукції та оперативного планування її випуску, яка на даному етапі вирішується за допомогою ЕОМ

Автоматизація виробничих процесів висвітлює результати теоретичних та експериментальних досліджень в галузі створення і впровадження у виробництво автоматичного обладнання різноманітного призначення, а саме технічних засобів транспортування та подачі на технологічні операції, обладнання викінчувально виробництва та зміцнення виробів, автоматичних ліній, систем автоматичного керування [1].

В автоматизованих системах управління виробничими процесами ключову роль відіграють системи автоматичного регулювання (САР). Дослідження систем автоматизації здійснюється з урахуванням особливостей і закономірностей технологічних процесів як об'єктів управління, а також із розробленням науково обґрунтованих методів їх автоматизації.

Розумні датчики, автономні трактори та дрони-розпилювачі є сьогоденними прикладами цифровізації агропромислового комплексу, спрямованої на стійкість харчової системи. Ця цифрова трансформація включає

одну або кілька технологій, таких як Інтернет речей (IoT), Big Data, Blockchain, Digital Twin та аналіз даних у реальному часі за допомогою алгоритмів штучного інтелекту (AI). IoT, наприклад, вважається справжньою зміною ситуації в агропромисловому комплексі, оскільки вона може значно підвищити продуктивність і сталість. Продуктивність підвищується не тільки завдяки автоматизованій роботі в полі, але й завдяки покращеному ухваленню рішень за допомогою даних про врожай, продукцію та відстеження в реальному часі за всім ланцюгом постачання харчових продуктів. Наприклад, технологія блокчейну в органічних харчових системах може покращити відстеження використання пестицидів і прозорість інформації про харчові продукти та місцезнаходження продукту, коли харчові продукти переміщуються ланцюгом постачання від ферми до столу [12].

На фермі все частіше використовують дані в реальному часі про врожай, худобу, поле, ґрунт і контекст (погоду та воду) для ухвалення кращих рішень. У деяких випадках ручне управління фермою більше навіть не потрібне, наприклад, повністю автоматизовані кліматичні системи в теплицях [13], перетворення ферм на кіберфізичні системи управління (CPMS). CPMS — це вбудовані комп'ютери та мережі, які відстежують і контролюють фізичні процеси, надаючи дані для розрахунків і аналітики [1].



Рис. 1. GPS-навігатор для трактора JOHN DEERE 1800 [4].

Штучний інтелект в агропромисловому комплексі відіграє важливу роль у поліпшенні сільського господарства. Автоматизація та прецизійне землеробство дозволяють використовувати інноваційні технології для підвищення продуктивності та зниження витрат.

Інтеграція штучного інтелекту в агропромисловому комплексі дозволяє автоматизувати багато процесів в сільському господарстві. Завдяки цьому, фермерам стає легше контролювати виробництво, використовувати ресурси більш ефективно та забезпечувати якісний посів та збір врожаю.

Прецизійне землеробство, яке використовує штучний інтелект, дозволяє збирати та аналізувати великі обсяги даних про ґрунт, погоду та рослини. Завдяки цьому, фермери можуть точно визначати потреби кожної ділянки землі та надати їй оптимальні умови для росту та розвитку рослин. Це дозволяє знизити витрати на добрива та збільшити врожайність.

Переваги автоматизації та прецизійного землеробства: зниження витрат на ресурси та покращення економічної ефективності господарства, збільшення врожайності та якості продукції, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, підвищення точності та швидкості виконання робіт, покращення управління господарством та прийняття рішень.

Ще одним проривом у автоматизації сільського господарства є використання дронів, які значно спрощують процеси управління фермерськими угіддями та покращують ефективність агробізнесу.

Дрони, або безпілотні літальні апарати, стали незамінними помічниками у сфері аграрного бізнесу. Завдяки їхній автоматизації, фермери можуть швидко отримувати важливу інформацію про стан своїх полів. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни і приймати зважені рішення [5].

Автоматизація процесу збору даних за допомогою дронів має безліч переваг:

Ефективність: Дрони можуть охоплювати великі площі за короткий час, що значно прискорює процес моніторингу.

Точність: Високоякісні сенсори та камери дозволяють отримувати детальні зображення та дані, що сприяє точнішому аналізу.

Економія ресурсів: Використання дронів зменшує потребу в людських ресурсах та знижує витрати на паливо та інші матеріали.

Екологічність: Завдяки точному аналізу стану рослин, фермери можуть зменшити використання пестицидів та добрив, що позитивно впливає на довкілля [4].

Переваги сільськогосподарських дронів: [6]

Максимальна точність. Безпілотники обладнані різними сенсорами та датчиками, що забезпечує комплексний моніторинг стану ґрунту і вирощуваних культур. Постійний аналіз даних дає змогу змінювати обсяги поливу залежно від поточних умов, скоротити кількість добрив, що вносяться на постійній основі, а головне, своєчасно боротися з хворобами рослин.

Швидкий огляд сільськогосподарських угідь. Якісні фото та відео з відмінною роздільною здатністю дають змогу швидко провести інспекцію значної площі, діставшись найвіддаленіших ділянок поля та не прогавивши навіть найдрібніших деталей.

Прогнозування врожайності. Сільськогосподарські дрони — дослідники, які здатні детально розповісти про стан земельних угідь, виявити наявні проблеми, визначити родючість ґрунту. На підставі цього буде ухвалено раціональні рішення щодо актуальних культур і специфіки їх вирощування.

Скорочення витрат. Мультиспектральна зйомка дає змогу виявити перспективні ділянки та зосередитися на них, щоб отримати максимальну віддачу. Одночасно фермер менше ресурсів вкладає в роботу на територіях, які не принесуть достатньої врожайності. Додатково дрони скорочують кількість внесених добрив, що не тільки вигідно, а й екологічно.

Радар виявлення перешкод нової моделі також подвоїв свої характеристики. Виявлення перешкод збільшилося до 80 м і стало більш

чутливим. Тепер розпізнавання оточення, як завіряє виробник, гарантує повну безпеку на полях будь-якої складності навіть під час роботи на максимальній швидкості.

Дрон оснащений «розумними» батареями із рівнем захисту IP67, які, за словами виробника, дають можливість підвищити швидкість заряду та забезпечують більший ресурс акумуляторів.

Новий пульт дистанційного керування може створювати власну локальну високошвидкісну мережу Wi-Fi незалежно від наявності або відсутності інтернет-покриття, що дозволяє керувати приладом за допомогою пульта.

Ще однією з ключових переваг агродрону XAG P100 Pro є його здатність здійснювати обліт поля з метою створення детальних карт. Ця функція відкриває широкі можливості для аналізу та оптимізації сільськогосподарських процесів.

Висновки. Автоматизація виробничих процесів в агропромисловості є ключовим фактором підвищення ефективності, продуктивності та конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва. Використання сучасних технологій, таких як штучний інтелект, роботизовані системи, Інтернет речей та великі дані, дозволяє оптимізувати використання ресурсів, зменшити витрати та покращити якість продукції.

Інноваційні рішення у сфері автоматизації сприяють точнішому контролю за виробничими процесами, зменшенню впливу людського фактора та впровадженню екологічно чистих технологій. Водночас автоматизація потребує значних капіталовкладень, модернізації інфраструктури та підготовки кваліфікованих фахівців.

Перспективи розвитку автоматизації агропромисловості пов'язані з подальшою інтеграцією цифрових технологій, розвитком автономних систем та удосконаленням методів аналізу й прогнозування. Це сприятиме створенню більш стійкого та ефективного сільськогосподарського сектору, здатного відповідати на виклики сучасного ринку та забезпечувати продовольчу безпеку.

Список використаної літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: веб-сайт. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/TextbookProts_Sawkiw_Shkodzinsky Liashuk-Automation_production_processes_2011.pdf (дата звернення 26.03.2025).
2. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ: веб-сайт. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/475_19-28.pdf (дата звернення 26.03.2025).
3. Центр Агро Сервіс: веб-сайт. URL: <https://centeragroservice.com.ua/ua/p890437179-gps-navigator-dlya.html> (дата звернення 26.03.2025).
4. Штучний інтелект у сільському господарстві – автоматизація та прецизійне землеробство: веб-сайт. URL: <https://mediacom.com.ua/shtuchnij-intelekt-v-agropromislovomu-kompleksi-avtomatizatsiya-ta-tochne-zemlerobstvo/> (дата звернення 26.03.2025).

5. Система автоматизація: веб-сайт. URL: <https://www.deere.ua/uk> (дата звернення 26.03.2025).

6. Сучасні технології в агрономії використання дронів для моніторингу полів: веб-сайт. URL: <https://landlord.ua/agrolife-en/suchasni-texnologiyi-v-agronomiyi-vikoristannya-droniv-dlya-monitoringu-poliv/> (дата звернення 26.03.2025).

7. Новий агродрон XAG P100 Pro: веб-сайт. URL: <https://traktorist.ua/news/noviy-agrodron-xag-p100-pro-mozhe-nesti-do-80-kg-vantazhu-na-shvidkosti-50-km-god> (дата звернення 26.03.2025).

Yaroslav Riabiy⁶⁹,

1st year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

РОЗРОБКА РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОЛЬОВИХ РОБІТ (DEVELOPMENT OF ROBOTIC SYSTEMS FOR FIELDWORK)

Annotation. *The article examines specific robotic systems used in fieldwork. It discusses the advantages and disadvantages of robotic innovations and smart technologies in agricultural production, as well as their impact on increasing labor productivity, reducing human resource costs, and replacing manual labor with automation. Robots play a crucial role in enhancing efficiency and driving the development of the agricultural sector.*

Анотація. *У статті розглядаються окремі роботизовані системи, що використовуються для польових робіт. У ній розповідається про переваги та недоліки роботизованих інновацій та розумних технологій в аграрному виробництві, їхній вплив на підвищення продуктивності праці, зниження витрат на людський ресурс та заміну його автоматизацією. Роботи відіграють важливу роль у розвитку та підвищенні ефективності аграрного сектору.*

Introduction. The involvement of robots in the agricultural sector reduces the demand for manual labor by a significant percentage. They have great potential for driving a radical transformation in agriculture. By using robotic technologies, farmers can enhance the efficiency of their farms, improve yields, and minimize the harmful impact on the environment.

Robotization in agriculture plays a crucial role in the cultivation and processing of agricultural products. Let us consider how robots influence precision farming tools,

⁶⁹ Науковий керівник - Захаревич М.П., викладач кафедри української та іноземних мов.

data collection, satellite monitoring, GPS navigation, unmanned aerial vehicles, and robotic systems, ultimately contributing to increased productivity for modern farmers.

The introduction of robotic technologies in agriculture undoubtedly allows for a significant reduction in physical labor while dramatically increasing productivity. It enhances farm efficiency, boosts yields, and mitigates the negative environmental impact by automating key agricultural processes.

Presentation of the main material. The training of a modern agricultural engineer is no longer limited to studying the design of technical equipment to develop skills for its rational use in increasing labor productivity. Ukrainian agricultural production is rapidly advancing toward digitalization and informatization, integrating platforms with artificial intelligence and other digital innovations.

Each year, the demand for digital smart technologies in agriculture continues to grow, shaping the development of agribusiness both globally and domestically [2].

The use of various precision farming tools to collect information and carry out satellite monitoring, to use the appropriate software, as well as their development, manufacture and maintenance, require competent specialists capable of solving technical problems of any complexity [2].

Given that the natural growth of people is prevailing every year and is becoming more and more and, accordingly, the need for food is increasing, this definitely ceases to raise doubts that in the near future farmers will face new challenges, such as increasing the efficiency of production of many crops. According to FAO estimates, the area of arable land in the world will increase by 4.3% by 2050. Thus, We can conclude that we need to increase yields as soon as possible. To feed this population. Today, robotic systems can be found in almost all areas of human activity: medicine, light industry, mechanical engineering, and even in everyday life. Recently, agriculture as a field of application of robotic machines has been attracting more and more interest [3].

Robots are often used not to replace human labor, but rather to help people improve working conditions. For example, Augean Robotics created a robot called Burro to help grape pickers transport harvested crops from the field to the truck. [3]

Let's consider some examples of robots that began to be used to help workers perform field work [3].

Wall-Ye vine pruner. The development of inventor Christoph Millott is one of the robots designed to perform work in vineyards. Its tasks include pruning and pinching (removing unproductive young shoots), as well as collecting important data on the condition of the soil, fruits and vines [3].

AgBot II – weed control robot. Australian scientists and engineers have designed a robot that distinguishes weeds and then gets rid of them . AgBot AI can do this by three methods: chemical, mechanical, and thermal. For example, if the robot comes across herbicide-resistant weeds, then he can remove them with a mechanical arm or a miniature burner [3].



Fig. 1. AgBot II [3].

Field Flux Robot – Nitrogen Determination Expert. Adigo has developed a robot that determines in an hour the right amount of nitric oxide that needs to be applied to prevent damage to plants. The created device conducts the necessary soil analysis using special aluminum blocks [3].



Fig. 2. Field Flux Robot [3].

Pepper harvesting robot. Developed at the research center in Wageningen (the Netherlands), the sweet pepper harvesting robot determines where the plant grows, approaches it and cuts ripe fruits, holding the branches [3].

Ecorobotix is a robot for applying herbicides. Ecorobotix presented this robot two years ago. The robot is equipped with cameras, thanks to which it can distinguish weeds from other plants [3].

Ladybird – an apparatus for monitoring the condition of crops. The Ladybird robot, created by engineers, operates only on solar panels. It has many sensors and solar panels, thanks to which the robot can monitor the growth of plants and the appearance of pests on them around the clock. Ladybird has a mechanical arm with which it pulls weeds in the aisles. [3]



Fig. 3. Ladybird [3]

Rosphere – field monitoring area. This robot, similar to a sphere, was developed by researchers at the University of Madrid and is used to collect information about the state of soils and crops. It is equipped with a GPS tracker and various sensors, with the help of which it collects information about the condition of crops, soil, its temperature and humidity. Then all this information is transmitted to the agronomist's computer [3].

BoniRob – weed control apparatus. The new generation BoniRob robot can distinguish certain crop samples from weeds and can kill weeds without the use of herbicides by pulling them out [3].



Fig. 4. BoniRob [3].

Aquarius – a robot for watering plants in greenhouses. The Aquarius robot is used to water greenhouse plants. The device is equipped with a special water tank. It uses sensors to analyze how much liquid each plant needs, and determines the rate of their moisture [3].

Rowbot – a robot for monitoring corn crops. Rowbot can monitor the condition and growth of plantings, as well as analyze the nitrogen content in soils. If he finds that there is not enough nitrogen in the soil, he can even calculate the required dose and even make an application [3].



Fig. 5. Rowbot [3].

So far, the introduction of robots in the agricultural sector is at the initial stage. Accordingly, not all technologies have been studied, analyzed and worked out. Let's consider what key problems are most often faced by manufacturers of robotic systems? The first is the imperfection of the software of the machines. This leads to a limitation of the functionality of robots. Machines can perfectly cope with elementary, frequent tasks, more complex tasks often cause problems and create additional time costs [1].

Secondly, autonomous robotic equipment must be controlled remotely. Poor or no communication can be a major problem when the machine encounters obstacles. Without satellite communication to receive commands, the machine will not work until the operator manually reboots it. This can take a lot of time and significantly reduce the level of efficiency for which these systems are designed[1]. After all, only good Internet and satellite communication can provide full-fledged high-quality work.

Thirdly, the high price of robotic technologies is a big problem. In many cases, the initial cost of such machines is too high, so not every farmer or farmer can afford it. In other words, it would be good to create a kind of development scheme in which it would be possible to buy already created products or their analogues for an adequate, moderate price: various software elements and individual parts of robotic machines, so that most of the farmers could afford them financially, because the costs cannot exceed the profits [1].

Only the solution of all the above problems will allow market participants to unlock the full potential of robotic machines and ensure that these machines will play a decisive role in the great future development of agriculture.

Conclusions. The development, planning, adoption, and application of robotic technologies in agriculture open up new opportunities to enhance labor efficiency, increase productivity, and advance agricultural enterprises. The use of modern technologies – such as robots, artificial intelligence, unmanned aerial vehicles, tractors, and automated machinery – significantly optimizes production processes, minimizes the impact of human error, and reduces labor costs.

By replacing human labor with machine operations, agricultural production becomes more environmentally sustainable, crop losses are reduced, and monitoring of crops and livestock is improved. Overall, these advancements contribute to the faster and more efficient growth and development of the agricultural sector.

However, the full integration of automated solutions in agriculture faces several challenges, including the high cost of implementation, the need to train specialists, the

limitations of current machine software, and the adaptation of existing infrastructure. Further research and development in this field should focus on addressing these issues and creating affordable solutions for small and medium-sized farms.

References

1. Intelligent solutions in agribusiness iFARMING, the potential of robotics: website. URL: <https://ifarming.ua/novini-i-podii/potencial-robotehnologij> (date of access 18.09.2024).
2. Lecture on the subject of “Precision farming system” by Dmytro Dovzhenko, manager of KUHN-Ukraine: website. URL: <https://nubip.edu.ua/node/125774> (date of access 19.09.2024).
3. 3. Agronomist magazine, article “Work in agriculture”. What awaits us in the future: website. URL: <https://www.agronom.com.ua/roboty-v-silskomu-gospodarstvi-shho-nas-chekaye-u-majbutnomu/> (date of access 20.09.2024).

Oleh Soliar⁷⁰,

1st year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

MODERN TOOLS OF GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGIES

Annotation. The article explores modern navigation systems and their application in geoinformation technologies (GIS). It examines the main types of navigation systems, such as global navigation satellite systems (GNSS), inertial navigation systems (INS), and other technologies that ensure accurate spatial positioning of objects. The technical aspects of applying navigation systems in GIS are analyzed.

Анотація. У статті досліджено сучасні навігаційні системи та їх застосування в геоінформаційних технологіях (ГІС). Розглянуто основні типи навігаційних систем, зокрема глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS), інерціальні навігаційні системи (INS) та інші технології, що забезпечують точне просторове позиціонування об'єктів. Проаналізовано технічні аспекти використання навігаційних систем у ГІС.

Introduction. Geographic Information Technologies (GIT) have become an integral part of the modern world, providing effective spatial data management and

⁷⁰ Науковий керівник - Захаревич М.П., викладач кафедри української та іноземних мов.

supporting decision-making in various fields, from transport to environmental monitoring. One of the main components of a geographic information system (GIS) is navigation systems, which provide accurate determination of the location of objects and allow real-time monitoring of the soil surface and vegetation. The development of such technologies, like Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and Inertial Navigation Systems (INS), greatly improve the accuracy and reliability of spatial measurements.

The purpose of the work is to study modern tools of geographic information technologies that allow spatial analysis, collection, storage, processing and visualization of geographic data. Thanks to GIS, it has become possible to more conveniently visualize complex spatial data, find correlations between natural and socio-economic factors, as well as make forecasts, which significantly contributes to decision-making in many areas.

Presentation of the main material. Navigation systems are a key element of GIT because they provide accurate location data, which is the basis for any spatial analysis. The main navigation systems used in GIS today include global navigation satellite systems, inertial navigation systems, as well as hybrid solutions that combine different technologies to improve the accuracy and reliability of measurements. Global navigation satellite systems such as GPS (USA), Galileo (Europe) and BeiDou (China) are the most common global satellite systems that will allow obtaining coordinates with high accuracy and perform a wide range of tasks, namely, from monitoring land use to creating detailed task maps for the differentiated application of plant protection products and seeds. Thanks to GNSS (Fig. 1), users can receive information about their location at any time and anywhere in the world. The main advantages of GNSS are global coverage and high accuracy, which depends on the number of exhaled satellites and the use of correction signals, such as differential correction systems (DGPS) or RTK (real-time kinematic) reference stations [1, 2, 3].

Inertial navigation systems (INS) use gyroscopes, accelerometers, and other sensors to locate an object without the need for external signals (Figure 2). INS are often used in cases where the GNSS signal may be unavailable or weak, such as in urban environments with tall buildings, in tunnels, or underground. They are able to provide continuous tracking of the object's movement, even in the absence of a signal from satellites, but over time, the accuracy of such systems may decrease due to the accumulation of errors. In combination with GNSS, inertial systems can increase the overall accuracy of navigation, especially in difficult conditions. This approach is used in many industries, including aviation, shipping, military operations, and autonomous transport (Fig. 3)

The combination of GNSS and INS with GIS allows you to collect, analyze, and visualize spatial data to solve complex problems. This is especially important for natural resource management, urban planning, transport systems and environmental monitoring. Thanks to the integration of data from navigation systems with geospatial databases, specialists can create accurate maps, conduct modeling and forecasting, as well as study the dynamics of changes in real time (Fig. 3).

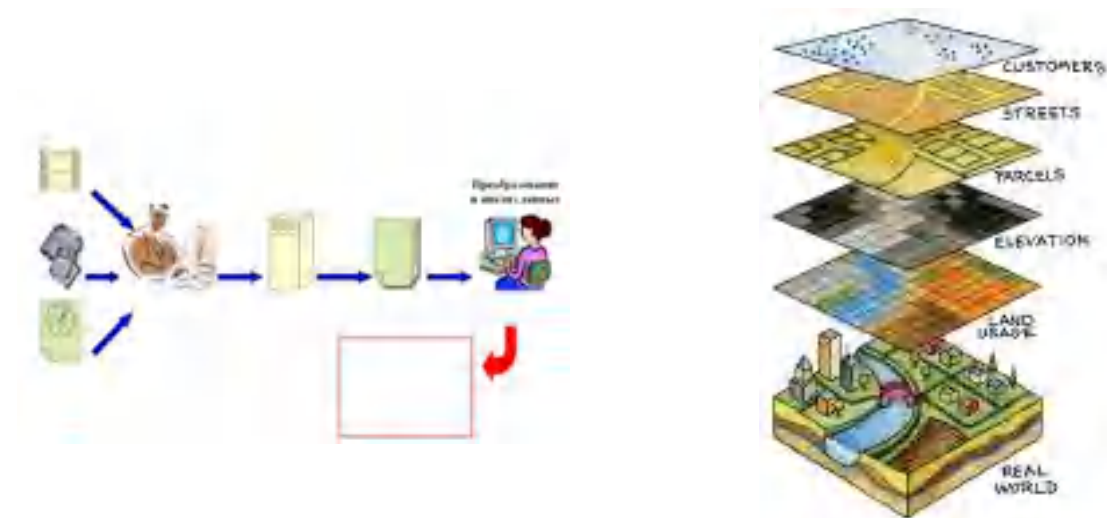


Fig. 1. Schemes of the geographic information system.

The technical implementation of navigation systems in GIS requires taking into account a number of factors, including positioning accuracy, data processing speed, and signal stability. One of the key aspects is the use of correction technologies such as RTK or PPP (precise point positioning), which allow you to increase accuracy to the level of centimeters. Another important technical component is software for integrating GNSS and INS with geographic information systems, which allows you to quickly process large amounts of simple data.

Navigation systems are widely used in various fields. For example, in urban planning, they are used to create and update cartographic data that is necessary for the design of urban infrastructure [4]. In the transport sector, navigation technologies help to optimize logistics, track traffic and prevent congestion (Fig. 4). Environmental monitoring also actively uses data from navigation systems to assess changes in the environment, track the dynamics of natural resources, and monitor natural disasters. Thus, navigation systems are an important tool in modern geographic information technologies that provide accurate determination of spatial parameters and allow you to effectively solve a wide range of tasks in various fields.

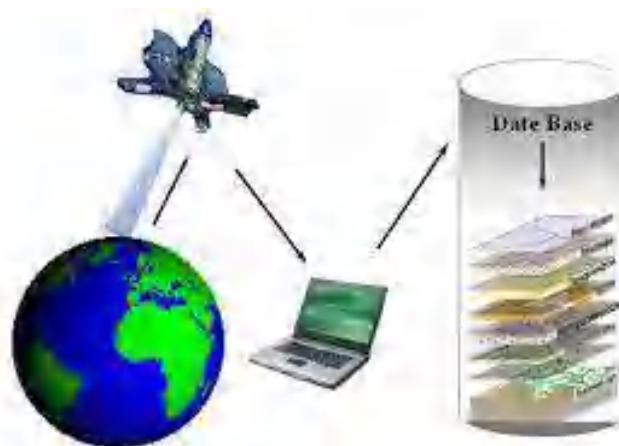


Fig. 2. Geographic information systems in transport.

Among the tools of navigation systems, navigators Warz, MAPS should be noted. ME, Navjet and others [5]. Waze Navigator – Plots a route when the Internet is absent or unstable. One of the features of Waze is the permission to add information about accidents, police checkpoints, traffic jams and other traffic situations in real time. Also, the navigator is convenient to use for most types of drivers - motorcyclists, owners of ordinary cars or electric cars. The app helps to find parking, calculate the route with minimal use of car charge, avoid traffic jams and many other useful functions.

MAPS navigator. ME - the program uses data from "Open Street Map", a large-scale project to collect terrain data, which also allows you to provide the most detailed information about a specific area. In addition, MAPS. ME contains information about a variety of places such as museums, restaurants, hotels, and other attractions. Users can view descriptions of places and information about their location on the map. Initially, the navigator was developed for pedestrians and drivers, but at the moment the navigator has also been developed in the agricultural field for GIS.

The NavJet 582 navigator is a parallel driving system, designed as reliably as possible for use in the realities of Ukrainian farming (Fig. 5). Many foreign analogues have a variety of functional and technical solutions that are almost never used in the work of a simple farmer. The NavJet 582 course guide has a simple intuitive interface, the launch of the entire system will not take more than 5-7 minutes. And all feedback from regular customers is accepted to make the product as effective as possible. The work recording function allows you to take a break at any time to refuel or consumables while spraying or fertilizing. All tablets that are equipped with parallel driving systems are made in the USA, they have a high-capacity battery. This ensures smooth operation without being connected to the on-board charging system. The kit also comes with a special holder for installing the tablet on the tractor glass (Fig. 5).



Fig. 3. NavJet navigator model and screen.

As a tool in GIS, you can also use unmanned aerial vehicles (UAVs), drones, etc. Among them are (Fig. 6). DJI Phantom 4 RTK is a drone with high-precision RTK technology for shooting from the air, with the ability to integrate with GIS. **The** SenseFly eBee X is a fixed-wing drone that provides long-term flights to collect map data. Parrot Anafi USA is a compact geospatial analysis drone with high-resolution cameras.



Fig. 4. General view of UAVs used in GIS.

Among the software companies is ESRI, which is a global leader in the GIS market. It has a huge impact on the world, with networks spread across more than 90 countries around the world, as well as more than 1300 different partners around the world. The goal of ESRI is to facilitate and speed up the user experience with various tools. ArcGIS is a family of software products for creating and maintaining GIS of various levels and purposes, which is built on the basis of computer industry standards, including COM.NET object architecture, Java, XML, SOAP, which provides support for generally accepted standards, flexibility of the proposed solutions, and wide opportunities for interaction [6]. ARCGIS is based on geodata, which has its own structure and rules for storing various types of data - vector and raster, geodetic measurement data, and many other means of processing and analyzing geographic information. Information about the relief and two-dimensional spatial data, which form the basis of a three-dimensional model of the area, can be supplemented with realistic models of objects, inscriptions and animations. ArcGIS Geostatistical.

ESRI is represented on the Ukrainian market by ECOMM, which also supplies high- and medium-resolution satellite imagery from Eurimage S.p.A. and IKONOS from Space Imaging Eurasia, as well as geodetic equipment and GPS. The company participates in a number of international projects and is active in methodological and publishing activities.

Conclusions. Therefore, we can note that GIS significantly saves time resources by automating the process of working with maps, and creates three-dimensional models of the area. GIS software contains functions and tools necessary for storing, analyzing and visualizing geographic (spatial) information. Modern tools of geographic information technologies play a crucial role in spatial data analysis, decision-making, and resource management. The integration of remote sensing, GPS, and GIS software enables accurate mapping and real-time monitoring of environmental and urban processes. Advances in artificial intelligence and cloud computing further enhance the efficiency and scalability of geospatial analysis. Despite certain challenges, such as data privacy concerns and high implementation costs, these technologies continue to evolve and improve.

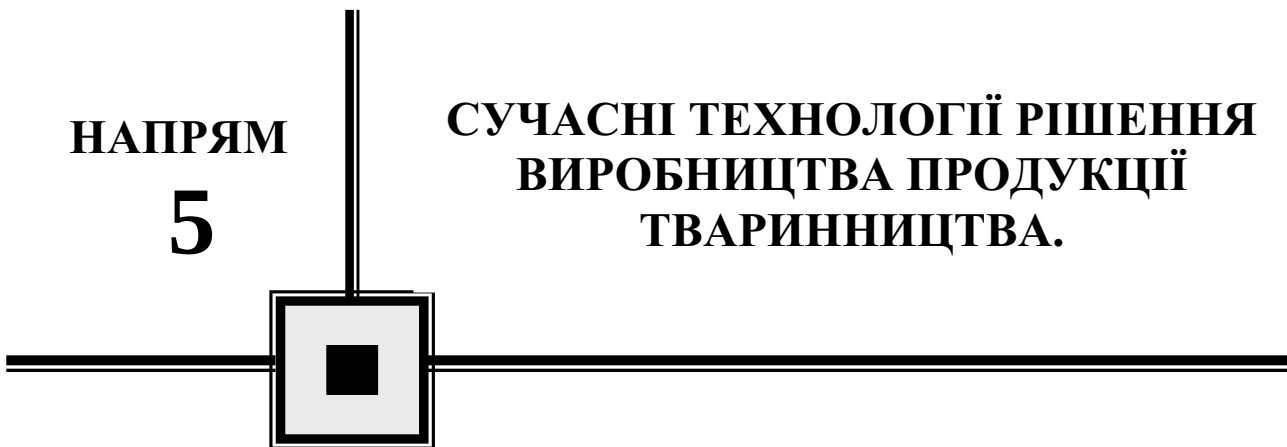
References

1. Zatserkovnyi V.I., Tishaev I.V., Virshylo I.V., Demidov V.K. Geographic Information Systems in Earth Sciences: monograph. Nizhyn: NDU. M. Gogol Publ. 2016. 510 p.

2. Kravchuk V., Kushnarev A., Targonya V. Biosphere and Agrotechnologies: Engineering Solutions: textbook. UkrNIIPVT. L. Pogorily. Research. 2015. 239 p.
3. Sergeeva K. Types and applications of digital cartography: website. URL: <https://eos.com/uk/blog/gis-karty/> (date of access 21.09.2024).
4. Volkova O. M. Geoinformation Technologies in Territorial Management. Odesa: ORIDU, 2014. 184 p. (in Ukrainian).
5. Navigators for drivers and GIS: website. URL: <https://kosht.media/top-11-navihatoriv-dlia-vodiiv-ta-pishokhodiv-ohliad/> (date of success 19.09.2024).
6. Software tools for creating GIS: website. URL: <https://gisa.org.ua/soft-index.htm> (date of sccess 21.09.2024).

НАПРЯМ
5

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РІШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА.



Вікторія АСТАХОВА¹,
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПЕРІОДІВ НА МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРІВ

Анотація. Відтворювальна функція корів залежить від низки взаємопов'язаних параметрів, серед яких: вік господарської зрілості, регулярність тічки, кількість отелень, заплідненість корів після першого осіменіння та інші фактори. Формування кожного з цих показників відбувається під впливом генетичних особливостей та умов навколишнього середовища. Подовження сухостійного періоду до 90 днів (як у третій групі) негативно вплинуло на молочну продуктивність порівняно з тваринами, які мали короткий сухостійний період (друга група). Фактичний удій у корів першої групи склав 5118 кг молока, тоді як у другій групі він був на 688 кг меншим, а в третій групі — на 567 кг більшим. Однак удій на одну корову в третій групі був на 124 кг нижчим. Час настання першого статевого циклу після отелення залежав від тривалості фізіологічних періодів і варіювався між групами.

Ключові слова: відтворення, сервіс-період, осіменіння, лактація, середньодобовий удій, сухостійний період, індекс осіменіння.

Annotation. The reproductive function of cows depends on a number of interrelated parameters, including: age of economic maturity, regularity of estrus,

¹¹Науковий керівник: Голубенко Тетяна Леонідівна, кандидат с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва, ВНАУ.

number of hotels, fertility of cows after the first insemination and other factors. The formation of each of these indicators occurs under the influence of genetic characteristics and environmental conditions. Extending the dry period to 90 days (as in the third group) negatively affected milk production compared to animals that had a short dry period (the second group). The actual milk yield of cows in the first group was 5118 kg of milk, while in the second group it was 688 kg less, and in the third group it was 567 kg more. However, the milk yield per cow in the third group was 124 kg lower. The time of the first sexual cycle after calving depended on the duration of physiological periods and varied between groups.

Key words: reproduction, service period, insemination, lactation, average daily milk yield, dry period, insemination index.

Вступ. Відтворення великої рогатої худоби є однією з актуальних проблем, що набуває дедалі більшого значення зі зростанням спеціалізації та концентрації тваринництва. Індустріалізація тваринницьких процесів призвела до скорочення тривалості господарського використання тварин, що, своєю чергою, спричинило зменшення кількості телят на 100 корів.

Зважаючи на це, ефективність молочного скотарства безпосередньо залежить від плодючості корів, адже наявність ялових тварин негативно впливає на фінансові результати господарства. Таким чином, досягнення максимального прибутку та раціональне управління молочним скотарством можливі лише за умови чіткого розуміння взаємозв'язку між показниками молочної продуктивності та репродуктивної здатності [1, 2, 5].

Основними причинами порушень обміну речовин у великої рогатої худоби є незбалансованість раціонів, неякісна годівля та низька якість кормів. Такі порушення призводять до підвищення рівня яловості, народження ослаблених телят, зниження живої маси та продуктивності тварин, а також до погіршення якості молока, що в кінцевому результаті може спричинити передчасне вибракування тварин [3, 6, 9].

Інтенсивність росту та розвитку ремонтного молодняка суттєво впливає на вік першого осіменіння тварин, а також на їх подальшу продуктивність і племінну цінність. Існує тісний взаємозв'язок між живою масою під час першого отелення та молочною продуктивністю у першу лактацію. Недорозвинені первістки характеризуються зниженою здатністю споживати достатню кількість корму для реалізації генетичного потенціалу продуктивності та потребують більше часу для досягнення бажаної живої маси [4, 10].

Репродуктивна функція корів визначається сукупністю взаємопов'язаних параметрів, серед яких вік настання господарської зрілості, регулярність тічки, кількість отелень, заплідненість після першого осіменіння та інші фактори. Кожен з цих показників формується під впливом генетичних особливостей у поєднанні з конкретними умовами навколишнього середовища [7, 8].

Мета статті полягає в вивченні впливу тривалості фізіологічних періодів у корів на репродуктивні якості і їх молочну продуктивність.

Виклад основного матеріалу. Для вивчення впливу фізіологічних

періодів на репродуктивні та продуктивні показники корів було проведено дослідження на тваринах, аналогічних за молочною продуктивністю у другому періоді лактації (в межах 5000–6000 кг молока). З цією метою сформували три групи тварин з такими характеристиками: перша група мала тривалість сервіс-періоду 138,7 днів, сухостійний період тривав 59,5 днів, а тривалість лактації становила 360,8 днів; друга група мала тривалість сервіс-періоду 113,9 днів, сухостійний період тривав 81,1 днів, а тривалість лактації склала 312,5 днів; третя група мала тривалість сервіс-періоду 114,0 днів, сухостійний період тривав 89,3 днів, а тривалість лактації становила 305,1 днів.

Час настання першого статевго циклу після отелення залежав від тривалості фізіологічних періодів і суттєво відрізнявся між групами. У корів першої групи, які характеризувалися подовженим сервіс-періодом та тривалою лактацією, але коротким сухостійним періодом, перший статевий цикл настав на 32,7 день після отелення. У другій і третій групах цей показник становив відповідно 25,3 та 24,1 дня. Таким чином, різниця між показниками першої та інших груп склала 7,4 та 8,6 днів відповідно (табл. 1).

Результати осіменіння корів варіювали залежно від групи тварин. У першій групі заплідненість корів на початковому етапі осіменіння становила 40%, тоді як у другій та третій групах цей показник був на 20% і 30% вищим відповідно. Після четвертого парування у першій групі було запліднено 80% корів, тоді як решта 20% залишалися незаплідненими та досягли заплідненості лише після 5-6 парувань. У свою чергу, корови другої та третьої груп повністю (100%) запліднилися вже після трьох осіменінь.

Таблиця 1. Репродуктивні якості корів третього отелу залежно від тривалості фізіологічних періодів

Показник	Група тварин		
	перша	друга	третя
Прояв 1 статевго циклу після отелення, днів	32,7±6,27	25,3±3,05	24,1±2,83
Запліднилися після:			
першого осіменіння	40,0	60,0	70,0
другого осіменіння	20,0	30,0	20,0
третього осіменіння	10,0	10,0	10,0
четвертого осіменіння	10,0	-	-
Індекс осіменіння	2,3	1,5	1,4
Інтервал між статевими циклами, днів	27,3±2,51	23,8±2,24	23,1±2,90
Тривалість сервіс-періоду, днів	128,4±8,12	115,2±2,58	114,3±2,25

Інтервали між статевими циклами у тварин варіювали залежно від групи. У першій групі цей інтервал складав 27,3 дні, тоді як у другій та третій групах він був на 3,5 і 4,2 дні коротший відповідно, проте залишався в межах норми (18-24 дні). Надалі тривалість сервіс-періоду в першій групі становила 128,4 дня, що на 13,2 та 14,1 дня довше, ніж у другій і третій групах відповідно. Важливо зазначити, що тривалість сервіс-періоду прямо пов'язана з рівнем молочної продуктивності, як показано на перших етапах дослідження. Таким чином, у

тварин з продуктивністю 6000-7000 кг молока середній сервіс-період складав 135 днів, у той час як у тварин з продуктивністю 5000-6000 кг він був на 16 днів коротший, становивши 119 днів. Це дозволяє зробити висновок, що зі збільшенням молочної продуктивності тварин тривалість сервіс-періоду зростає.

Інтенсифікація молочного скотарства базується на раціональному використанні корів для досягнення максимальних надоїв у кожній лактації. Забезпечення максимального прибутку від молочного скотарства в аграрному господарстві безпосередньо залежить від правильного розуміння зв'язків між молочною продуктивністю та репродуктивною здатністю тварин. Це пояснюється тим, що оптимізація відтворювальних якостей корів сприяє більш повному використанню генетичного потенціалу. Швидкість відтворення та молочна продуктивність корів в значній мірі залежать від тривалості сухостійного, сервіс- і міжотельного періодів.

За результатами проведених досліджень було встановлено, що тривалість фізіологічних періодів впливає на молочну продуктивність корів у господарстві. Так, у першій групі тривалість лактації становила 354,2 дня. У другій групі, через подовження сухостійного та сервіс-періодів, цей показник був на 29,7 дня менший порівняно з першою групою, але на 12,3 дня довший, ніж у третій групі (табл. 2).

Таблиця 2. Залежність молочної продуктивності та якості молока від тривалості лактації

Показник	Група		
	перша	друга	третя
Тривалість лактації, днів	354,2±2,3	324,5±2,8	312,2±1,7
Удій за лактацію, кг	5118±120,4	5806±105,1	5682±108,3
Середньодобовий удій, кг	14,4	17,9	18,2
Удій за 305 днів лактації, кг	4724±111,7	5711±123,2	5624±107,4
Вміст жиру в молоці, %	4,0±0,02	4,01±0,01	4,03±0,02
Вміст білка в молоці, %	3,09±0,02	3,08±0,03	3,09±0,04
Кількість молока базисної жирності, кг	6021	6848	6686
Кількість молочного жиру, кг	204,7	232,8	228,9
Швидкість молоковіддачі, кг/хв	1,8±0,12	2,0±0,11	1,9±0,14

Проте, важливо відзначити, що збільшення тривалості сухостійного періоду до 90 днів (як у третій групі) негативно вплинуло на молочну продуктивність в порівнянні з тваринами, які мали коротший сухостійний період, як у другій групі. Фактичний удій у корів першої групи склав 5118 кг молока, в другій групі був на 688 кг менший, а в третій групі на 567 кг більший. Удій на корову в третій групі був нижчим на 124 кг.

Середньодобовий удій за лактацію становив 14,4 кг молока в першій групі, а в другій і третій групах був вищим на 3,5 і 3,8 кг відповідно.

Вміст жиру в молоці в тварин розрізнявся і був в межах від 4,0% до 4,3%. Вміст білка був практично однаковим і становив 3,08-3,09%. За кількістю молочного жиру тварини другої і третьої груп перевершували корів першої групи на 28,1 і 24,2 кг відповідно.

Найвища швидкість молоковіддачі була у корів другої групи (2,0 кг/хв), у першій і третій на 0,2 і 0,1 кг/хв менша.

Отже, результати досліджень вказують на те, що оптимізація відтворювальної здатності корів та рівня молочної продуктивності можлива шляхом регулювання тривалості фізіологічних періодів, що дозволяє досягти більших надоїв.

Для корів української чорно-рябої молочної породи з надоєм від 5500 до 6000 кг молока оптимальними параметрами фізіологічних періодів є тривалість сервіс-періоду 113 днів; тривалість сухостою 81 день, що сприяє збільшенню продуктивності в порівнянні з тваринами, які мали меншу або більшу тривалість фізіологічних періодів.

У першій групі корів із виробництвом 6000-6500 кг молока, заплідненість від першого осіменіння становила 20,0%, і цей показник був вищим у порівнянні з високопродуктивними тваринами другої групи, які давали 6500-7000 кг молока (табл. 3).

У групі корів із виробництвом молока на рівні 6000-6500 кг, 86,6% х тварин запліднилися, тоді як у високопродуктивних корів другої групи цей показник становив 93,3%. Різниця між цими двома групами становила 6,6 п.п.

Таблиця 3. Відтворювальна здатність корів в залежності від рівня молочної продуктивності (після другого отелення)

Група тварин	Група корів з продуктивністю			
	перша – 6000-6500 кг		друга – 6500-7000 кг	
	гол.	%	гол.	%
Запліднилися після:				
першого осіменіння	7	46,6	4	26,6
другого осіменіння	5	33,3	6	40,0
наступних осіменінь	2	13,3	3	20,0
Всього запліднилося	14	93,3	13	86,6
Тривалість сервіс-періоду, днів	122,8±10,27		148,5±12,31	
Індекс осіменіння	2,9		3,2	

Сервіс-період корів у першій групі був коротшим на 25,7 днів, ніж у другій групі. Відповідно, індекс осіменіння в групі корів із виробництвом 6000-6500 кг був на 0,3 нижче. Таким чином, важливо відзначити, що рівень молочної продуктивності корів має значний вплив на якість та кількість молока.

Висновки. На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що подовження сухостійного періоду до 90 днів (як у третій групі) негативно вплинуло на молочну продуктивність порівняно з тваринами, що мали коротший сухостійний період, як у другій групі. Фактичний удій у корів першої групи склав 5118 кг молока, в другій групі цей показник був на 688 кг менший, а в третій групі на 567 кг більший. Удій на корову в третій групі був на 124 кг нижчий. Час прояву першого статевого циклу після отелу залежав від тривалості фізіологічних періодів. У корів першої групи, що мали подовжений сервіс-період і тривалу лактацію, але короткий сухостійний період, перший статевий цикл

спостерігали на 32,7 день після отелу. У другій та третій групах цей показник становив відповідно 25,3 та 24,1 дні. Сервіс-період корів першої групи був на 25,7 днів коротший, ніж у другій групі, а індекс осіменіння в групі корів з продуктивністю 6000-6500 кг був на 0,3 нижчим.

Список використаної літератури

1. Боднар П.В., Щербатий З.Є. Вплив матерів на молочну продуктивність дочок української чорно-рябої молочної породи. Зоотехнічна наука: історія, проблеми, перспективи. *Матер. V міжнар. науково-практ. конфер. Кам'янець-Подільський*. 2015. С. 75–76.
2. Ведмеденко О.В. Молочна продуктивність корів залежно від різних факторів. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 107. С. 199-204.
3. Войтенко С. Л., Карунна Т. І., Шаферівський Б. С., Желізняк І. М. Вплив генотипових та паратипових факторів на реалізацію молочної продуктивності корів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2019. Вип. 1-2 (36-37). С. 21-26.
4. Разанова О. П. Молочна продуктивність і племінна цінність корів української чорно-рябої молочної породи різних ліній племрепродуктора Вінниччини. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. № 4 (107), т. 2. С. 93-104.
5. Разанова О. П. Продуктивність і племінна цінність корів української чорно-рябої молочної породи різних ліній племрепродуктора Вінниччини. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. № 4 (107). Т.2 .С. 93-104.
6. Салогуб А. М. Вплив генотипових та паратипових чинників на ознаки молочної продуктивності корів української червоно-рябої молочної породи. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2019. Вип. 3(38). С. 37-40.
7. Скоромна О. І., Разанова О. П., Поліщук Т. В., Шевчук Т. В., Берник І. М., Паладійчук О. Р. Науково обґрунтовані заходи підвищення продуктивності корів молочного напрямку та покращення якості сировини в умовах виробництва: Монографія. ВНАУ, 2020. 174 с.
8. Скоромна О. І., Разанова О. П., Поліщук Т. В., Шевчук Т. В., Паладійчук О. Р., Берник І. М. Розробка науково обґрунтованих заходів підвищення продуктивності корів молочного напрямку та покращення якості сировини за рахунок інновацій та досліджень в умовах виробництва: Монографія. ВНАУ, 2020. 174 с.
9. Golubenko T., Razanova O. Optimizing the use of protein in the young cattle body. *Știința agricolă*. 2022. № 1. С. 143-152.
10. Heinrichs A. J., Heinrichs B. S. Prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *Journal Dairy Science*. 2011. Vol. 94. P. 336–341.

Максим ГРАБЧАК²,
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОЗДОЮВАННЯ КОРІВ

Анотація. *Встановлено, що роздій корів – це найбільш ефективний захід по збільшенню виробництва молока, підвищенню молочної продуктивності корів, який включає комплекс організаційно-зоотехнічних заходів по утриманню, годівлі і доїнню корів та розрахований на досягнення рівня продуктивності, що максимально наближується до генетично зумовленого. Роздоювання корів дає можливість підвищити молочну продуктивність, повніше виявити і розвинути їх спадкові властивості.*

Ключові слова: *роздій корів, молочна продуктивність, авансована годівля.*

Annotation. *It has been established that cow separation is the most effective measure to increase milk production and milk productivity of cows, which includes a complex of organizational and zootechnical measures for keeping, feeding and milking cows and is designed to achieve a level of productivity that is as close as possible to the genetically determined one. Cow separation makes it possible to increase milk productivity, more fully identify and develop their hereditary properties.*

Keywords: *cow separation, milk productivity, advanced feeding.*

Вступ. Молочна продуктивність корів та якість молока залежить від багатьох факторів: генетичних (порода, індивідуальні генетичні особливості), годівля (якість кормів, баланс раціону), умов утримання (комфорт і чистота, температурний режим), здоров'я (відсутність хвороб, вакцинація і ветеринарний догляд), технології доїння (сучасне обладнання, регулярність доїння), менеджменту і людського фактору [1, 5].

Період лактації корів ділиться на три фази, тривалістю приблизно по 100 днів кожна: перша фаза роздою, друга фаза стабільної продуктивності й третя фаза зниження продуктивності. Кожна з цих фаз має свої особливості та вимагає специфічного підходу до годівлі та догляду за коровами.

Молочна продуктивність корів у період роздою є одним з ключових факторів успішного ведення молочного скотарства. Тому у даний період важливо забезпечити корову оптимальними умовами утримання та годівлі, щоб максимально збільшити її продуктивність. Отримання високих добових надоїв значною мірою залежать від здатності корови споживати й перетравлювати велику кількість сухої речовини в раціоні [3].

²Науковий керівник: к. с.-г. наук, доцент кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин ВНАУ Огороднічук Г.М.

Роздій корів – це система заходів, спрямованих на повне використання їх потенціалу продуктивних властивостей. Дана система передбачає планування удоїв, підготовку тільних сухостійних корів до відпустки, нормовану річницю дійних корів, організацію і техніку доїння, остаточне їх запліднення, раціональне утримання молочної худоби, організацію виробничих процесів на фермі.

Необхідною умовою роздоювання тварин є забезпечення високого рівня їх годівлі протягом перших 2-3 місяців лактації. Через 10-15 днів після отелення за нормального загального стану корів і молочної залози раціон для тварин збільшують на 2-4 кормових одиниць від норми. Авансування кормами на продуктивність проводять доти, поки корова підвищує надій. Молодим і повновіковим тваринам нижче від середньої вгодованості норми годівлі збільшують на 10 % [9].

До раціону корів, яких роздоюють, необхідно вводити високоякісне сіно злакових і бобових трав, сінаж, кормові буряки, моркву, а влітку основу його становлять зелені та концентровані корми. На 100 кг живої маси новотільним коровам необхідно давати 1,5-2 кг сіна, 2-3 – силосу, 2-2,5 – кормових буряків, 0,5-1 кг моркви. У добовому раціоні має міститися 2,5-3 кг сухої речовини.

На роздоювання суттєво впливають підготовка корови до доїння й дотримання правил машинного доїння, особливо повноти видоювання, оскільки неповне видоювання спричинює зниження молочної продуктивності. Підготовка корови до доїння включає обмивання вим'я, витирання його та масаж. Ці операції мають тривати не більше ніж 1 хвилина. Якщо ж вони затягуються, то це призводить до втрати періоду рефлексу молоковіддачі і як наслідок — до зниження надоїв. Наприкінці доїння роблять заключний масаж, натискаючи на колектор доїльних стаканів униз і вперед.

На роздоювання впливають також зоогігієнічні умови утримання, чистота тварин, дотримання розпорядку дня, спокій у період доїння. Авансування кормами для роздоювання припиняють за 2-3 міс до запуску, і корів годують відповідно до фактичної молочної продуктивності [10].

Метою даної роботи є вивчення особливостей роздоювання корів, та його вплив на рівень молочної продуктивності.

Виклад основного матеріалу. В основі роздою лежать принципи індивідуального нормування годівлі дійних корів, що важко здійснювати у сучасних великих стадах, особливо при безприв'язному утриманні. Аналіз фактичного матеріалу та передовий досвід багатьох господарств показують, що кваліфіковане інтенсивне роздоювання корів-первісток до рівня 4500-7500 кг молока сприяє отриманню найвищих надоїв, а згодом і подовженню термінів господарського використання тварин [2].

Особливу увагу слід приділити коровам після отелення, коли вони знаходяться в періоді роздою. У цей час важливо забезпечити їм авансовану годівлю, що означає збільшення кількості та якості кормів, щоб підтримати їхнє відновлення після отелення і забезпечити високий рівень надоїв молока. Це допомагає коровам швидше відновитися та підвищити їхню продуктивність у майбутньому.

Після отелення протягом 30-120 днів в молочній залозі утворюється більша кількість молока, потім деякий період часу лактаційна діяльність підтримується на одному рівні, і далі поступово згасає. Вважають, що роздоювання корів, як зоотехнічний метод, до 7000 кг молока і більше ризиковане. Проте дані досліджень, проведених на значному поголів'ї корів симентальської, червоної степової, чорно-рябої, лебединської, бурої латвійської та інших порід, свідчить, що кваліфіковане інтенсивне роздоювання корів навіть до 12000-15000кг молока за 300-305 днів лактації ніякої шкоди тваринам не завдає [4].

Встановлено, що частота доїння у період роздою має значний вплив на продуктивність корів, особливо високопродуктивних новотільних корів, які показують кращі результати за 4-разового доїння. Застосування цього технологічного способу дозволяє підвищити ефективність використання молочних корів та забезпечити більший прибуток [10].

В основі роздоювання тварин лежать принципи індивідуального нормування годівлі дійних корів, що важко здійснювати в сучасних великих стадах, особливо при безприв'язному утриманні. Зоотехнічна наука давно розробила систему групової годівлі, в основі якої лежить розділення корів на групи за величиною добових надоїв, з врахуванням живої маси, стадії лактації і т.д.

Перше місце при роздої корів відводиться повноцінній збалансованій годівлі та кратності доїння. Деякі учені вважають за доцільне роздії у перші 10 днів лактації проводити при доїнні корів 6-10 разів на добу в залежності від ємності молочної залози, потім при п'ятикратному. Якщо тварина дає 20 кг і більше молока на добу, то п'ятикратне доїння продовжували 100 днів, тобто всю першу третину лактації [5].

Учені пропонують новотільним коровам видавати корми, так зване авансування, у розрахунку на надої, які на 3-4 кг вище фактичних, і на приріст не менше 200 г на добу з тим, щоб стимулювати збільшення продуктивності і не допускати різкого спаду їх живої маси, що важливо для подальшого відтворення.

Роздоювати починають безпосередньо після доведення раціонів новоотелених корів до норми. В цей період вводять високоенергетичні, легкозасвоювані зернові злакові концентрати по 400-500 г на 1кг молока, цукристі корми – 15-20 кг кормових буряків взимку, влітку – 1-1,5 кг бурякової патоки [7].

Роздії корів включає в себе два етапи: підготовку до роздою і власне роздії. Підготовка до роздою передбачає своєчасний запуск корів і правильно організований сухостій. Прийнято вважати, що тривалість сухостійного періоду і характер годівлі сухостійних корів повинні встановлюватися в залежності від планованих надоїв після отелення. При цьому також враховують вгодованість, вік в лактації та інші індивідуальні особливості тварин. У період роздоювання забезпечують не тільки потрібну енергетичну поживність раціонів, але і їх збалансованість за протеїном, мінеральними речовинами і вітамінами [3].

При роздоюванні корів залозиста тканина вимені може збільшитися в 1,5-2 рази в порівнянні з варіантом недостатньої годівлі, що особливо важливо мати

при роздої, так як у наступний період лактації ємність молочної залози не збільшується. Велике значення для підвищення надоїв корів має накопичення у тілі в період сухостою запасу поживних речовин, які використовуються організмом для утворення молока після отелення.

Добре роздоєні корови стають родоначальницями нових високопродуктивних родин, матерями висококласних бугаїв-продовжувачів ліній. На роздїй ставлять всіх корів-первісток, які повинні за 305 днів лактації дати не менше 7 тис. кг молока. Крім корму основного раціону, 45 днів задають по 3 кормових одиниці на роздоювання. Первісток з добовим надоєм вище 16 кг молока на 20 день лактації переводять в основне стадо.

Корова має бути у запуску не менше 65-70 днів. Якщо ж цей термін становить 45-50 днів, то втрата молока за лактацію буде не менше 1500-2000 кг.

Суттєве значення для роздою молочного стада мають суворе дотримання розпорядку дня на фермі, недопущення шуму в приміщенні, дотримання техніки і технології доїння корів. Не менш важливим фактором, що забезпечує отримання високих надоїв, є кваліфікація кадрів, які здійснюють роздїй, а також фахівців тваринників. Досвід свідчить, що для одержання високих надоїв недостатньо високого генетичного потенціалу та добрих умов годівлі, для цього потрібне ще й правильне доїння [3, 6].

Разом з цим у багатьох господарствах не отримують високих показників продуктивності тварин. В умовах безприв'язного утримання та за 2-ох разового доїння корів надої отримують нижчі за очікувані, роздїй корів недостатній.

Доведено, що застосувавши досконалу технологію машинного доїння, можна надій підвищити на 25%, оскільки доїльна машина безпосередньо взаємодіє з організмом корови, з її складною рефлекторно-секреторною системою. Від того, наскільки доїльне устаткування враховує фізіологічні особливості організму тварини, наскільки своєчасно і оперативно проводяться операції доїння корови, можна судити про рівень технологічної і технічної культури на фермі.

Встановлено, що створюючи сприятливі умови годівлі, доїння та утримання корів, можна збільшити утворення молока, особливо в період функціонального розвитку молочної залози, тобто шляхом роздоювання новотільних корів. Індивідуальне роздоювання можливе як при прив'язному, так і безприв'язному утриманні корів [1, 5].

Висновки.

1. Основна умова роздоювання корів – це суворе виконання всіх правил годівлі тварин залежно від стану здоров'я та індивідуальних особливостей.

2. Роздїй корів включає в себе два етапи: підготовку до роздою і власне роздїй.

3. Роздїй корів із понад нормованою годівлею розпочинають з 10-15-го після отелення. Він відіграє ключову роль у досягненні планової продуктивності. Ключовим моментом в проведенні роздою є поступове збільшення кількості кормів в раціоні, їх поживної цінності для досягнення піку лактації на основі проведення контрольних доїнь передбачених технологічною картою.

Список використаної літератури

1. Бусенко О. Т., Столюк В. Д., Могильний О. Й. та інші. Технологія виробництва продукції тваринництва. К.: Вища освіта. 2005. 496 с.
2. Геймор М., Кудревич О. Шлях до високих надойв. *Тваринництво України*. 2002. № 9. С. 2-4.
3. Калетнік Г. М., Кулик М. Ф., Петриченко В. Ф., Хорішка В. Д. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва. Вінниця. 2007. 583 с.
4. Косіор Л. Молочна продуктивність корів залежно від способів і кратності доїння. *Тваринництво України*. 2009. № 1. С. 16-19.
5. Костенко В. І. Технологія виробництва молока і яловичини. К.: Ліра. 2018. 672 с.
6. Луценко М. М., Іванишин В. В., Смоляр В. І. Перспективні технології виробництва молока. Видавничий центр «Академія». 2006. 192. с.
7. Машкін М.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів. 2006. К.: Вища освіта. 351. с.
8. Палій. А., Нанка О., Інноваційні технічні системи роздавання кормів. *Корми і факти*. 2019. №5. С.44-47.
9. Підпала Т.В. Скотарство і технологія виробництва молока та яловичини: навчальний посібник. Миколаїв. 2008. 369 с.
10. Рубан Ю.Д. Скотарство і технологія виробництва молока та яловичини. Харків: Еспада. 2002. 576 с.

Ліна ДІБРОВА³,

студентка 3-го курсу,

факультет технології виробництва, переробки та робототехніки у

тваринництві,

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СВИЩЕВИХ МАТОК

Анотація. У статті розглядається процес вирощування свищевих маток як механізм саморегуляції та відновлення бджолиних сімей. Досліджено причини та обставини, за яких бджоли закладають свищеві маточники, а також етапи розвитку свищевих маток. Описано особливості їх формування, включаючи вплив віку личинок та умов у вулику на якість майбутніх маток. Також у статті аналізуються переваги та недоліки свищевих маток порівняно з іншими методами виведення маток, зокрема їх продуктивність, вплив на силу сім'ї та можливість використання для розширення пасіки. Окрему увагу приділено технології вирощування свищевих маток, включаючи контроль віку личинок,

³Науковий керівник: кандидат с.-г. наук, доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва ВНАУ Олена РАЗАНОВА

забезпечення необхідних ресурсів та відбір маточників. Розглянуто методи покращення якості свищевих маток, що може бути корисним для пасічників у виборі оптимальних підходів до відновлення та підтримки бджолиних сімей.

Ключові слова: Маток, вирощування, дослідження, свищевих, бджолиних сімей.

Annotation. The article discusses the process of growing fistulous queens as a mechanism for self-regulation and restoration of bee colonies. The reasons and circumstances under which bees lay fistulous queen cells, as well as the stages of development of fistulous queens, have been investigated. The features of their formation are described, including the influence of the age of the larvae and the conditions in the hive on the quality of future queens. The article also analyzes the advantages and disadvantages of fistulous queens compared to other methods of breeding queens, in particular their productivity, impact on the strength of the family and the possibility of using them for the expansion of the apiary. Special attention is paid to the technology of growing fistulous queens, including controlling the age of the larvae, providing the necessary resources and selecting queen cells. Methods for improving the quality of fistulous queens are considered, which can be useful for beekeepers in choosing optimal approaches to the restoration and maintenance of bee colonies.

Keywords: Queens, cultivation, research, fistulous, bee colonies.

Вступ. Бджільництво є важливою галуззю сільського господарства, що забезпечує отримання цінних продуктів, таких як мед, віск і прополіс, а також сприяє запиленню сільськогосподарських культур. Одним із ключових аспектів успішного ведення бджільництва є сила бджолиних сімей, що залежить від якості бджолиної матки. Вирощування бджолиних маток є важливим елементом у життєдіяльності бджолиних сімей. Одним із методів отримання маток є використання свищевих маток – маток, яких бджоли вирощують самостійно у разі її втрати. Свищеві матки мають свої особливості, які відрізняють їх від штучно виведених маток.

Виклад основного матеріалу. Бджолина сім'я – це складна біологічна система, яка має здатність до саморегуляції та відновлення. Одним із механізмів збереження популяції є вирощування свищевих маток. Це особливий процес, який відбувається в разі втрати основної матки або при зміні умов у вулику. Свищеві матки мають свої специфічні особливості, переваги та недоліки, що впливають на ефективність ведення бджільництва. Свищеві матки, зазвичай, вирощують із личинок, які спочатку призначалися для розвитку робочих бджіл. Тому це може впливати на їх генетичні характеристики та якість, порівняно з матками, які виводилися із спеціально відібраного матеріалу [4].

Осиротіла сім'я може вивести собі матку якщо в гнізді є яйця або молоді личинки в бджолиних комірках. Бджоли перебудовують таку комірку на маточник, а личинку не перестають годувати молочком. Виведена таким

способом матка називається свищевою [2]. Свищевих маточників у разі втрати матки бджоли закладають 2-10, при тихій заміні матки – 1-2.



Рис. 1. Свищовий маточник при втраті матки

При втраті матки у весняно-літній період сім'я закладає свищові маточники на бджолиному розплоді і при цьому, як правило, використовує личинок різного віку. Першими виводяться матки з маточників, де були личинки старшого віку. Після виходу першої матки всі інші маточники знищуються бджолами. При виведенні сім'єю свищової матки спрацьовує фактор годівлі. За рахунок одержання бджолиною личинкою маточного корму процес розвитку спрямовується на формування матки [4].

Перебудова організму, неповноцінна годівля личинок на ранніх стадіях розвитку і визначають в основному низьку якість свищових маток. Крім того, тимчасове горизонтальне розміщення маточника теж, хоча і незначною мірою, впливає на подальший розвиток матки [4].

Бджоли закладають свищові маточники протягом перших 4-5 днів після зникнення матки, для чого вибирають личинок у віці від 12 годин до 4 доби (більшу частину личинок – 68-75% – у віці від 12 год. до 1,5 доби, з них 31-44% у віці близько 12 годин). При виведенні свищової матки бджоли використовують наявні комірочки з личинками 1-3-денного віку, які розширюють до необхідних розмірів (8-9 мм) за рахунок руйнування прилеглих до неї. Матки, що розвиваються з личинок 2- і 3-денного віку, менш продуктивні та дрібніші [4].

Матки, виведені із свищових маточників, дуже різняться за якістю. Найкращими є ті, які виведені з наймолодших личинок [3].

Для вдалого виведення свищових маток важливо створити найкращі умови у вулику. Це передбачає наявність міцної бджолиної родини з достатньою кількістю молодих бджіл-годувальниць та медозбору. У родинках з гарними генетичними рисами та при сприятливих кліматичних умовах виводяться високоякісні свищеві матки.

Свищові матки мають декілька переваг порівняно з іншими способами отримання маток. Однією з найважливіших переваг є висока яйценосність свищових маток, інколи перевершує яйценосність ройових маток. Хоча свищеві матки мають переваги, але їхнє вирощування теж пов'язане з певними складнощами. Одним з недоліків є те, що якість свищевих маток залежить від

стану бджолої сім'ї та умов у гнізді. У слабких сім'ях або за несприятливих умов свищеві матки можуть бути низької якості (табл. 1).

Таблиця 1. Переваги та недоліки свищевих маток

Переваги	Недоліки
Природний механізм відновлення сім'ї	Матки зазвичай менш продуктивні, ніж спеціально виведені матки
Відсутність потреби в додатковому втручанні бджоляра	Їх якість залежить від віку личинки, з якої вони вирощені
Можливість отримання нової матки без закупівлі племінного матеріалу	Велика ймовірність вирощування слабких маток, що може вплинути на силу сім'ї

Джерело: сформовано автором на основі [2].

Етапи вирощування свищевих маток:

1) виявлення втрати матки – бджоли помічають відсутність матки та починають годувати обрані личинки маточним молочком.

2) формування свищевих маточників – бджоли переробляють звичайні комірочки у великі маточники.

3) розвиток личинки – процес триває приблизно 16 днів, після чого народжується нова матка.

4) обліт і запліднення – після виходу з маточника молода матка здійснює парувальний виліт.

5) початок яйцекладки – якщо матка успішно облетілася, то вона починає відкладати яйця, що означає відновлення повноцінного життя сім'ї.

Для успішного вирощування свищевих маток необхідно забезпечити оптимальні умови у вулику. Це включає наявність сильної бджолиної сім'ї з достатньою кількістю молодих бджіл-годувальниць та наявність медозбору. У сім'ях з цінними спадковими задатками та при сприятливих кліматичних умовах виводяться високоякісні свищеві матки.

Щоб підвищити якість свищевих маток, пасічники застосовують такі методи:

- використання молодих, добре розвинених личинок.
- контроль кількості маточників у вулику (залишають найкращі).
- підселення сильних трутнів для забезпечення якісного запліднення.
- штучне осиротіння сімей у період сприятливих умов для виведення маток.

Вирощування свищевих маток є простим і доступним методом для пасічників-початківців або в умовах обмежених ресурсів. Проте для селекційної роботи цей метод має суттєві обмеження через непередбачуваність генетичного матеріалу та потенційно нижчу якість маток. Оптимальним є комбінування природного вирощування свищевих маток із сучасними технологіями штучного виведення для досягнення найкращих результатів у бджільництві.

Висновки. Вирощування свищевих маток є важливим процесом у бджільництві, який дозволяє пасічникам отримувати нові матки для підтримки здоров'я і продуктивності бджолиних сімей. Хоча цей метод має свої переваги,

пасічникам слід бути обережними щодо умов вирощування та якості отриманих маток.

Список використаної літератури

1. Вирощування бджолиних маток: що потрібно знати для отримання здорових маток. URL: https://med.lviv.ua/vyroshchuvannia-bdzholynykh-matok/?srsltid=AfmBOoooJRnok7yVvTpAJWR8JOpVx5n_LeCldAGNSplVhj3m09ICYRuS (дата звернення: 27.03.2025).
2. Кучерявий В. П. Особливості використання свищевих маток помічниць, для підтримання нормальних процесів у бджолиніх сім'ях у ранньовесняний період. Всеукр. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми підвищення якості, безпеки виробництва та переробки продукції бджільництва», 25-26 черв. 2020, Чернятинський коледж. Чернятин. 2020. 1 с.
3. Лозінський М.В., Глеваський В.І., Яковенко О.М., Устинова Г.Л. Основи бджільництва: навчальний посібник. Біла Церква. 2021. 148 с.
4. Разанова О. П., Скоромна О. І. Технологія виробництва продукції бджільництва: навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2020. 405 с.

Олександра ДУДНИК⁴,
студентка 1-го курсу,
факультету екології, лісівництва
та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ У ПРОЦЕСІ ВІДЛУЧЕННЯ ПОРОСЯТ ВІД СВИНОМАТКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

***Анотація.** Ця стаття присвячена дослідженню однієї з найважливіших ланок в технологічному процесі виробництва свинини, а саме процесу відлучення поросят від свиноматки. Ця фаза часто є причиною багатьох проблем і захворювань. Аналізуються період до і після відлучення та його вплив на майбутнє здоров'я і продуктивність поросят. Розглядаються світові тенденції, щодо раннього відлучення поросят і зменшення підсисного періоду в середньому до трьох тижнів. До чого в свою чергу призвів розвиток таких наук, як біохімія, фізіологія та генетика, а також використання нових технологій у виробництві комбікормів і покращення умов утримання свиноматок з їх потомством.*

***Ключові слова:** свиноматка, відлучення поросят, годівля, технологія, поросята-сисуні, жива вага, корми, свині.*

⁴Науковий керівник. к. с.-г. наук, доцент кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин ВНАУ Огороднічук Г.М.

Annotation. *This article is devoted to the study of one of the most important links in the technological process of pork production, namely the process of weaning piglets from the sow. This phase is often the cause of many problems and diseases. The period before and after weaning and its impact on the future health and productivity of piglets are analyzed. World trends are considered regarding early weaning of piglets and reducing the suckling period to an average of three weeks. Which in turn was led by the development of such sciences as biochemistry, physiology and genetics, as well as the use of new technologies in the production of compound feeds and improving the conditions of keeping sows with their offspring.*

Keywords: *sow, weaning of piglets, feeding, technology, suckling piglets, live weight, feed, pigs.*

Вступ. Галузь свинарства традиційно відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки України. А її продукція становить третину у загальній структурі споживання м'ясної продукції. Одним з найважливіших технологічних процесів у виробництві свинини є вирощування поросят. Саме від нього будуть залежати кінцеві зоотехнічні і економічні показники на виробництві. Процес відлучення поросят від свиноматки є дуже важливим елементом, який у подальшому впливає на їх розвиток, стан здоров'я та темп набору живої ваги. Ці показники є одними з найголовніших для отримання високоякісної м'ясної продукції.

Тенденція до зменшення дрібних виробництв у данній галузі призвела до різкого збільшення великих високотехнологічних підприємств, за рахунок чого значно зменшився термін відлучення поросят від матері. В країнах Європи цей термін становить 21-28 діб, в Англії – 25 діб, в США – 14 діб, а в Канаді 14-16 діб [1, 5, 6].

Метою досліджень є дослідити основні проблеми у процесі відлучення поросят від свиноматки та шляхи їх вирішення.

Виклад основного матеріалу. Процес відлучення поросят від свиноматки – один з найскладніших етапів у вирощуванні свиней. Правильна організація періоду до і після відлучення визначає майбутнє здоров'я та подальшу продуктивність поросят. Тому підбір правильних методів та режиму годівлі допоможе уникнути багатьох проблем і захворювань.

Процес успішного відлучення поросят починається ще з опоросу та правильної годівлі свиноматки. Це забезпечує народження здорового потомства, яке швидко дістається до сосків і отримує молозиво в достатній кількості. Воно регулює ефективну герметизацію кишківника протягом перших 24 годин після народження. А також приймає участь у дозріванні кишкового тракту і його мікробіому. Після чого активується важлива функція поглинання поживних речовин і запобігання проникнення патогенів [4, 12].

Від народження материнське молоко є незамінним елементом у харчуванні поросят. Ще з перших днів життя воно забезпечує їх потребу у поживних речовинах. Протягом перших трьох тижнів після народження лактація в свиноматки зростає, тому 1 кг приросту живої ваги на 85% забезпечується за

рахунок молока матері і тільки на 15 % - додатковим підкормом. Але вже на другому місяці життя ситуація змінюється на протилежну. Частка підкорму становить 70%, а материнського молока лише – 30%. Проте одне поросеня так само потребує 4,5г молока на кожний грам приросту. Відповідно свиноматка вже не може виробляти такий об'єм молока і в повному обсязі задовольняти потреби підростаючого потомства. [9].

Тому, привчання поросят до споживання твердого корму є не лише способом підготовки їх до відлучення, але й забезпечує їх інтенсивний ріст. Поросята починають підгодовувати з 5-7 доби за схемою, яка враховує анатомічні і функціональні особливості їх кишково-шлункового тракту. Так, схема підгодовівлі, поросят-сисунів за традиційної технології вирощування від 0-60 діб передбачає, що на кожне поросеня необхідно згодувати 26 кг збираного молока, 20 кг комбікорму-стартеру, 2-3 кг трав'яного борошна, 6-8 кг соковитих або зелених кормів (Табл. 1) [8].

Вже з 3-5 дня для поросят в обладнаних відділеннях станка мають постійно бути кісткове борошно, крейда, деревне вугілля, підсмажене до коричневого кольору зерно пшениці, ячменю та спеціальний комбікорм, а також чиста питна вода. Поросята-сисуни вже з перших днів життя відчувають нестачу у залізі. Тому у віці 5-7 днів їм роблять ін'єкцію препаратів: феродексу 1,5 мл. або фероглюкіну 2 мл. За відсутності даних препаратів можна використати сірчаноокисле залізо (2,5 г.) або сірчаноокислу мідь (1 г.) на 1 л. води, з розрахунку на одне поросеня – 10 мл. розчину. [4].

Таблиця 1. Схема підгодовівлі поросят-сисунів

Корми	Вік поросят, дні						Всього кормів за період вирощування, кг
	5-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	
	Кількість кормів за добу (г, на порося)						
Збиране молоко	50	150	350	650	700	700	26,0
Стартер-комбікорм	30	100	150	300	500	900	19,8
Трав'яне борошно	-	10	20	40	60	100	2,3
Соковиті чи зелені корми	-	30	50	100	200	500	8,8

Починаючи з другого тижня життя поросят привчають споживати комбікорм маленькими порціями 12-15 разів на добу. Використання рослинних кормів у підгодовівлі поросят стимулює ріст і розвиток травних органів та їх функцій. Це дає змогу поросеням значно раніше споживати і перетравлювати різноманітні корми, що значно прискорює їх ріст і розвиток. При підгодовівлі поросят з 8-10 дня життя у віці 60 днів вони матимуть живу вагу – 17,9 кг, з 20 дня – 16,4 кг, а з 30 дня – лише 15,4 кг.

Висока енергетична і біологічна цінність кормосумішей на одну одиницю корму, мають важливе значення для оптимального росту поросят. Це пов'язано з тим, що при малих об'ємах шлунку поросенята не можуть одразу з'їсти багато корму. Таким чином концентрація у сухій речовині кормо суміші, за живої ваги

поросят до 6 кг має становити – 1,59 к. од. (17,6 МДж ОЕ), 12-20 кг – до 1,39 к. од. (15,4 МДж ОЕ), де масова частка сирого протеїну відповідно становить – 27,3 та 23,1%; сирій клітковини 3,4 -4,2%, а кухонної солі – 0,34-0,40% [1, 4, 11].

Також, поряд із цим у поросят віком від 16 днів починають тимчасово забирати свиноматку на 1,5 години вранці та 1,5 години ввечері. Цей прийом допомагає кращій адаптації поросят після відлучення від матері.

Факторами, які потребують особливої уваги у процесі відлучення є вік поросят, вага та стан здоров'я. Як правило, здорові поросята які мають більшу вагу до відлучення, мають і кращі темпи набору живої маси після відлучення.

Визначення оптимального віку відлучення поросят від свиноматки є предметом активних дискусій. За традиційною технологією поросят відлучають у віці двох місяців. На малих фермерських господарствах цей термін може становити 35-45 діб. Проте великі ферми де використовують сучасні технології потокового виробництва свинини провадять раннє відлучення поросят у віці 21-28 днів. Відлучення поросят віком менше ніж 21 день та вагою менше ніж 5 кг потребує спеціальних умов харчування та утримання. Зважаючи на складність даного процесу оптимальний вік відлучення має визначатися відповідно до технологій вирощування, ресурсів підприємства, а також від стану здоров'я тварин.

У перші дні після відлучення при переведенні поросят на сухий корм значно зменшуються обсяги його споживання, що призводить до зниження опірних функцій кишківника за рахунок скорочення довжини його ворсинок. Через це знижується здатність всмоктувати поживні речовини та воду, що суттєво збільшує ризики зневоднення організму тварини. А внаслідок падіння імунітету поросята після відлучення стають більш вразливими до різних інфекційних і бактеріальних захворювань.

Перші 3-4 доби одразу після відлучення є найбільш критичними. Втрата контакту з матір'ю викликає сильний стрес, збудженість та відмову від їжі. Все це вимагає дбайливого ставлення, посиленої уваги за станом здоров'я поросят та забезпечення їх смачними і поживними кормами. Протягом перших 5-10 днів після відлучення поросят годують тим самим комбікормом пре стартером, що і у підсисний період. Однак далі їх переводять на стартер – повноцінний комбікорм [9, 12].

У багатьох дослідженнях вітчизняних та іноземних науковців не фіксується високий рівень споживання корму поросятами до відлучення, проте після відлучення такі тварини починали їсти набагато раніше і у більших об'ємах у порівнянні з тими яких не підгодовували до відлучки. Тому вкрай важливим фактором є підгодівля поросят смачними кормами ще у підсисний період, що стимулює розвиток кишківника і вироблення травних ферментів. Таким чином контроль споживання корму до і після відлучення є одним з важливих прийомів для збереження функції травлення в поросят.

У складі стартерного комбікорму має бути оптимальний вміст білків, мінеральних речовин та вітамінів. Раніше на практиці часто вживали антибактеріальні препарати, проте останнім часом іде тенденція до заміни їх на

фітопрепарати, які сприяють підвищенню апетиту, покращують процес травлення та мікрофлору кишківника. Також практикують додавання до кормів сумішей кислот та ефірних олій. Такий підхід сприяє боротьбі з патогенами після відлучення. А також для підвищення опірності і стійкості імунної системи поросят проводять дегельмінтизацію та вакцинацію [7, 11].

Не менш важливим фактором у відлученні поросят від матері є забезпечення комфортних умов їх утримання. Деякий час після відлучки поросят залишають у верстаті для опоросу свиноматок а згодом переводять у приміщення для відлучених поросят, які заздалегідь належним чином очищають та дезінфікують. Поросят має бути достатньо вільного місця щоб рухатися, спати та мати вільний доступ до їжі і води. Рекомендовано, щоб площа на одне порося після відлучення становила близько 0,35-0,45 м². при утриманні не більше 25 голів в одному приміщенні.

Дуже важливо щоб поросята завжди мали доступ до чистої води. Напувалки мають стояти на видному місці. А також, вони потрібні в достатній кількості щоб кожне порося мало до неї доступ. Швидкість подачі води у напувалках соскового типу має бути не менше ніж 500мл/хв., а температура води 16-20°C. Їх ,як правило, встановлюють на відстані 1 метр одна від одної на висоті 25-35 см над рівнем підлоги [2, 3, 5].

Температурний режим є не менш важливим. У перший тиждень після відлучення температура повітря має бути приблизно 27-28°C. У другий тиждень трохи знижується до 24-26°C, а надалі до моменту переводу на відгодівлю має становити 22-24°C. Якщо у приміщенні де утримують поросят є підстилка, то відповідно температура буде нижчою на 4°C [7, 12].

Свіже повітря є запорукою здоров'я поросят. Тому у приміщенні має бути достатній рівень вентиляції, який дозволить уникнути скупчення шкідливих газів. Таких як аміак та вуглекислий газ. Рекомендований повітрообмін на одну голову становить – 2-3 м³/год., а оптимальний рівень вологості 60-70%.

Для поросят які не мають вільного випасу і постійно знаходяться в замкнутому просторі дуже важливим є фактор освітленості приміщення. Так коефіцієнт природної освітленості у приміщенні для відлучених поросят має становити 0,5-0,6%, а штучного 75 ЛК при використанні люмінесцентних ламп.

Неналежні умови утримання тварин можуть призвести до багатьох проблем. Наприклад, низькі температури та протяги у приміщеннях де утримують поросят впливають на зниження опірних функцій організму, а надмірна вологість та погана вентиляція створюють сприятливі умови до розповсюдження патогенних бактерій та мікроорганізмів. А це в свою чергу призводить до росту захворюваності і падежу тварин [2, 10].

Відлученні поросята часто б'ються і кусають один одного – усе це ознаки стресу. Він може виникати внаслідок дискомфорту, коли тварині важко дістатися до їжі чи води, або мало місця для руху.

Раннє спілкування поросят великими групами допомагає у їх соціалізації. У процесі перегруповування вони встановлюють нові ієрархічні зв'язки. Це допомагає зменшенню агресії та встановленню нормальної поведінки. Такі

поросята краще адаптуються до змін навколишнього середовища, та як правило мають кращий стан здоров'я. Також варто зазначити, що після відлучення здорових поросят з одного гнізда рекомендують утримувати в одній групі. Це також значно знижує рівень стресу у відлучених поросят [4, 7].

Отже, процес відлучення поросят від матері є одним з найголовніших етапів у свинарстві, який вимагає врахування багатьох факторів. Ретельний підхід та правильна організація цього процесу має суттєвий вплив на здоров'я поросят, продуктивність свиноматок, та загалом на ефективність господарства.

Висновки. Ключовими аспектами, які необхідно враховувати у процесі відлучення поросят є: - вибір оптимального віку відлучення, що насамперед, залежить від ресурсів господарства, технологій у вирощуванні тварин та стану їх здоров'я; попередня підготовка поросят до відлучення і комфортних умов їх утримання, зокрема підбір правильного раціону годівлі до і після відлучення, контроль температури та вологості, належна вентиляція приміщення та соціалізація тварин.

Список використаної літератури

1. Барановський Д. І., Герасимов В. І., Сокрут О. В. Свинарство: селекція, технологія: монографія. Х.: Еспада, 2011. 248 с.
2. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г., Флона Л. В. та ін. Свинарство: монографія. Полтава. 2021. 168 с.
3. Волощук В. М. Теоретичне обґрунтування і створення конкурентоспроможних технологій виробництва свинини: монографія. Полтава: ТОВ «Фірма «Техсервіс». 2012. 350 с
4. Герасимов В. І., Барановський Д. І., Хохлов А. М., Рибалко В. П., Засуха Ю. В. Технологія виробництва продукції свинарства. Підручник для підготовки фахівців у аграрних вищих навчальних закладах III - IV рівня акредитації зі спеціальності «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» Харків. Еспада. 2010. 448 с.
5. Засуха Ю. В., Нагаєвич В. М., Хоменко М.П. Технологія виробництва продукції свинарства: підручник. Вінниця: Нова Книга. 2010. 336 с.
6. Лихач В. Я. Обґрунтування, розробка та впровадження інтенсивно-технологічних рішень у свинарстві: монографія. Миколаїв: МНАУ. 2016. 227 с.
7. Лихач В. Я. Технологічні особливості вирощування поросят. *Тваринництво України*. 2015. № 6. С. 11–13.
8. Мейер Е. Підгодовля поросят: якомога раніше і краще рідка. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. №3. С. 112-114.
9. Повод М., Бондарська О., Лихач В. та ін. Технологія виробництва продукції свинарства: навчальний посібник. К.: Науково-методичний центр ВФПО. 2021. 356 с.
10. Повод М. Г., Швачка Р. П., Михалко О. Г., Юрьєва К. В. Продуктивні якості свиноматок та їхнього потомства залежно від тривалості підсисного періоду. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. Випуск 4 (39). 2019. С. 72-83.

11. Разанова О. П., Огороднічук Г. М., Побережець Ю. М. Ефективність використання мінеральних добавок різного походження у свинарстві та птахівництві: монографія. 2024. 144 с.

12. Шалімов М. О. Інтенсивні технології виробництва продукції тваринництва. Одеса. 2020. 181 с.

Сніжана ЖУЧЕНКО⁵,
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА НА МОЛОЧНИХ ФЕРМАХ ПОДІЛЬСЬКОГО РЕГІОНУ

***Анотація.** У статті розглядаються сучасні методи вдосконалення технологій виробництва молока на молочних фермах Подільського регіону. Досліджено вплив мінерально-вітамінних добавок на продуктивність дійних корів та якість молока. Встановлено, що введення таких добавок сприяє збалансуванню раціону за мікро- і макроелементами, що позитивно впливає на надої та економічні показники виробництва. Застосування преміксів дозволило підвищити рентабельність виробництва молока, забезпечивши збільшення середньодобового надою та покращення хімічного складу молока.*

***Ключові слова:** якість, молоко, мікро і макроелементи, надої, добавки.*

***Annotation.** The article examines modern methods for improving milk production technologies on dairy farms in the Podillia region. The impact of mineral and vitamin supplements on dairy cows' productivity and milk quality is studied. It has been established that the introduction of such supplements helps balance the diet in terms of micro- and macroelements, which positively affects milk yield and economic production indicators. The use of premixes has increased the profitability of milk production by ensuring higher average daily yields and improved milk composition.*

***Key words:** quality, milk, micro and macroelements, milk yield, additives.*

Вступ. Молочне скотарство є однією з ключових галузей тваринництва, що забезпечує населення високоякісними продуктами харчування. Підвищення ефективності виробництва молока вимагає впровадження сучасних технологій годівлі, управління стадом та раціонального використання кормів. Одним із важливих напрямків удосконалення є балансування раціону корів за макро- та

⁵Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, к. т. н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

мікроелементами, що безпосередньо впливає на рівень продуктивності, якість молока та економічну рентабельність виробництва.

Виклад основного матеріалу. У даному дослідженні розглянуто вплив мінерально-вітамінних добавок на продуктивність дійних корів, склад молока та економічні показники молочного господарства. Отримані результати можуть слугувати науково обґрунтованою основою для оптимізації годівлі та покращення ефективності ведення молочного скотарства.

Молочне скотарство є в переліку основних галузей тваринництва, яка поставляє людству високоякісні продукти харчування – молоко та м'ясо.

Виробництво продукції скотарства за умов інтенсивного ведення галузі вимагає глибоких знань особливостей застосування різних технологій. Засвоєння цих питань пов'язано з вивченням біологічних, конституційних і продуктивних властивостей великої рогатої худоби, породного складу худоби та його поліпшення, вимог до якості продукції, використання племінних ресурсів і енергозберігаючих технологій, які передбачають конкретну організаційну форму виробництва продукції без порушень екології [1].

На одиницю спожитого корму корова виробляє більше продукції, ніж будь-яка інша сільськогосподарська тварина. Велика рогата худоба, завдяки своїм біологічним особливостям, може споживати та ефективно використовувати значну кількість дешевих рослинних кормів та відходів харчової промисловості, з високим вмістом клітковини.

Для організації повноцінного харчування тварин зміцнюють кормову базу сільськогосподарських підприємств, проводять заготівлю кормів високої якості в необхідному обсязі та асортименті, домагаються оптимальної структури раціонів і при необхідності в них включають різні екологічно безпечні кормові добавки. Згодовування повноцінних комбикормів та кормових добавок певною мірою задовольняє потреби тварин у недостатніх елементах живлення. Однак надмірне збільшення частки концентратів у раціонах високопродуктивних корів призводить до порушення їх здоров'я, показників репродуктивної функції та, як правило, до передчасного вибуття зі стада, що відображається на економіці виробництва молока [2,3].

У зв'язку з цим очевидним стає необхідність вивчення повноцінності годівлі високопродуктивних тварин при введенні їм ефективних кормових добавок та їх вплив на технологічні властивості молока.

Раціони корів були розроблені відповідно до вимог сучасних деталізованих норм годівлі з урахуванням фактичної продуктивності, визначеної контрольним доїнням.

Основний раціон (ОР) годівлі піддослідних тварин містив наступні корми: сіно злаково-бобове із багаторічних трав, силос кукурудзяний, сінаж вівсяний, суміш зернових концентратів: дерть ячмінна, дерть пшенична, шрот соняшниковий, мелясу кормову, соду харчову (бікарбонат натрію), монокальційфосфат, сіль кухонну. У структурі раціону грубі корми займали - 15 %, соковиті - 49%, концентровані - 36 % [4].

Макромінерали, потрібні молочній худобі, включають кальцій, магній,

фосфор, калій, натрій, хлор і сірку. Необхідні мікромінерали включають хром, кобальт, мідь, залізо, марганець, молібден, нікель, селен і цинк. Потреби в поживних речовинах певних мінеральних елементів варіюються в залежності від віку тварини, ваги, стадії виробництва, статусу лактації, породи, стресу і біодоступності мінералів (ступеня, в якій мінерал стає доступним для тканини-мішені після введення) з раціону.

Склад основного раціону дійних корів наведений у таблиці 1.

Таблиця 1. Основний раціон дійних корів
(жива маса 500 кг, добовий надій 28 кг, жирність молока- 3,76%)

Показник	Сіно конюшинно- тимофіїчне	Силос кукурудзяний	Сінаж вико-вівсяний	Дерть ячмінна	Дерть пшенична	Меляса кормова	Шрот соняшниковий	Монокальційфосфат	Всього	Норма	± до норми
Кількість кормів, кг	4,50	25,0	10,0	2,5	2,2	1,5	0,95	0,05	-	-	-
Суша речовина,г	3,74	7,50	4,50	2,13	1,87	1,20	874,0		21,8	20,5	1,30
Обмінна енергія,МДж	30,42	60,25	38,0	26,25	23,76	11,10	10,36		200,14	200	0,13
ЕКО	3,04	6,03	3,80	2,63	2,38	1,11	1,03		20,02	20,0	0,02
Сирий протеїн,г	441,0	625,0	550,0	282,5	292,6	127,5	349,6		2668,2	2810	-141,80
Перетравний протеїн г	238,50	375,0	360,0	212,5	233,2	90,0	321,1		1830,3	1825	5,30
Сира клітковина, г	1192,5	1875	1190	122,5	37,4	-	125,40		4542,8	4510	32,80
Сирий жир, г	112,5	250,0	160,0	55,0	44,0	-	19,00		640,5	625	15,50
Цукор, г	117,0	150,0	104,0	80,0	44,00	867,0	50,35		1412,4	1825	-412,6
Кальцій, г	34,20	35,0	36,0	5,00	1,76	4,80	3,42	8,67	121,86	126	2,87
Фосфор, г	11,25	10,0	11,0	9,75	7,92	0,30	11,50	11,5	73,22	85	-11,79
Магній, г	4,05	12,5	10,0	2,50	2,20	0,15	4,77		36,17	32	4,17
Калій, г	63,0	72,5	68,0	12,50	7,48	49,20	11,50		284,18	132	152,18
Сірка,г	5,31	10,0	6,00	3,25	2,64	2,04	4,77		34,01	42	-7,99
Залізо, мг	558	1525	1540	125	88,0	178,5	304,0		4318,5	1390	2928,50
Мідь, мг	9,18	25,0	31,0	10,5	14,52	6,99	3,11		100,3	175	-74,70
Цинк, мг	76,95	145,0	137,0	87,75	50,6	31,2	34,20		562,7	1130	-567,30
Кобальт, мг	0,95	0,50	0,40	0,65	0,15	0,98	6,60		10,22	13,9	-3,68
Каротин, мг	94,50	500,0	239,0	1,25	2,20		0,54		837,49	785	52,49
Вітамін Е, мг	405,0	1150,0	390,0	125,0		4,50	0,72		2075,2	695	1380,22
Вітамін Д, тис. МО	1,80	1,25	1,60	-	0,02	-	-		4,67	17,4	-12,93

Раціон корів контрольної групи був збалансований за основними поживними речовинами:

кількість сухої речовини на 100 кг живої маси корови склала 3,3 кг,
рівень енергетичних кормових одиниць на 1 кг сухої речовини – 0,92;
рівень перетравного протеїну на 1 ЕКО - 91,4 г;

рівень сирової клітковини у сухій речовині – 20,8%;
відношення цукру до перетравного протеїну – 0,8:1.

Проте в раціоні виявлений дефіцит фосфору, міді, цинку, кобальту, марганцю, вітаміну Д.

Мінерали і вітаміни складають дуже невелику частку добового споживання сухої речовини в раціоні молочних корів, і іноді їх не можна не помітити в програмі харчування стада. Хоча мінерали і вітаміни необхідні в вигляді дуже невеликого відсотка харчових поживних речовин, вони дуже важливі в програмах харчування молочної худоби для правильного функціонування тварин, таких як розвиток кісток, імунна функція, скорочення м'язів і функція нервової системи. Зростання і репродуктивна здатність великої рогатої худоби можуть бути поставлені під загрозу, якщо не буде проведена хороша мінеральна програма. [5,6].

У раціоні молочної худоби потрібно не менше 12 різних мінеральних елементів. Необхідні мінерали класифікуються як макромінерали (основні мінерали) або мікромінерали (мікроелементи) в залежності від кількості, необхідного в раціоні молочних порід. Макромінерали необхідні у великих кількостях (грами в день), ніж мікромінерали (міліграми або мікрограми в день).

Нами також встановлено, що оптимізація мінерального та вітамінного живлення корів, шляхом використання преміксу забезпечує підвищення молочної продуктивності корів. Дані про продуктивність корів та показники якості молока при згодовуванні преміксу наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Економічна оцінка використання мінерально-вітамінної добавки в годівлі дійних корів (з розрахунку на 1 голову)

Показник	1-група (контрольна)	2-група (дослідна)	± до контролю
Кількість тварин у групі, гол.	10	10	-
Тривалість досліду, днів	90	90	-
Середньодобовий надій, кг	25,3	26,8	1,5
Валове виробництво молока за заліковий період досліду (90 діб), кг	2277,4	2412,5	135,1
Товарність молока, %	97	97	-
Реалізовано молока, кг	2117,98	2243,63	125,65
Вартість реалізованого молока, грн.	20438,5	21651,0	1212,5
Витрачено мінерально-вітамінної добавки «Ековет», кг	-	4,5	4,5
Додаткова вартість витраченого преміксу, грн.	-	154,35	154,35
Собівартість реалізованого молока, грн	16246,2	16400,6	154,35
Прибуток, грн	4192,3	5250,4	1058,15
Рівень рентабельності виробництва молока, %	25,8	32,0	+6,2

Макромінерали, потрібні молочній худобі, включають кальцій, магній, фосфор, калій, натрій, хлор і сірку. Необхідні мікромінерали включають хром, кобальт, мідь, залізо, марганець, молібден, нікель, селен і цинк. Потреби в поживних речовинах певних мінеральних елементів варіюються в залежності від віку тварини, ваги, стадії виробництва, статусу лактації, породи, стресу і

біодоступності мінералів (ступеня, в якій мінерал стає доступним для тканини-мішені після введення) з раціону.

Одержані дані свідчать про високу віддачу при використанні мінерально-вітамінної добавки в годівлі корів: на 1 голову прибуток складе 1058,15 грн, що забезпечить підвищення рентабельності виробництва молока на 6,2% до рівня 32%.

Висновки. Проведені дослідження підтверджують, що включення мінерально-вітамінної добавки до раціону дійних корів позитивно впливає на молочну продуктивність, хімічний склад молока та відтворювальні функції, що свідчить про ефективність її використання у годівлі корів української чорно-рябої молочної породи.

Додавання 40 г мінерально-вітамінної добавки в раціон дослідної групи, порівняно з використанням монокальційфосфату в раціоні контрольної групи, дозволило оптимізувати мінерально-вітамінний склад раціону.

Заповнення дефіциту фосфору, марганцю, міді, цинку, кобальту, вітаміну D та селену завдяки введенню добавки сприяло підвищенню середньодобового надою молока натуральної жирності на 1,5 кг (або 5,9%), збільшенню масової частки жиру та білку в молоці на 0,05% і 0,07% відповідно. У перерахунку на 4%-ве молоко, корови дослідної групи перевищували своїх аналогів із контрольної групи за валовим надоєм на 153,1 кг та середньодобовим надоєм на 1,71 кг, що на 7,4% більше порівняно з контролем ($P < 0,05$).

Список використаної літератури

1. Антощенко В. В. Сучасний стан молочного скотарства в Україні. *Український журнал прикладної економіки*. 2020. Том 5. № 2. С. 25–32.
2. Бащенко М., Сотніченко Ю. Передові технології в молочному скотарстві. *Тваринництво України*. 2011. № 1-2. С. 2-5.
3. Варпіховський Р. Для підвищення жирномолочності корів-первісток. *Тваринництво України*. 2021. № 3. С. 15-17.
4. Безприв'язно-боксова технологія – оптимальний варіант для молочних ферм. URL: <http://kustoagro.com/bezprivyazno-boksova-tehnologiya-optimalnij-variant-dlya-molochnih-ferm/>.
5. Рубан Ю. Д, Рубан С. Ю. Технологія виробництва молока і яловичини: підручник. Вид. 3-є, перероблене й доповнене. Харків: Еспада, 2011. 800 с.
6. Скоромна О. І., Разанова О. П., Поліщук Т. В., Шевчук Т. В., Паладійчук О. Р., Берник І. М. Розробка науково обґрунтованих заходів підвищення продуктивності корів молочного напрямку та покращення якості сировини за рахунок інновацій та досліджень в умовах виробництва: монографія. ВНАУ. 2020. 174 с.
7. Луценко М. М., Іванишин В. В., Смоляр В. І. Перспективні технології виробництва молока: монографія. Київ: Видав. центр "Академія". 2006. 192 с.
8. Офіційний сайт Держстату України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

Павло ЗАЙКА⁶,
студент 2 курсу
факультету технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ПОРОДИ КРОЛІВ З НАЙКРАЩИМИ М'ЯСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

***Анотація.** В Україні розведення кролів є перспективним напрямом у сільському господарстві, що спеціалізується на виробництві дієтичного м'яса, яке відзначається найвищою якістю. Розглянуто породи кролів з найкращими м'ясними характеристиками.*

***Ключові слова:** кролі, порода, м'ясо, вирощування, жива маса, плодючість, забійний вихід.*

***Annotation.** Rabbit farming in Ukraine is a promising area within agriculture, focused on producing high-quality dietary meat. The text explores rabbit breeds known for their superior meat traits.*

***Key words:** rabbits, breed, meat, farming, live weight, fecundity, dressing percentage.*

Вступ. Кролівництво – важлива складова сільського господарства, що постачає високо якісне дієтичне м'ясо з низьким вмістом жиру й холестерину. Харчова цінність і дієтичні якості кролятини значно перевищують показники інших видів м'яса. Завдяки швидкому росту, високій здатності до відтворення та ефективному поїданню кормів, кролі є перспективними тваринами для м'ясного виробництва. Вибір породи має ключове значення, адже різні породи відрізняються темпами росту, забійним виходом, структурою м'язової тканини та здатністю пристосовуватися до різноманітних умов утримання. Кролі характеризуються високою плодючістю та скороспілістю, що дає можливість отримувати великі обсяги продукції.

Мета статті розглянути найпродуктивніші м'ясні породи кролів та визначити їхні переваги для промислового розведення.

Виклад основного матеріалу. Новозеландський білий - спеціалізована порода кролів, середніх розмірів. Особливістю цієї породи є те що ці кролі є альбіносами. Ця порода виведена у Сполучених Штатах Америки 1910 року внаслідок тривалої селекції новозеландських червоних кролів. На завершальному етапі, щоб збільшити живу вагу та покращити конституцію, застосували схрещення з фландрами. Порода потрапила в Україну в 1972 році. Через свої цінні показники вона широко використовується кролівниками.

⁶Науковий керівник: кандидат с.-г. наук, доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва ВНАУ Олена РАЗАНОВА

Новозеландські білі кролі вирізняються гарною м'ясистістю та ранньостиглістю, інтенсивним набиранням маси у перші 2-3 місяці життя: жива вага двомісячних кроленят становить 1,8-2,3 кг, тримісячних – 2,7-3 кг. Їх зазвичай застосовують для бройлерного вирощування. Новозеландські кролі мають міцну будову, екстер'єр, типовий для м'ясних порід, тонкий міцний кістяк, ніжну шкіру. Голова невелика з короткими тонкими вухами, що стоять прямо. Шия коротка, м'ясиста. Тулуб середньої довжини, циліндричний, компактний. Груді глибокі, широкі з невеликим підгруддям. Лопатки масивні, ребра заокруглені. Боки округлі. Спина широка, пряма, м'ясиста з округлою, широкою крижово-поперековою частиною та округлим крупом. М'язи щільні, добре розвинені, без значних жирових відкладень. Кінцівки прямі, товсті з добре опушеною стопою. Середня жива вага новонароджених кроленят 45 г, дорослих самців – 4,5 кг, самок – 5 кг, довжина тіла 47-49 см, обхват грудей – 37-38 см. Плодючість - 8-10 кроленят за один окріл. Самки високомолочні, здатні вигодовувати до 12 кроленят.

Каліфорнійський – одна з наймолодших спеціалізованих порід середнього розміру. Виведена у США селекціонером Вестом шляхом схрещування новозеландських білих та російських горностаєвих кролів з великою шиншилою. Будова тіла така ж, як у новозеландських білих кролів, але вони дещо менші за розміром. Конституція кролів міцна, іноді трохи ослаблена; кістяк тонкий, легкий, але досить міцний. Голова легка з тонкими, короткими вухами. Тулуб компактний, пропорційно-розвинений, добре обмускулений. Груді широкі, глибокі. Спина коротка, широка з широкою крижово-поперековою частиною і широким округлим крупом. Кінцівки короткі, товсті. Середня жива маса новонароджених кроленят – 45 г, дорослих самців – 4,3 кг, самок – 4,1 кг, довжина тулуба – 45-47 см, обхват грудей – 36-37 см. Плодючість – 8-10 кроленят за окріл. Кроленята ростуть дуже швидко. Вони добре пристосовуються до різних умов годування та утримання. В Україну завезені у 1970 році з Англії та Угорщини.

Фландр – одна з найдавніших порід великих кролів з гарними м'ясними якостями. Виведена у XVI столітті у Бельгії. В Україну завезені у 1927-1928 роках і використовувалися при створенні окремих вітчизняних порід. Кролі мають міцну, інколи грубу статуру. Голова велика, трохи груба з великими прямо поставленими вухами. Тулуб широкий, довгий з округлим м'ясистим крупом. Груді глибокі, середньої ширини з вираженим підгруддям. Кінцівки прямі, товсті, прямо поставлені. Середня жива вага дорослих кролів 6 кг, довжина тіла – 70-75 см, обхват грудей 37 см. Плідність – 7-8 кроленят за окріл [1].

Білий Панон – гібрид, що виведений в Угорщині, у сільськогосподарській академії імені св. Іштвана, базуючись на породах білий велетень, каліфорнійський та новозеландський. Належить до бройлерного типу. Завданням створення гібриду було отримання м'ясної породи з високою продуктивністю і швидкістю росту. В результаті селекції було виведено м'ясного кроля, якого можна забивати на м'ясо у 3-місячному віці, з високою плодючістю та молочністю. Кролі, що відзначаються міцною конституцією,

характеризуються видовженим тулубом та витягнутою головою. Вони мають добре розвинену м'язову тканину і тонку, щільну до тіла шкірку. Легкий кістяк, прямо поставлені вуха середнього розміру та міцні кінцівки є їхньою візитною карткою. Хутряний покрив у них густий, білосніжного кольору. Очі червоні, що свідчить про альбінізм. Вага кролів породи панон коливається в межах 4,3–5,0 кг. В середньому кількість кроленят в одному окролі становить 9, а за рік може бути до 7 окролів. Вихід м'яса може досягати 62 %.

Хіколь – гібрид, народжений після 25 років натхненної праці провідних генетиків Франції. Створений у минулому сторіччі завдяки схрещенню м'ясних порід каліфорнійського та австралійського кролів з метою отримати найкращі результати для промислового розведення. Трапляються особини білосніжного, сірого, кремового кольору. Вуха мають форму ложки, короткі, їх довжина – до 10-11 см. Голова невелика, легка, ніс витягнутий. Очі розташовані широко, червоні, з блідою окантовкою в склері. Шия коротка. Довжина тулуба в діапазоні 50-54 см. Спина пряма, широка, живіт опущений низько. Круп дуже великий. Передні лапи короткі, поставлені широко, задні – потужні, хвіст прямий, з темною облямівкою. Гібрид хіколь належить до м'ясного напрямку, розводиться як бройлерний кролик для кліткового утримання та годівлі сухим кормом. Забезпечення збалансованого раціону дає змогу досягти середнього добового приросту живої маси від 45 до 60 г. Маса у 3,5 кг, достатня для забою, досягається вже у віці 3-4 місяців. Завдяки легкому кістяку, вихід м'яса складає приблизно 57-60 %. Хіколь не здатні розмножуватися природним шляхом через свою гібридну природу. Самиць запліднюють штучно, суворо контролюючи генетичну лінію. Самки хіколь славляться своєю високою продуктивністю розмноження. В середньому, за один окріл самка народжує 10-12 кроленят, інколи їх буває 15-16. Кролиці хіколь мають 10 сосків, що дозволяє їй годувати всіх своїх кроленят молоком, рівномірно розподіляючи поживні речовини [2].

Таблиця 1. Порівняльна характеристика кролів м'ясних порід

Порода	Середня жива маса, кг	Вихід м'яса, %
Новозеландський білий	4.5-5	52–58
Каліфорнійський	4.1-4.3	60
Фландр	6	50
Білий Панон	4.3-5	62
Хіколь	4-5	57-60

За даними таблиці 1 можна зрозуміти, що хоч і в такої породи як Фландр найбільший показник середньої ваги понад 6 кг, проте вихід м'яса становить лише 50%. Однак, в каліфорнійського хоч вага і менша, але вихід м'яса більший.

За даними таблиці 2 можна видно, що порода Фландр має кращі показники у забійній вазі, виході м'яса та співвідношенні м'ясо/кістка, що робить її більш продуктивною у м'ясному напрямку.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика забійного виходу найпродуктивніших порід кролів

Показник	Каліфорнійська	Фландр
Забійна маса тушки, г	1459,23 ± 17,94	1912,03 ± 19,40
Забійний вихід, %	49,65 ± 0,55	56,51 ± 0,20
Забійна маса кісток, г	271,5 ± 4,81	307,53 ± 1,90
Маса кісток, % до забійної маси	18,61 ± 0,27	16,09 ± 0,20

Джерело: сформовано за даними [3]

Каліфорнійська порода поступається в основних показниках, хоча може мати інші переваги, як-от швидший приріст або краща адаптація.

Висновки. Розведення м'ясних порід кролів є вигідним напрямом тваринництва. Правильний вибір породи дозволяє підвищити ефективність виробництва та забезпечити споживачів якісним м'ясом. Каліфорнійська та новозеландська білі породи відзначаються найкращими показниками продуктивності, а фландр має високу живу масу.

Список використаної літератури

1. Ефективність використання добавок мікробіологічного походження при вирощуванні кролів: Монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ. Видавець: ТОВ «Друк». 2022. 196 с.
2. Бойко О. В., Уманець Р. М., Гончар О. Ф., Зламанюк Л. М., Уманець Д. П. Технологія виробництва продукції кролівництва та звірівництва: навчальний посібник. Київ: НУБіП України, Черкаська дослідна станція біоресурсів НААН. 2024. 488 с.
3. Котелевич В. А., Федотов В. С., Дишкант О. В. Порівняльний аналіз продуктивності та якості м'яса кролів м'ясних порід. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2008. Т. 10 № 4(39). С. 103-106.

Анна КАРАСИК⁷,
студентка 3-го курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ТАЄМНИЦІ БДЖОЛИНОГО ПРОПОЛІСУ

Анотація. Бджолиний прополіс є унікальним природним продуктом, який відіграє важливу роль у житті бджолиних сімей та має значний потенціал у медицині, фармакології та косметології. У статті розглянуто хімічний склад

⁷Науковий керівник: кандидат с.-г. наук, доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва ВНАУ Олена РАЗАНОВА

прополісу, його основні біологічні властивості, зокрема, антибактеріальна, протівірусна, протизапальна та антиоксидантна активність. Особливу увагу приділено дослідженням, що підтверджують ефективність прополісу в лікуванні різних захворювань. Також проаналізовано перспективи використання цього продукту у фармацевтиці та можливі обмеження, пов'язані з його застосуванням. Отримані результати свідчать про високу цінність прополісу та необхідність подальших наукових досліджень для розширення сфер його використання.

Ключові слова: прополіс, біологічна активність, властивості, медицина, фармація, натуральні продукти.

Annotation. Bee propolis is a unique natural product that plays an important role in the life of bee colonies and has significant potential for medicine, pharmacology and cosmetology. The article reviews the chemical composition of propolis, its main biological properties, in particular antibacterial, antiviral, anti-inflammatory and antioxidant activity. Particular attention is paid to modern studies that confirm the effectiveness of propolis in the treatment of various diseases. The prospects for the use of this product in pharmaceuticals and possible limitations associated with its use are also analyzed. The results obtained indicate the high value of propolis and the need for further scientific research to expand the scope of its use.

Key words: propolis, biological activity, antibacterial properties, medicine, pharmacy, natural products

Вступ. Бджолиний прополіс є одним із найцінніших продуктів бджільництва, що володіє унікальними біологічними властивостями. Його використовували ще з давніх часів у народній медицині як природний антисептик та лікувальний засіб. Сучасні наукові дослідження підтверджують його широкий спектр корисних ефектів, зокрема антибактеріальну, протівірусну, протизапальну та імуностимулюючу дію. Завдяки своєму багатому хімічному складу, що включає флавоноїди, фенольні кислоти, ефірні олії, вітаміни та мікроелементи. Прополіс виявляє значний потенціал для використання у медицині, фармакології та косметології.

Актуальність дослідження обумовлена зростаючим інтересом до натуральних засобів, здатних підвищувати імунітет та сприяти профілактиці захворювань без негативного впливу синтетичних препаратів. Водночас існують певні виклики щодо стандартизації прополісу, його безпечного застосування та можливих алергічних реакцій, що потребує подальших наукових досліджень.

Метою досліджень є теоретичний аналіз даних щодо біологічних властивостей та можливостей використання прополісу у сучасній науці та медицині.

Виклад основного матеріалу. Бджолиний прополіс – це складна суміш біологічно активних речовин, хімічний склад якої змінюється в залежності від місцевості, рослинності та способу збору. Основними складниками прополісу є

смоли (50–55%), віск (25–30%), ефірні олії (5–10%), пилок (5%), а також органічні кислоти, вітаміни та мікроелементи [1].

До ключових біологічно активних сполук відносяться флавоноїди, які демонструють антиоксидантний та протизапальний ефект, а також фенолокіслоти, що мають виражені антимікробні властивості. Значну роль відіграють терпеноїди та ефірні олії, які додають прополісу характерний аромат і проявляють виражену антисептичну дію. Прополіс також містить вітаміни групи В, аскорбінову кислоту (вітамін С), токофероли (вітамін Е) і бета-каротин (провітамін А), які укріплюють імунітет та прискорюють регенерацію тканин. У складі прополісу присутні також мікроелементи, серед яких залізо, цинк, мідь, магній та марганець, що важливі в метаболічних процесах та підтримці антиоксидантного стану організму. Крім основних компонентів, прополіс містить ензими і коензими, які сприяють його біологічній активності. Важливими є ароматичні альдегіди та кетони, які забезпечують антимікробні властивості, а також кумарини і стероїди, що беруть участь у процесах відновлення тканин і мають антиоксидантну дію [2, 3, 4, 5].

Хімічний склад прополісу варіюється в залежності від географії та виду рослин, з яких бджоли беруть смоли. Наприклад, у середземномор'ї у складі прополісу переважають кафеолхінові кислоти, у помірних кліматах – більшу частку складають флавоноїди. Також існують відмінності між прополісом різних порід бджіл, що обумовлено особливостями їх живлення та поведінки [6, 7].

Вплив прополісу на організм доведений численними дослідженнями. Його антибактеріальні, противірусні та протигрибкові властивості пов'язані зі здатністю руйнувати клітинні мембрани збудників хвороб, блокувати синтез білків та ДНК у бактерій, а також зупиняти активність вірусів. Екстракти прополісу ефективні проти золотистого стафілококу (*Staphylococcus aureus*), кишкової палички (*Escherichia coli*), грибків роду *Candida*, а також можуть пригнічувати розмноження вірусів грипу та герпесу [9].

Прополіс також демонструє протизапальні та імуностимулюючі якості, що пов'язано з його впливом на діяльність макрофагів, Т-лімфоцитів. Він пригнічує виробництво протизапальних цитокінів, знижуючи інтенсивність запальних процесів, що робить його перспективним засобом у профілактиці інфекційних захворювань. Систематичне вживання прополісу може посилювати імунну систему та покращувати її здатність чинити опір патогенам [10].

Антиоксидантні та протипухлинні властивості прополісу пов'язані зі здатністю знешкоджувати вільні радикали та знижувати рівень окисного стресу, що є ключовим фактором старіння клітин і виникнення хронічних хвороб. Його біологічно активні складники – флавоноїди, фенольні кислоти та терпеноїди – діють як природні антиоксиданти, захищаючи ДНК та білки від пошкоджень. Доведено, що прополіс збільшує активність антиоксидантних ферментів, що сприяє зменшенню запалень та зміцненню клітинних мембран [11, 12].

Відносно протипухлинних властивостей, то дослідження доводять, що певні складові прополісу здатні гальмувати розмноження ракових клітин та призводити до їх загибелі. Зокрема, пінокембрин та артепілін С мають

цитотоксичний ефект проти пухлин грудної залози, простати і колоректального раку. До того ж прополіс може посилювати дієвість хіміотерапевтичних засобів, зменшуючи при цьому їхню шкідливу дію на здорові клітини [13].

Тому, прополіс з давніх часів використовували в медицині через його лікувальні якості. Його застосовували для лікування ран, усунення запалень та підтримки імунітету. З розвитком науки дослідження підтвердили його ефективність, що спонукало виробників до створення різних лікарських засобів на основі цього унікального продукту. Дослідження показують, що екстракти прополісу можуть пришвидшувати загоєння виразок шлунку, сприяти лікуванню герпесу та покращувати стан пацієнтів із цукровим діабетом, оскільки вони допомагають регулювати рівень глюкози в крові [14].

Ліки на основі прополісу набули популярності завдяки своїй високій ефективності та природності. Серед найпоширеніших форм використання прополісу в медичній практиці є:

1. Мазі з прополісом (рис. 1), які застосовують для місцевого лікування різноманітних шкірних хвороб, такі як дерматити, опіки, тріщини та виразки. Завдяки своїм властивостям прополіс прискорює загоєння ран, знешкоджує бактерії та зменшує почервоніння. Він добре усуває сухість, подразнення та лущення шкіри, допомагаючи підтримувати оптимальний баланс вологості, що робить її більш пружною та здоровішою. Окрім того, мазі з прополісом використовуються у догляді за проблемною шкірою, оскільки допомагають боротися з акне та іншими шкірними висипаннями. Завдяки здатності захищати від негативного впливу ультрафіолету та уповільнювати процеси старіння [15].



Рис. 1. Мазь на основі прополісу [18]

2. Настоянки прополісу – популярні завдяки здатності зміцнювати імунітет, покращувати функцію дихальної системи та боротися з інфекціями. Їх використовують як засіб для полоскання горла при застудах та ангіні, а також для вживання як напоїв. Оскільки настоянки мають високу концентрацію біологічно активних складників, то їх часто застосовують у лікуванні хронічних запальних хвороб [16].



Рис. 2. Прополісу настойка [21]

3. Таблетки – застосовують для підвищення загального імунітету, профілактики простудних та вірусних недуг. Вони практичні у використанні восени та взимку, коли організм особливо потребує підсилення. Окрім того, прополіс у формі таблеток використовують як додатковий засіб у терапії інфекційних захворювань верхніх дихальних шляхів та зменшення рівня холестеролу в крові [17].



Рис. 3. Таблетки з екстрактом прополісу [22]

Розвиток науки та технологій відкриває нові напрямки для застосування прополісу в медицині, косметології та фармацевтиці, але водночас з'являються певні ризики, які потребують пильної уваги. Сучасні методи обробки дозволяють зберегти біологічно активні компоненти прополісу, підвищуючи ефективність препаратів. Крім того, розробка наночастинок прополісу сприяє кращому всмоктуванню в організмі, що може значно поліпшити його терапевтичний ефект. Разом з тим, підвищена популярність та зростаючий попит на прополіс ставлять перед дослідниками завдання оптимізації його виробництва та раціонального застосування [19].

Однією з екологічних проблем є зменшення популяції бджіл, спричинене забрудненням навколишнього середовища, застосуванням пестицидів та змінами клімату. Оскільки прополіс є продуктом бджільництва, то надмірне його вилучення із бджолиних гнізд створюватиме додаткове навантаження на бджолині сім'ї, негативно впливаючи на їх загальний стан. Для забезпечення сталого виробництва прополісу необхідно впроваджувати екологічно безпечні способи його збирання та захищати популяції бджіл від шкідливих зовнішніх впливів [20].

Ще однією загрозою є ймовірність алергії на прополіс, яка може обмежувати його застосування. Біологічно активні речовини, що містяться у прополісі, здатні викликати алергічні реакції, особливо у людей, схильних до продуктів бджільництва. Тому перед використанням прополісу слід робити тест на чутливість.

Крім того, важливо зважати на потенційні обмеження в застосуванні прополісу для деяких груп людей, зокрема вагітних, дітей та осіб з ослабленим імунітетом. Взаємодія з іншими ліками ще не до кінця досліджена, тому потрібні додаткові клінічні випробування для встановлення безпечних доз та методів використання.

Отже, хоча прополіс має великий потенціал у медицині та фармацевтиці, його використання має ґрунтуватися на науково підтверджених підходах та екологічно відповідальних способах виробництва.

Висновки. Прополіс має значний спектр корисних властивостей і використовується в різних галузях медицини, косметології та фармації. Його хімічний склад багатий на біологічно активні сполуки, забезпечуючи антибактеріальну, противірусну, протизапальну, антиоксидантну і регенеративну дію, тому є важливим засобом у лікуванні багатьох хвороб і підтримки здоров'я.

Список використаної літератури

1. Прополіс або уза. URL: <https://surl.li/hmczek> (Дата звернення 22.03.2025 р.).
2. Гарна С. В., Владимірова І. М., Бурд Н. Б. Сучасна фітотерапія. 2016. 580 с.
3. Bankova V., de Castro S.L., Marcucci M.C. Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*. 2000. Vol. 31. С. 3–15.
4. Sforcin J.M., Bankova V. Propolis: is there a potential for the development of new drugs? *J. Ethnopharmacol*. 2011. Vol. 133 (2). С. 253–260.
5. Wagh V.D. Propolis: a wonder bees product and its pharmacological potentials. 2013. 11 р.
6. Порівняння порід бакфаст та карніка. URL: <https://vashapasika.com.ua/bakfast-ili-karnika-hto-luchshe-podrobnoe-sravnenie> (Дата звернення 22.03.2025 р.).
7. Разанова О.П., Скоромна О.І. Технологія виробництва продукції бджільництва: навчальний посібник. Вінниця. 2020. 408 с.
8. Прополіс. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Прополіс> (Дата звернення 22.03.2025 р.).
9. Лісничук Н.М., Ковальчук Л.В., Ковальчук О.М. Антимікробна активність продуктів бджільництва: сьогодення та перспективи їх включення до апіфітокомплексів. 2020. С. 110–111. URL: https://www.journalbeekeeping.com.ua/index.php/1_4/article/download/171/147/320 (Дата звернення 22.03.2025 р.).

10. Silva J.P., Rodrigues S., Feás X., Estevinho L.M. Antimicrobial activity, phenolic profile and role in the inflammation of propolis. *Food Chem. Toxicol.* 2012. Vol. 50 (5). С. 2126–2133.

11. Nesterenko D.O., Bobrytska L.O., Shpychak O.S. Біологічно активні сполуки прополісу – перспективне джерело для створення комбінованого лікарського препарату протигрибкової дії. ехнологічні та біофармацевтичні аспекти створення лікарських препаратів різної направленості дії : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Харків, 14-15 листоп. 2019 р. - Харків : Вид-во НФаУ, 2019. С. 131-134.

12. Багатообіцяючі якості прополісу - альтернатива антибіотикам. URL: <https://www.vetfactor.com/ua/news/bagatoobitcyaiuchi-yakosti-propolisu-alternativa-antibiotikam/> (Дата звернення 22.03.2025 р.).

13. Використання прополісу, переваги та дозування. URL: <https://drugslib.com/drugs/propolis-11870/uk/> (Дата звернення 22.03.2025 р.).

14. Користь і шкода прополісу, склад, протипоказання і застосування бджолиного клею в медицині. URL: <https://eko.org.ua/korist-i-shkoda-propolisu-sklad-protipokazannya-i-zastosuvannya-bdzholinogo-kleyu-v-medicini/> (Дата звернення 22.03.2025 р.).

15. Цінні властивості прополісу — Виставка ЗДОРОВ'Я і ДОВГОЛІТТЯ. URL: <https://expo.agroc.com.ua/novunu/eksperty-nazvaly-tsinni-vlastyvosti-propolisu> (Дата звернення 22.03.2025 р.).

16. Настоянка прополісу: корисні властивості та сфери застосування. URL: <https://ukrchannel.com/health/nastoyanka-propolisu-korisni-vlastivosti-ta-sferi-zastosuvannya.html> (Дата звернення 22.03.2025 р.).

17. Апіхопс з екстрактом прополісу та вітаміном С таблетки для розсмоктування по 0,5 г №20: інструкція + ціна в аптеках. URL: <https://tabletki.ua/uk/Апихопс/1085178/> (Дата звернення 22.03.2025 р.).

1. 18. ПРОПОЛІС, крем з бактерицидною та протизапальною дією 41 г. URL: <https://surl.li/pcyzmt> (Дата звернення 22.03.2025 р.).

18. Нано-прополіс: ультразвукова екстракція та нанокапсуляція. URL: <https://www.hielscher.com/uk/nano-propolis.htm> (Дата звернення 22.03.2025 р.).

19. Головне управління Держпродспоживслужби в Херсонській області. Вплив пестицидів на бджіл. URL: https://dpss-ks.gov.ua/novini/vpliv-pesticidiv-na-bdzhil?utm_source=chatgpt.com (Дата звернення: 22.03.2025).

20. Прополісу настойка флакон-крапельниця 25 мл. URL: <https://bilaromashka.com.ua/product/propolisu-nastoika-flakon-krapelnitsja-25-ml/> (Дата звернення: 22.03.2025).

21. Апіхопс з екстрактом прополісу, таблетки для розсмоктування по 0,5 г №10x2, ДД. URL: <https://www.zvezda.kharkov.ua/ua/catalog/apihops-z-ekstraktom-propolisu.html> (Дата звернення: 22.03.2025).

Анна КОВЧУК⁸,
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ПОРОДНІ ОСОБЛИВОСТІ ОВЕЦЬ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІ ПОКАЗНИКИ

Анотація. У статті досліджується збільшення результативності вівчарства м'ясного напрямку через схрещування тонкорунних, напівтонкорунних та помісних овець з баранами високо продуктивних м'ясововняних і гладкошерстних порід. Вивчено вплив спадкових чинників на живу вагу ягнят, їх морфометричні характеристики та індекси тілобудови. Виявлено, що помісні баранчики мають більший абсолютний приріст живої маси, у порівнянні з чистопородними аналогами, зокрема на 6,63 кг (7,7% переваги). У молочний період цей приріст склав 2,94 кг (13,6%). Аналіз промірів тулуба продемонстрував перевагу помісних ягнят за висотою в холці, довжиною тулуба та шириною в маклоках, особливо у 6-місячному віці. Обчислення індексів пропорційності розвитку показало, що двопорідні помісі мали найбільший грудний індекс (78,6%) та індекс збитості (109,7%), що свідчить про їхню кращу м'ясну продуктивність. Разом з тим, зменшений індекс кістлявості вказує на легший кістяк, що є додатковою перевагою.

Ключові слова: вівчарство, м'ясна продуктивність, схрещування, жива маса, приріст, морфометричні показники, індекси будови тіла, помісні ягнята, м'ясні якості.

Annotation. The article investigates increasing the efficiency of meat sheep farming through crossbreeding fine-wooled, semi-fine-wooled, and crossbred sheep with rams of high-yielding meat-wool and smooth-wooled breeds. The influence of hereditary factors on the live weight of lambs, their morphometric characteristics, and body conformation indices was studied. It was found that crossbred lambs have a greater absolute increase in live weight compared to purebred counterparts, particularly by 6.63 kg (7.7% advantage). During the milk-feeding period, this increase was 2.94 kg (13.6%). Analysis of body measurements demonstrated the advantage of crossbred lambs in withers height, body length, and hip width, especially at 6 months of age. Calculation of proportionality indices showed that two-breed crosses had the highest chest index (78.6%) and compactness index (109.7%), indicating their better meat productivity. At the same time, a reduced bone index indicates a lighter skeleton, which is an additional advantage.

⁸Науковий керівник: Голубенко Тетяна Леонідівна кандидат с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва, ВНАУ.

Key words: *sheep farming, meat productivity, crossbreeding, live weight, weight gain, morphometric traits, body structure indices, crossbred lambs, meat quality*

Вступ. Вівчарство є важливою галуззю сільського господарства, що забезпечує населення високоякісною вовною, м'ясом, овчини та іншими продуктами. Особливе значення має виробництво м'яса ягнят, що становить до 90 % загальної продукції галузі. Відмінною рисою баранини є те, що у жирі є небагато холестерину. Якщо у жирі свинини його 74,5-126 мг %, у яловичині – 75%, то в баранині – лише 29 мг %. Популярні в Україні породи: тонкорунні (асканійська тонкорунна вівця та прекос) - 34,4 %; напівтонкорунні (цигайська вівця) - 25,0 %; українські м'ясо-вовнові з кросбредною вовною - 2,7 %; грубововнові - 3,4 %; каракульські та смушкові - 5,5 % [4, 5].

Вівчарство – суттєве джерело виробництва м'яса. Так, частка баранини в м'ясному балансі країни займає від 5 - 6,5 %, а в окремих регіонах країни, де вона є важливим продуктом для приготування національних страв, сягає 30% і більше [2]. Проте низька продуктивність традиційних порід обмежує розвиток вівчарства м'ясного напрямку. Одним із напрямків підвищення ефективності вівчарства є використання міжпородного схрещування, що дозволяє поєднувати продуктивні якості різних порід для отримання більш життєздатного та продуктивного потомства.

У сучасних умовах особливу увагу приділяють схрещуванню мериносів із м'ясними породами, такими як дорпер, з метою покращення відтворювальних якостей маток, підвищення інтенсивності росту молодняка та збільшення виходу м'яса. Відомо, що порода дорпер відрізняється високою м'ясною продуктивністю, невибагливістю до умов утримання та хорошою адаптивністю.

Однак недостатньо вивченим залишається питання впливу такої селекції на основні продуктивні показники молодняка, зокрема на ріст, розвиток та збереження приплоду. Дане дослідження спрямоване на оцінку ефективності схрещування мериносів із дорперами та визначення перспективності такого підходу для подальшого розвитку вівчарства.

Мета статті є аналіз продуктивності ягнят, отриманих від схрещування мериносів із баранами породи дорпер, на основі основних показників росту та розвитку.

Виклад основного матеріалу. Для досліду було створено 2 групи вівцематок породи меринос, використовуючи принцип пар аналогів, у віці 2,3 роки, по 40 голів кожна, утримуваних в одній отарі. Вівцематок першої групи запліднювали породою меринос (контроль), другої групи – спермою баранів породи дорпер.

Таблиця 1. Схема досліду

Група	Порода, породність				Кровність, потомства.
	Барани	п	Матки	п	
1	Дорпер	3	Меринос	40	M1
2	Дорпер	3	Меринос	40	1/2 Д2 + 1/2 М

Плодючість маток визначали як відношення кількості живих, мертвонароджених та абортіваних ягнят до числа маток, що окотилися, виражене у відсотках. Збереження молодняка на момент відлучення у 3,6 -місячному віці – відсоткове співвідношення кількості відібраних ягнят до кількості живих ягнят при народженні.

Жива маса молодняка – шляхом індивідуального зважування тварин зранку до годування і напування – при народженні з точністю до 0,2 кг; у 3,6 та 6-місячному віці – з точністю до 0,6 кг. На основі даних, отриманих при зважуванні тварин, розраховувалися абсолютний, середньодобовий та відносний приріст живої маси. Динаміку росту та статеві особливості оцінювали шляхом індивідуального зняття промірів, які характеризують особливості екстер'єру та загальний розвиток тварин у 3,6 місячному віці. Пропорційність статі вивчили шляхом обчислення індексів. Для прижиттєвої оцінки м'ясності використовували індекс компактності, м'ясо-кістковий та м'язово-кістковий показники.

Для вивчення м'ясної продуктивності та її утворення впродовж періоду відгодівлі здійснювався контрольний забій п'яти типових баранчиків з кожної дослідної групи у шестимісячному віці. При цьому визначались забійні якості, морфологічний та сортовий склад туш, хімічний склад м'яса та його калорійність.

Сортівий склад м'яса оцінювали розрізанням та відділенням кожного сорту. Морфологічний склад туші визначали обвалкою напівтуш, вимірюванням маси м'якоті та кісток, а також коефіцієнтом м'ясності. Площу «м'язового вічка» (см²) досліджували, вимірюючи на папері відбиток зрізу найдовшого м'яза спини між 12-м і 13-м грудними хребцями. Оплату корму приростом живої маси досліджували протягом 60 днів на баранчиках віком від 3,6 до 6 місяців. Для досвіду відібрали по 10 тварин, типових для своїх груп. Вивчення поїдання кормів баранчиками проводили на основі щоденного обліку заданих кормів та їх залишків. Масу митної вовни враховували індивідуально у всіх тварин відразу після стрижки та після відокремлення нижчих сортів у віці 5 міс. шляхом зважування рун з точністю до 0,2 кг. Для визначення маси митної вовни визначали відсоток виходу митної вовни шляхом промивання проб, узятих із настриженої вовни після класування. Фізико-технічні властивості вовни досліджували за зразками вовни, відібраними у 10 баранчиків кожної групи під час стрижки у 5,2 - місячному віці.

Ефективність вівчарства суттєво визначається показниками багатоплідності вівцематок із збереженням отриманого приплоду. Плодючість залежить від багатьох чинників. Основними з них є: вік, жива вага, порода, походження, якість сперми, вгодованість маток, рівень і якість годівлі.

Плодючість вівцематок належить до ознак з невисокою успадкованістю. Водночас рівень плодючості вважається важливим показником адаптації овець до умов довкілля та систем утримання.

У зв'язку з різноманітністю факторів, що впливають на відтворювальні якості маток, та невисокою спадковою обумовленістю плодючості, відбір за цією

ознакою слід проводити на основі обліку багатоплідності по всіх окотах у батьків та потомства.

За підсумками запліднення і окоту було визначено основні параметри відтворювальних властивостей вівцематок. Так, запліднюваність у вівцематок дослідної групи була на 3% вищою, ніж у контролі (табл. 2).

Цей факт можна розглядати як позитивну тенденцію в аналізованому варіанті схрещування. За результатами окоту від вівцематок дослідної групи було отримано 61 ягнят, що більше, ніж у контрольній групі на 6 голів або на 11,6% відповідно. Перевага стала наслідком того, що в 2 групі у п'яти вівцематок народилися двійнята, тоді як у контрольній групі тільки одна вівцематка привела двійнят.

Таблиця 2. Відтворювальна здатність маток

Показник	Тип народження	Група	
		1	2
Осіменено маток, гол.		40	40
Запліднюваність, %		85	87
Отримано приплоду, гол.	одиниці	14	16
		17	13
	двійні		3
		2	3
Усього отримано ягнят, гол.		44	48
Кількість ягнят до відлучення, гол.		41	46
Збереження ягнят, %		94,6	96,8
Плодючість маток, %		110,6	120,7

Збереження чистопородного молодняка в підсисний період становило 94,6%, що нижче, ніж у помісних ягнят 2 групи на 2,2%. Внаслідок цього плодючість маток 2 дослідної групи була вищою на 10,1%. Викладені вище дані та їхній аналіз дають змогу зробити висновок, що використання баранів породи дорпер для запліднення овець породи меринос підвищило плодючість в дослідній групі на 10,1 %. Проаналізована комбінація схрещування порід овець дає підстави припускати, що помісні ягнята, будучи гетерозиготними, виявилися більш життєздатними, ніж чистопородні, на що вказує рівень збереження молодняка до відлучення в піддослідних групах.

Одним з найважливіших показників, що описують зростання та розвиток, продуктивність і відтворювальні властивості тварин, є жива вага. Розуміння особливостей зміни живої ваги з віком необхідне для порівняння та оцінювання тварин за цим показником у різні періоди їхнього життя. Рівень продуктивності значною мірою взаємо залежний з розмірами тварини, зміною живої ваги за періодами вирощування. На зміну розміру живої ваги впливають численні фактори: стать, вік, породність, вгодованість, рівень годування, стан здоров'я.

Основними показниками росту і розвитку тварин є жива маса та її приріст. Це найважливіші господарсько-біологічні риси, що характеризують ступінь розвитку організму, рівень його м'ясної продуктивності, ефективність та доцільність використання тварин. Зростання та розвиток тварин розглядають з

одного боку, як збільшення розмірів тіла і зростання живої маси, а з іншого – як розвиток або зміну форми пропорцій тіла в процесі росту.

Зростання, як процес, можна описати трьома ключовими складовими: інтенсивністю (швидкістю), тривалістю та періодичністю. Багатьма дослідженнями доведено, що зростання тварину продовж життя відбувається нерівномірно, оскільки в різні періоди органи й тканини збільшуються та розвиваються з різною інтенсивністю.

Результати вирощування піддослідних тварин від народження до 6-місячного віку засвідчили, що в залежності від походження ягнята відрізнялись живою масою (табл.3). Найбільшою живою масою в усі періоди постембріогенезу виділялись помісні тварини. Так, при народженні жива маса двопородних помісей дорівнювала 3,72 кг, що більше у порівнянні з контролем на 0,32 кг або 9,4%. Схожа тенденція спостерігається в період відлучення ягнят.

Таблиця 3. Динаміка живої маси баранчиків різного походження, кг, n=10

Вік, міс	Групи	
	1	2
При народженні	3,43±0,04	3,72±0,08
4	25,73±0,17	29,0±0,18
6	31,84±0,25	35,63±0,62

У віці 6 місяців різниця на користь помісних тварин проти чистопорідних однолітків становила відповідно 3,78 кг або 11,6%. Помісні ягнята відрізняються більшою скоростиглістю, аніж контрольні баранчики, адже вже у 4-місячному віці досягають за живою масою забійних кондицій (понад 26 кг) і можуть бути відправлені на реалізацію для здобуття м'яса.

Важливою характеристикою, що вказує на швидкість росту молодняку овець, є середньодобовий приріст живої маси. Аналіз даних середньодобового приросту свідчить, що протягом постембріонального розвитку більшою швидкістю росту вирізнялися помісні тварини (табл. 4). Помісні баранчики переважали над своїми чистопородними однолітками за середньодобовим приростом живої маси в період від народження до відлучення на 13,5%, від 3,6 до 6 місяців – на 7,3%.

Таблиця 4. Динаміка показників росту піддослідного молодняку овець

Група	Вікові періоди, міс.		
	0-3,6	3,6-6	0-6
Середньодобовий приріст, г.			
1	167,2±3,32	102,3±1,12	145,8±3,10
2	187,3±4,12	110,0±1,72	163,5±2,09
Абсолютний приріст, кг.			
1	22,28±0,24	6,14±0,11	28,41±0,44
2	25,30±0,29	6,60±0,08	31,90±0,30
Відносний приріст, %			
1	153,2±1,35	21,0±0,37	161,4±1,15
2	154,5±1,48	20,7±0,39	162,1±1,47

У помісного молодняка він становив 6,60 кг, що на 7,5 % більше, ніж у чистопородного.

Показником відсоткового збільшення росту є відносний приріст живої маси. За період від народження до відлучення чистопородні баранчики та помісі з кровністю 1/2М+1/2Д показали дещо більший відносний приріст живої маси. Від періоду відлучення до 6 місяців коефіцієнти росту суттєво знизилися і відмінності між крайніми варіантами були в межах 1-2%. Отже, використання баранів породи дорпер на матках породи меринос мало вплив на ріст отриманого від них потомства. Це підтверджується високими показниками живої маси та середньодобових приростів. Загалом тварини дослідних груп росли та розвивалися відповідно до загально біологічних закономірностей.

Під час вивчення статевих особливостей тварин особливу увагу приділяють розбудові кістяка, що суттєво впливає на їхній екстер'єр. Екстер'єр, як зовнішній прояв будови тіла, є важливим у розумінні біологічних та господарських особливостей тварини. Тваринники ще до появи методів заводського розведення використовували невідомий відбір тварин з кращою статуєю, пов'язаною з корисною продуктивністю.

У нашому експерименті ріст і розвиток ягнят досліджували як шляхом зважування, так і вимірювання окремих частин тіла при народженні, у 3,6- та 6-місячному віці. Місцеві та чистопородні баранчики відрізнялися за лінійними вимірами у всі вікові періоди (табл. 5).

Місцеві ягнята відрізнялися від чисто кровних більшими габаритами, що підтверджується великими показниками висоти у холці та крижах, косої довжини тулуба. У баранчиків двох груп, у порівнянні з чистокровними однолітками, спостерігались вищі показники промірів тулуба, зокрема: ширини в маклоках (при народженні на 3,3; у віці 4 місяців - на 2,9, у 6 місяців – на 13,7% відповідно; 10,9%).

Таблиця 5. Проміри статей тіла піддослідних баранчиків, см

Проміри	Групи тварин	
	1	2
При народженні		
Висота у холці	34,0±0,21	34,8±0,27
Висота в крижах	34,7±0,21	35,0±0,42
Коса довжина тулуба	29,8±0,25	30,2±0,46
Глибина грудей	12,8±0,15	13,0±0,14
Ширина грудей	9,0±0,09	9,0±0,11
Ширина в маклоках	9,2±0,13	9,9±0,08
Обхват грудей	37,6±0,20	37,6±0,27
Обхват п'ясти	6,5±0,07	5,6±0,10
У віці 3,6 місяців		
Висота в холці	58,5±0,40	60,5±0,42
Висота в крижах	58,9±0,38	61,4±0,38
Коса довжина тулуба	62,5±0,31	65,4±0,31

Глибина грудей	23,1±0,5	24,5±0,08
Ширина грудей	17,1±0,11	18,4±0,18
Ширина в маклоках	18,4±0,17	18,94±0,21
Обхват грудей	69,7±0,26	73,6±0,24
Обхват п'ясти	8,0±0,08	7,4±0,05
У віці 6 місяців		
Висота в холці	63,0±0,44	65,8±0,37
Висота в крижах	63,5±0,25	67,6±0,23
Коса довжина тулуба	67,4±0,27	69,8±0,30
Глибина грудей	25,0±0,20	26,6±0,20
Ширина грудей	18,2±0,15	20,20,12
Ширина в маклоках	18,9±0,23	21,5±0,19
Обхват грудей	71,2±0,29	76,0±0,46
Обхват п'ясти	8,5±0,09	8,3±0,10

Найбільш високий абсолютний приріст за молочний період було зафіксовано у 2 групі. Їхня перевага над чистопородними однолітками склала 2,98 кг або 13,4%. Під час відгодівлі теж відмічалися високі прирости живої маси, а найбільший абсолютний приріст мали помісні баранчики.

Також виявлено перевагу помісей над мериносовими баранчиками за довжиною тулуба, глибиною та обхватом грудей. Помісні баранчики мали кращий розвиток грудної клітки, як ознаку, що притаманна для овець м'ясної продуктивності. Окремий промір в абсолютних показниках не характеризує екстер'єр тварин, оскільки розглядається ізольовано, поза зв'язком з іншими. Більш досконалим є метод розрахунку вираженого у відсотках відношення анатомічно пов'язаних між собою промірів, що характеризують пропорції тіла тварини.

Висновок. Схрещування мериносів із баранами породи дорпер позитивно впливає на основні продуктивні показники молодняка. Помісні ягнята мали вищу живу масу, кращі темпи росту та вищу збереженість у порівнянні з чистопородними мериносами. Це дозволяє рекомендувати використання даного методу для підвищення ефективності м'ясного вівчарства. Також найбільшою живою вагою у всі періоди після зародження відзначалися помісні тварини. Так, при народженні жива вага двопорідних помісей складала 3,72 кг, що більше у порівнянні з контролем на 0,32 кг або 9,4%. Аналогічна тенденція зберігається у період відлучення ягнят. Помісні ягнята відрізнялися від чистопорідних більшими розмірами, що підтверджується більшими промірами висоти у холці та крижах, косої довжини тулуба.

Список використаної літератури

1. Бургу Ю. Г. Товарознавча характеристика продукції вівчарства монографія. Полтава: РВВ ПУЕТ. 2011. 126 с.
2. Сушарник Я. А. Аналіз сучасного стану ринку вівчарства. *Науковий Вісник Одеського національного економічного університету*. 2021. № 9-10.

3. Вдовиченко Ю. В., Жарук П. Г. Генетичні ресурси овець в Україні. *Вісник аграрної науки*. Київ. 2019. № 5 (794). С. 38-44.
4. Китаєва А. П., Безалтична О. О. Проблеми сучасного розвитку вівчарства. *Тваринництво України*. 2016. № 1-2. С. 2-4.
5. Аверчева Н. О. Перспективи ефективного розвитку галузі вівчарства. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2020. Вип. 2. С. 57-68.
6. Бусенко О. Т., Скоцик В. Є., Маценко М. І. Технологія виробництва продукції тваринництва. Підручник. К.: Аграрна освіта. 2013. 492 с.
7. Калетнік Г. М., Кулик М. Ф., Петриченко В. Ф., Хорішка В. Д. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва: навчальний посібник. Вінниця 2007. 583 с.
8. Жарук Л. В., Коваль Т. С., Козак О. А. Розвиток світового ринку продукції вівчарства. *Економіка АПК*. 2020. №8. С. 38-44.

Вікторія ЖОЛНОВСЬКА⁹,

студентка 2 курсу,

Факультет ветеринарної медицини,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна

ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ У СОБАК ТА КОТІВ. СИМПТОМИ ТА ЛІКУВАННЯ

Анотація. *Стаття охоплює визначення захворювання, його причини, симптоми, методи діагностики та лікування. Вичерпний огляд цукрового діабету у собак і котів, зосереджуючись на ключових аспектах, які повинен знати кожен власник домашнього улюбленця. Особлива увага приділяється профілактичним заходам, таким як підтримання здорової ваги та правильне харчування. Стаття глибоко аналізує причини виникнення діабету, включаючи генетичну схильність, ожиріння, неправильне харчування, супутні захворювання та вікові зміни. Детально описані симптоми цукрового діабету, такі як підвищена спрага, часте сечовипускання, втрата ваги, зміни апетиту, слабкість та погіршення стану шерсті.*

Ключові слова: *цукровий діабет, симптоми, лікування, профілактика*

Annotation. *A comprehensive review of diabetes mellitus in dogs and cats, focusing on key aspects that every pet owner should know. The article covers the definition of the disease, its causes, symptoms, diagnosis and treatment. Special attention is paid to preventive measures, such as maintaining a healthy weight and eating a healthy diet. The article deeply analyzes the causes of diabetes, including genetic predisposition, obesity, poor diet, comorbidities, and age-related changes.*

⁹Науковий керівник: доцент кафедри ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи ВНАУ Колечко А.В.

Symptoms of diabetes mellitus, such as increased thirst, frequent urination, weight loss, changes in appetite, weakness, and deterioration of the coat, are described in detail.

Key words: *diabetes, symptoms, treatment, prevention*

Вступ. Порушення рівня цукру в крові у домашніх тварин, таких як кішки та собаки, часто пов'язане з недостатнім виробництвом інсуліну або зниженням чутливості клітин до цього гормону. Ця патологія, відома як діабет, є серйозним станом, який призводить до збоїв в обміні речовин, включаючи вуглеводний, білковий та жировий обмін, а також до порушень функціонування різних органів і систем. На жаль, тварини так само вразливі до діабету, як і люди. У ветеринарній практиці розрізняють два основні типи діабету у тварин. Перший тип, або інсулінозалежний діабет, виникає, коли підшлункова залоза виробляє недостатню кількість інсуліну. Другий тип, або інсуліннозалежний діабет, характеризується нормальним виробництвом інсуліну, але тканини організму стають нечутливими до його дії [1].

Іноді у тварин спостерігається комбінація обох типів діабету.

Виклад основного матеріалу. Діабет - це комплексне захворювання, яке викликане тим, що організм не може належним чином засвоювати цукор з їжі.

Після прийому їжі, вона розщеплюється на різноманітні поживні речовини, в тому числі цукор, що називається глюкозою. Вона, як правило, розподіляється по всьому тілу за допомогою гормону, який називається Інсуліном, щоб дати енергію клітинам. Але з діабетом, організм або не може виробляти Інсулін або не дозволяє йому працювати правильно. Ось основні причини цього захворювання у тварин:

1) Генетична схильність: Деякі породи собак і котів мають більшу схильність до розвитку діабету. Наприклад, у собак це пуделі, такси, йоркширські тер'єри, а у котів - бірманські та мейн-куни.

2) Ожиріння: Надмірна вага є одним з основних факторів ризику розвитку діабету у тварин. Жирова тканина впливає на чутливість клітин до інсуліну, що може призвести до резистентності до нього.

3) Неправильне харчування: Раціон з високим вмістом вуглеводів і низьким вмістом клітковини може сприяти розвитку діабету. Незбалансоване харчування також може призвести до ожиріння, що є додатковим фактором ризику.

4) Панкреатит: Запалення підшлункової залози може призвести до пошкодження клітин, які виробляють інсулін. Хронічний панкреатит особливо небезпечний в цьому плані.

5) Гормональні порушення: Деякі гормональні захворювання, такі як хвороба Кушинга, можуть впливати на рівень цукру в крові та сприяти розвитку діабету.

6) Вік: З віком ризик розвитку діабету зростає, оскільки здатність організму регулювати рівень цукру в крові може знижуватися.

7) Лікарські препарати: Тривале застосування деяких лікарських препаратів, таких як глюкокортикоїди, може збільшити ризик розвитку діабету.

8) Малорухливий спосіб життя: Недостатня фізична активність сприяє розвитку ожиріння та знижує чутливість клітин до інсуліну.

Розуміння цих причин допоможе власникам тварин вжити необхідних заходів для профілактики діабету та збереження здоров'я своїх улюбленців.

Для оцінки стійкості до інсуліну при діабеті застосовуються різноманітні діагностичні методи [1, 2]. Вони включають:

- Загальний аналіз крові (ЗАК) та біохімічний аналіз крові (БХК).
- Загальний аналіз сечі (ЗАС), бактеріологічний посів сечі та дослідження осаду сечі на клітини.
- Вимірювання активності амілази та ліпази в сироватці крові.
- Тести для оцінки функціонування надниркових залоз: проба з низькими дозами дексаметазону для пригнічення, тест з АКТГ для діагностики спонтанного та ятрогенного синдрому Кушинга.
- Визначення концентрації гормону росту та інсуліноподібного фактора росту-1 в сироватці крові (для виявлення акромегалії).
- Вимірювання рівня тригліцеридів у сироватці крові (для виявлення гіперліпідемії).
- Ультразвукове дослідження (УЗД) органів черевної порожнини (для виявлення пухлин надниркових залоз, панкреатиту та новоутворень підшлункової залози).
- Рентгенографічне дослідження грудної клітки (для виявлення збільшення серця та пухлин).
- Комп'ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ) (для виявлення пухлин гіпофіза).
- Тести для оцінки функціонування щитоподібної залози: визначення вільного Т4, ТТГ, стимуляційний тест з ТТГ.

Лікування цукрового діабету у тварин зазвичай включає ін'єкції інсуліну, контрольовану дієту і регулярне фізичне вправу [3].

- Інсулінотерапія. Управління цукровим діабетом у тварин зазвичай включає ін'єкції інсуліну. Ваш ветеринарний лікар підбере дозування інсуліну відповідно до потреб вашої тварини.
- Дієта. Дотримання спеціальної дієти, багатої на білки і з низьким вмістом вуглеводів, може допомогти контролювати рівень цукру в крові вашої тварини. Лікар допоможе підібрати спеціальні корми для тварин із цукровим діабетом.
- Фізична активність. Регулярна фізична активність здатна допомогти тварині контролювати рівень цукру в крові та підтримувати здоров'я загалом.

Іноді власникам тварин, які хворіють на цукровий діабет дуже страшно починати лікування інсуліном, але є випадки, коли ні дієти, ні препарати, що знижують рівень цукру в крові не здатні дати необхідний результат і це може обернутися втраченим часом та погіршенням стану здоров'я [4].

Вилікувати діабет за допомогою дієти та мінімальної кількості лікарських препаратів можна лише в деяких випадках, коли хвороба протікає у легкій формі.

Завжди важливо дотримуватись рекомендацій спеціаліста та виконувати його призначення.

Також для своєчасного коригування лікування необхідно регулярно відстежувати рівень глюкози в крові у вихованця. З цією метою в домашніх умовах рекомендується використовувати медичні глюкометри із тест смужками, розроблені спеціально для собак і кішок.

Такі фактори, як ожиріння, неправильне харчування, генетична схильність та малорухливий спосіб життя, відіграють ключову роль у розвитку діабету. Існує безліч простих та ефективних способів мінімізувати ці ризики та захистити вашого улюбленця.

Розглянемо кроки, які можна зробити вже сьогодні, щоб забезпечити надійний захист від цукрового діабету [4, 5].

1. Контроль ваги: Підтримуйте здорову вагу вашого улюбленця. Ожиріння є одним з головних факторів ризику розвитку діабету. Регулярно зважуйте тварину та слідкуйте за змінами ваги. Якщо ваш улюбленець має надмірну вагу, зверніться до ветеринара для розробки плану схуднення.

2. Збалансоване харчування: Годуйте тварину якісним, збалансованим кормом, що відповідає її віку, породі та рівню активності. Уникайте перегодовування та давайте ласощі в помірних кількостях. Обмежте споживання вуглеводів та додайте в раціон більше клітковини. Дотримуйтесь режиму годування, розділяючи денну порцію на кілька невеликих прийомів.

3. Фізична активність: Забезпечте регулярні фізичні навантаження для вашого улюбленця. Щоденні прогулянки, ігри та інші активності допоможуть підтримувати здорову вагу та покращити чутливість до інсуліну. Вибирайте активності, що відповідають віку та породі вашої тварини.

4. Регулярні ветеринарні огляди: Регулярно відвідуйте ветеринара для профілактичних оглядів. Проводьте планові аналізи крові та сечі для своєчасного виявлення змін у рівні глюкози. Обговорюйте з ветеринаром фактори ризику розвитку діабету у вашої тварини.

5. Контроль супутніх захворювань: Своєчасно лікуйте захворювання, які можуть сприяти розвитку діабету, такі як панкреатит та гормональні порушення. Регулярно контролюйте стан здоров'я тварин, які мають генетичну схильність до діабету.

6. Обмеження використання деяких лікарських препаратів: Уникайте тривалого застосування лікарських препаратів, таких як глюкокортикоїди, без призначення ветеринара. Обговорюйте з ветеринаром можливі ризики розвитку діабету при тривалому прийомі лікарських препаратів.

7. Створення комфортних умов: Зменшіть стресові ситуації, які можуть впливати на рівень глюкози. Забезпечте тварині спокійне та комфортне місце для відпочинку.

8. Освіта та інформованість: Дотримуючись цих рекомендацій, ви зможете значно знизити ризик розвитку цукрового діабету у вашої тварини та забезпечити їй довге та здорове життя [4, 5].

Висновок. Цукровий діабет у домашніх тварин, таких як собаки та коти, є серйозним захворюванням, яке вимагає пильної уваги та відповідального підходу з боку власників. Як було розглянуто, ця патологія виникає внаслідок порушення регуляції рівня глюкози в крові, що може бути спричинено недостатнім виробленням інсуліну або його неефективним використанням. Стаття детально розкриває різноманітні фактори, що сприяють розвитку діабету у тварин, включаючи генетичну схильність, ожиріння, неправильне харчування, панкреатит, гормональні порушення, вікові зміни, тривале застосування лікарських препаратів та малорухливий спосіб життя. Розуміння цих причин є ключовим для профілактики захворювання та підтримки здоров'я домашніх улюбленців. Для точної діагностики та оцінки стану тварини використовуються різноманітні діагностичні методи, такі як аналізи крові та сечі, ультразвукове та рентгенографічне дослідження, а також спеціальні тести для оцінки функціонування ендокринних органів. Лікування діабету у тварин зазвичай включає інсулінотерапію, дієтичне харчування та регулярну фізичну активність. Важливо зазначити, що своєчасне звернення до ветеринарного лікаря та дотримання його рекомендацій є вирішальними для успішного контролю захворювання та забезпечення якісного життя тварини. Особливу увагу слід приділити регулярному моніторингу рівня глюкози в крові, що дозволяє своєчасно коригувати лікування та запобігати розвитку ускладнень. Використання медичних глюкометрів, розроблених спеціально для тварин, є ефективним способом контролю рівня глюкози в домашніх умовах. Загалом, цукровий діабет у тварин є захворюванням, яке можна успішно контролювати за умови належного догляду та своєчасного лікування. Власники домашніх тварин повинні усвідомлювати важливість профілактики, ранньої діагностики та відповідального підходу до лікування діабету, щоб забезпечити своїм улюбленицям довге та здорове життя.

Список використаної літератури

1. Хоеніг М. Порівняльні аспекти цукрового діабету у собак і котів. *Молекулярна та клітинна ендокринологія*. 2012. Вип. 368 (1-2). С. 151-159.
2. Девісон Л. Дж., Гертейдж М.Е. Цукровий діабет у собак: чи можуть старі собаки навчити нас новим прийомам. *Діабетична медицина*. 2004. Вип. 21(5). С. 435-445.
3. Кетчпоул Б., Кеннеді Л. Дж. Цукровий діабет у собак: від фенотипу до генотипу. *Журнал малих тварин*. 2016. Вип. 57 (8). С. 365-373.
4. Фалл Т., Хамлін Г. Розуміння цукрового діабету у собак: нові уявлення про діабетогенез, недостатність β -клітин і опір до інсуліну. *Ветеринарний журнал*. 2016. Вип. 218. С. 1-7.
5. Фракассі Ф., П'єтра М. Моніторинг глюкози та інсулінова терапія у собак з цукровим діабетом: критична оцінка. *Ветеринарні науки*. 2017. Вип. 4(4). С. 53.

Ангеліна МАТЕСНКО¹⁰,
студентка 2 курсу,
факультет ветеринарної медицини,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

БЕЗПЕЧНІСТЬ АНЕСТЕЗІЇ У СТАРИХ ТА ХВОРИХ ТВАРИН

Анотація. У статті розглядаються ключові принципи безпечного проведення анестезії у літніх і ослаблених тварин, а також сучасні стратегії мінімізації ризиків і покращення ефективності знеболювання. Анестезія у старих та хворих тварин становить непросте завдання для ветеринарів, оскільки зростає ймовірність ускладнень. У статті висвітлено головні аспекти безпечної анестезії для цих пацієнтів, включно з попередньою діагностикою, вибором анестезуючих препаратів та способами моніторингу під час операції. Особливу увагу приділено корегуванню анестезіологічних протоколів відповідно до вікових та патологічних змін у тілі тварини. Подано практичні поради, що мають на меті зменшити ризики та покращити вихід з наркозу у літніх та фізично слабких тварин.

Ключові слова: анестезія, дрібні тварини, безпечність, знеболювання, патологічні зміни

Annotation. The article discusses key principles for safely administering anesthesia in elderly and debilitated animals, as well as modern strategies for minimizing risks and improving the effectiveness of anesthesia. Anesthesia in elderly and sick animals presents a complex challenge for veterinarians, as the likelihood of complications increases. This article highlights the main aspects of safe anesthesia for these patients, including pre-operative diagnostics, selection of anesthetic drugs, and methods of monitoring during surgery. Particular attention is paid to adjusting anesthetic protocols according to age-related and pathological changes in the animal's body. Practical advice is provided to reduce risks and improve recovery from anesthesia in elderly and physically weak animals.

Keywords: anesthesia, small animals, safety, analgesia, pathological changes

Вступ. Заходи щодо захисту організму тварин від хірургічної травми мають розпочинатися до операції, продовжуватися під час її проведення та в ранньому післяопераційному періоді. Анестезія – це важлива складова ветеринарної медицини, яка дає можливість виконувати операції, діагностику та зменшувати страждання тварин. Але у старших та хворих пацієнтів використання анестезії пов'язане з більшою ймовірністю ускладнень через вікові та патологічні зміни в організмі. Зменшення функцій серцево-судинної, дихальної та видільної систем, наявність супутніх хвороб та змінений метаболізм

¹⁰Науковий керівник: доцент кафедри ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи ВНАУ Колечко А.В.

ліків потребують індивідуального підходу до вибору анестетиків і методів нагляду [1].

Запобігання небажаний дії хірургічної агресії може бути досягнуте за допомогою методів місцевої або загальної анестезії

Виклад основного матеріалу. Анестезія у ветеринарії є важливим елементом медичних процедур, що гарантує безболісне проведення хірургічних втручань. Однак для літніх та хворих тварин вона несе в собі підвищений ризик. Правильна передопераційна підготовка, вибір анестетиків і ретельний моніторинг під час операції допомагають мінімізувати ускладнення та забезпечити безпеку пацієнтів.

Анестезіологічний ризик – це ймовірність розвитку ускладнень, аж до загибелі пацієнта, внаслідок застосування анестезії. Рівень ризику залежить від стану здоров'я тварини, наявності хронічних захворювань і терміновості операції. У здорових тварин анестезіологічна смертність становить приблизно 1 на 2000 випадків, тоді як у пацієнтів із супутніми патологіями або при екстрених втручаннях цей показник значно зростає [2].

Основні причини ускладнень під час анестезії:

- Гемодинамічні порушення через гіповолемію та передозування анестетиків.
- Гіпоксія та гіповентиляція через проблеми з інтубацією або несправність обладнання.
- Анафілактоїдні реакції та злоякісна гіпертермія.
- Помилки персоналу, неправильне використання анестетиків чи обладнання.

Передопераційна підготовка:

Для літніх тварин, що прожили 75-80% передбачуваної тривалості життя (наприклад, джек-рассел-тер'єр або карликовий пудель після 10 років), необхідне ретельне передопераційне обстеження.

Основні етапи підготовки:

1. Збір анамнезу – ветеринар з'ясовує інформацію про вакцинацію, харчування, умови утримання, перенесені та супутні захворювання.
2. Діагностичні дослідження:
 - Ехокардіографія серця – оцінка серцевої функції, виявлення патологій.
 - Клінічний та біохімічний аналіз крові – оцінка функціонування внутрішніх органів.
 - Рентгенографія грудної клітки – для виявлення можливих метастазів або респіраторних патологій.

Шкала ASA для оцінки ризику. Оцінка пацієнта перед анестезією здійснюється за шкалою ASA (Американського товариства анестезіологів), яка має п'ять рівнів [3].

- ASA 1 – здорова тварина без супутніх захворювань.
- ASA 2 – легкі хронічні патології без значного впливу на загальний стан.
- ASA 3 – серйозні захворювання, що можуть вплинути на перебіг операції.
- ASA 4 – загрозливий стан, що істотно збільшує ризики анестезії.

- ASA 5 – критичний стан, коли ймовірність смерті надзвичайно висока.

Тварини з рівнем ASA 3 і вище мають у 4 рази більший ризик ускладнень під час анестезії.

Проведення анестезії. Перед введенням у наркоз проводиться премедикація – введення препаратів для мінімізації стресу та зменшення побічних ефектів. Усі медикаменти вводяться через внутрішньовенний катетер, встановлений на лапу.

Моніторинг під час операції включає:

- Контроль пульсу та серцевого ритму (ЕКГ).
- Вимірювання частоти дихання та рівня кисню у крові (сатурація).
- Аналіз температури тіла, артеріального тиску та рівня вуглекислого газу.

При виявленні відхилень ветеринарний лікар негайно вживає заходів для їх коригування. У разі потреби проводиться реанімація, включаючи штучну вентиляцію легень і масаж серця.

Післяопераційний період. Після операції тварина пробуджується в індивідуальному боксі під наглядом персоналу. У важких випадках проводиться інтенсивний моніторинг до стабілізації стану.

Додаткові заходи:

- Інфузійна терапія для корекції водно-електролітного балансу.
- Призначення знеболювальних та антибіотиків за необхідності.
- Контроль життєво важливих показників у стаціонарі (за потреби).

Інгаляційна (газова) анестезія:

Один із найбезпечніших методів анестезії – газовий наркоз, який застосовується у багатьох ветеринарних клініках. Основні переваги:

- Точне дозування анестетика – дає змогу контролювати рівень знеболення.
- Швидке пробудження – тварина виходить з наркозу за лічені хвилини після припинення подачі газу.
- Менше навантаження на печінку та нирки – ідеально для літніх тварин і пацієнтів із хронічними захворюваннями.
- Зменшення ризику передозування – завдяки точному контролю концентрації анестетика.

Анестезія для літніх та хворих тварин – процес непростий, але вкрай потрібний, що вимагає пильного підходу. Основні дії для підвищення безпеки охоплюють детальне передопераційне обстеження, вибір відповідного анестезіологічного протоколу та постійний моніторинг найважливіших показників.

Передопераційна підготовка – включає збір анамнезу, ехокардіографію, аналізи крові та рентгенографію, що дозволяє оцінити загальний стан організму та рівень анестезіологічного ризику.

Шкала ASA – допомагає класифікувати пацієнтів за рівнем ризику та визначити, які додаткові заходи необхідні перед анестезією [4].

Методи анестезії – газовий наркоз є найбезпечнішим варіантом, оскільки дозволяє точно контролювати рівень знеболення та швидко виводиться з організму, що особливо важливо для літніх і хворих тварин

Анестетики можна класифікувати залежно від того, як вони вводяться пацієнту. Існує кілька способів анестезії тварин залежно від тварини, її розміру та породи, деякі методи є кращими перед іншими.

Перша категорія анестетиків - це інгалятори, або ліки, які доставляються у формі газу через маску або ендотрахеальну трубку. Ці препарати вводять у поєднанні з киснем, який випаровується за допомогою точного випарника. Деякі поширені приклади інгаляційних анестетиків: закис азоту, галотан, ізофлуран, десфлуран і севофлуран. Закис азоту використовується найчастіше, але нещодавні розгляди його побічних ефектів і використання зробили його суперечливим.

Інший спосіб доставки - через ін'єкції. Ін'єкція може бути внутрішньовенною, внутрішньом'язовою, підшкірною, внутрішньогрудною або внутрішньоочеревинною. Внутрішньовенне введення відбувається, коли голка вводиться у вену і доставляє ліки безпосередньо в кров. Внутрішньом'язова ін'єкція – це введення препарату глибоко в м'язи за допомогою голки, що дозволяє препарату також потрапити в кров. Підшкірні ін'єкції відбуваються, коли голка вводиться між шкірою та м'язом, що дозволяє препарату всмоктуватися в кров протягом тривалого періоду. Ветеринари використовують внутрішньогрудні ін'єкції для доставки ліків у грудну порожнину або область грудної клітки та безпосередньо біля поверхні серця. Внутрішньоочеревинна ін'єкція – це метод ін'єкції, при якому голка вводиться в черевну порожнину або область нижньої частини живота. Цей метод зазвичай використовується на гризунах та інших лабораторних тваринах через легше поводження. У ветеринарії частіше використовуються внутрішньовенні, внутрішньом'язові та підшкірні ін'єкції, оскільки вони простіші та ефективніші [5].

Третій спосіб введення - через рот або задній прохід. Сертифіковані техніки або ветеринари переважно доставляють рідкі розчини через рот або анус. Цими шляхами подається не тільки анестезія, але й деякі анальгетики. Ці два шляхи забезпечують більшу різноманітність реакцій в одній породі через різницю в рівнях поглинання через тканини. Незважаючи на це, він дуже поширений [5].

Останній поширений метод доставки анестетиків – місцеве застосування або невеликі ін'єкції з використанням місцевих анестетиків, таких як лідокаїн. Цей метод використовується під час операції для блокування нервів у певній ділянці, на якій проводиться операція. Крім того, місцеві мазі блокують нерви в певній області на більш короткий термін. Одна невелика ін'єкція може бути зроблена на місці нервового стовбура, таким чином блокуючи нерви в усій цій області [6, 8].

Моніторинг під час операції – забезпечує контроль за серцево-судинною та дихальною системами, що мінімізує ризик ускладнень.

Післяопераційний догляд – включає спостереження за пацієнтом, інфузійну терапію та корекцію можливих порушень, що сприяє швидкому та безпечному відновленню.

Наркоз є нешкідливим, якщо дотримуватися таких правил: перед оперативним втручанням тварину витримують на голодній дієті; якщо у шлунку буде вода або їжа, це спричинить спрацювання блювотного рефлексу. У цей час тіло тварини розслаблене, і не виключено, що блювання може потрапити в легені, що викличе аспіраційну пневмонію і призведе до смерті; обов'язково уточнення точного віку вихованця. Будь-яка анестезія у вікових собак та кішок, може призвести до проблем із серцево-судинною та дихальною системами; після операції тварині має бути забезпечений повний спокій; розміщувати домашнього улюбленця потрібно подалі від протягів; чиста вода має бути у тварини постійно [6].

Отже, комплексний підхід до анестезії, включаючи підготовку, моніторинг і сучасні методи наркозу, дає змогу суттєво знизити ризики та забезпечити комфортний вихід з наркозу для старих та хворих тварин [7].

Висновок. Анестезія у літніх і хворих тварин потребує особливої уваги та ретельної підготовки. Основні заходи, що зменшують ризики: повне передопераційне обстеження; індивідуальний підбір анестетиків та моніторинг; контроль за станом пацієнта після операції; використання сучасних методів анестезії, зокрема газового наркозу.

Завдяки комплексному підходу ризики ускладнень мінімізуються, що дозволяє забезпечити безпеку та комфорт тварин під час хірургічних втручань.

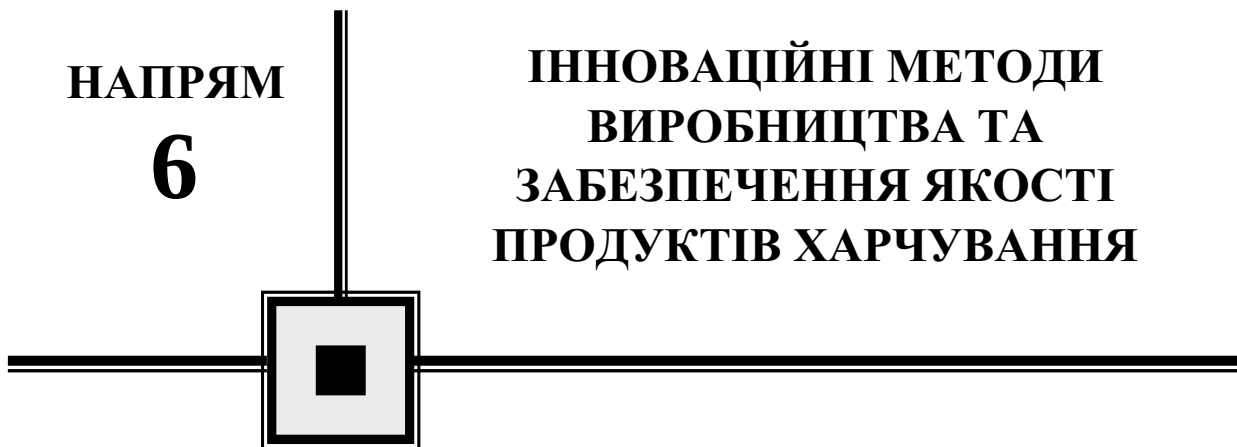
Список використаної літератури

1. Власенко В.М., Тихонюк Л.А. Ветеринарна анестезіологія. Біла Церква. 2000. 336 с.
2. White Donna M., Mair Alastair R., Martinez-Taboada Fernando. Opioid-free anaesthesia in three dogs. *Open Veterinary Journal*. 2017. 7(2). P. 104–110. doi:10.4314/ovj.v7i2.5.
3. Steffey E.P., Mama K. R. Inhalation Anesthesia in Veterinary Medicine. Veterinary Clinics of North America. *Small Animal Practice*. 2017. 37(5). P. 1269–1286.
4. Brodbelt D. C., Blissitt K.J., Hammond R.A., Neath P.J., Young L.E., Pfeiffer D.U., Wood J.L. The risk of death: the Confidential Enquiry into Perioperative Small Animal Fatalities. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2018. 35(5). P. 365–373.
5. Albino Michelle, Goldberg Mary. Analgesic Pharmacology. *Pain Management for Veterinary Technicians and Nurses*. 2014. 1 ed. Wiley. P. 42–66. doi:10.1002/9781119421436.ch5
6. Grimm Kurt A., Lamont Leigh A., Tranquilli William J., Greene Stephen A., Robertson Sheilah. Veterinary Anesthesia and Analgesia. The Fifth Edition of Lumb and Jones. 2015. 1 ed. 800 p. doi:10.1002/9781119421375.
7. Петренко О. Методологічні аспекти моніторингу анестезіологічного забезпечення тварин у ветеринарній хірургії. *Ветеринарна медицина України*. 2006. Вип. 6. С.29–32.
8. Valverde A. Epidural analgesia and anaesthesia in dogs and cats. *Vet. Clin. Am. Small Anim. Pract.* 2008. № 38 (6). P. 1205–1207

НАПРЯМ

6

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ
ВИРОБНИЦТВА ТА
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ
ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ



Валерія ОМЕЛЬЧЕНКО¹¹,

студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ПОЖИВНИЙ СКЛАД ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЙОГУРТУ З
КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА З РІЗНИМ ДОДАВАННЯМ ФРУКТІВ ТА
ЧАСОМ ЗБЕРІГАННЯ

***Анотація.** У статті було розглянуто та проаналізовано дослідження, яке було спрямоване на всебічній оцінці складу йогурту з коров'ячого молока з додаванням різних фруктів (загальний вміст сухих речовин, вологість, вміст органічних речовин таких як, жири та білки), його якісних (колір, текстура, аромат) і кількісних властивостей (вільні жирні кислоти та молочна кислота), а також на вплив терміну зберігання. Дослідницький процес обґрунтувався на експериментальній методиці з використанням рандомізованого методу. Було передбачено п'ять варіантів обробки: контрольний зразок (без додавання фруктів), а також зразки з додаванням пітахаї (драконовий фрукт), манго, яблука та банана (20% об./об.). Кожен варіант досліджували у п'яти повтореннях. Оцінку якісних характеристик проводили на різних етапах зберігання: у перший день, на п'ятий, десятий і п'ятнадцятий день. Результати експерименту показали, що додавання фруктів істотно вплинуло на склад йогурту, а також на його характеристики під час зберігання. Було виявлено, що в йогуртах із додаванням яблука та бананів рівень сухих речовин зріс на 13% відповідно зі звичайним йогуртом. Найвищий вміст жиру (4,516%) спостерігався в контрольному зразку, тоді як у ньому був зафіксований найнижчий рівень білка (2,564%). Щодо вільних жирних кислот, найвищий їх*

¹¹Науковий керівник – Любов МОРОЗОВА, к. хім. наук, старший викладач кафедри технології розведення, виробництва, переробки продукції дрібних тварин

рівень (22,885%) показали в контрольному йогурті, який зберігався протягом 15 днів. Натомість найнижчий рівень (13,915%) спостерігався в манговому йогурті, який дозрівав протягом 10 днів. Зрештою, додавання фруктів у йогурт, який зберігався протягом 15 днів за температури 5°C, забезпечувало безпечність продукту для споживання. Ці дані підтверджують, що фруктові добавки здатні значно змінити склад, органолептичні властивості та стабільність йогурту під час його зберігання.

Ключові слова. коров'яче молоко, фрукти, термін зберігання, йогурт.

Annotation. The article reviewed and analyzed a study, which was aimed at comprehensively evaluating the composition of cow's milk yogurt with the addition of various fruits (total solids, moisture, organic matter content such as fats and proteins), its qualitative (color, texture, aroma) and quantitative properties (free fatty acids and lactic acid), as well as the effect of storage time. The research process was based on an experimental method using a randomized design. Five treatment options were provided: a control sample (without added fruit), as well as samples with the addition of pitahaya (dragon fruit), mango, apple and banana (20% v/v). Each option was studied in five repetitions. The assessment of qualitative characteristics was carried out at different stages of storage: on the first day, on the fifth, tenth and fifteenth days. The results of the experiment showed that the addition of fruit significantly affected the composition of the yogurt, as well as its characteristics during storage. It was found that in yogurts with the addition of apple and banana, the level of dry matter increased by 13%, respectively, compared to regular yogurt. The highest fat content (4.516%) was observed in the control sample, while it recorded the lowest protein level (2.564%). As for free fatty acids, the highest level (22.885%) was shown in the control yogurt, which was stored for 15 days. On the other hand, the lowest level (13.915%) was observed in the mango yogurt, which was ripened for 10 days. Finally, the addition of fruit to yogurt, which was stored for 15 days at a temperature of 5°C, ensured the safety of the product for consumption.

These data confirm that fruit additives can significantly change the composition, organoleptic properties and stability of yogurt during its storage.

Keywords: cow's milk, fruits, shelf life, yogurt.

Вступ. Йогурт є популярним продуктом харчування, який характеризується високою поживною цінністю для споживача. Одним із перспективних напрямків удосконалення його властивостей є додавання фруктів, які можуть впливати на склад, органолептичні якості та безпеку продукту. У цій статті на основі дослідження було проведено оцінку відповідності (загальна кількість сухих речовин, вміст води, жиру та білка), якісних (колір, аромат, текстура) і кількісних властивостей (вміст вільної жирної та молочної кислоти) йогурту з коров'ячого молока з додаванням різних фруктів та терміну зберігання.

Виклад основного матеріалу. Йогурт став надзвичайно популярним кисломолочним продуктом у сучасному суспільстві, завдяки своїм численним

корисним властивостям і перевагам для здоров'я. Його вживання здобуло величезну увагу серед споживачів, оскільки він не тільки смачний, але й корисний для організму. Зокрема, йогурт стає важливою складовою здорового харчування, оскільки він містить велику кількість корисних бактерій, що позитивно впливають на мікрофлору кишечника, підтримують імунну систему і сприяють загальному поліпшенню здоров'я. Це робить йогурт трендовим продуктом у раціоні багатьох людей, які прагнуть збалансувати своє харчування і підтримати фізичне благополуччя.

Йогуртовий продукт охоплює різноманітні сегменти ринку, кожен із яких має свої особливості та приваблює різні групи споживачів. Це включає йогурти з фруктовими добавками, низькокалорійні варіанти, безлактозні, на різних видах молока, збиті йогурти, м'які та тверді йогурти, йогуртові напої, йогурти з пробіотичними культурами, йогурти тривалого зберігання, йогурти, призначені для сніданку, а також йогурти для дітей. Крім того, існують варіанти йогуртів, такі як перемішані йогурти, солодкі питні йогурти, фруктові йогурти, йогуртові сири, заморожені йогурти і сушені йогурти [1]. З усіх сегментів йогуртів найбільшу частку на ринку займають фруктові йогурти, що складають близько 74%. Додавання фруктових добавок або фруктових екстрактів до йогурту значно покращує його смак, колір та текстуру, що робить продукт більш привабливим для споживачів. Фрукти, що додаються в йогурт, надають йому не тільки покращений смак, але й підвищують його харчову цінність. Наприклад, клітковина в фруктах допомагає попереджати захворювання товстої кишки, а деякі фрукти містять антиоксиданти, що знижують ризик захворювань серцево-судинної системи. Таким чином, фруктовий йогурт можна вважати не тільки смачним, але й корисним продуктом для здоров'я.

Різнноманітні фактори, такі як склад молока, його загальна суха речовина, гомогенність, типи заквасок, процес пастеризації, процес бродіння та температура інкубації, мають великий вплив на виробництво йогурту [2]. Додавання різних фруктів, таких як «драконовий фрукт», манго, яблука і банани, з різним вмістом сухих речовин, може значно змінити характеристики кінцевого продукту йогурту. Наприклад, вміст сухих речовин у «драконовому фрукті» становить 12,5%, в манго — 16%, в яблуці — 17,08% і в бананах — 17,51%. Таким чином, додавання таких фруктів до йогурту впливає на його загальний вміст сухих речовин, а отже, і на його текстуру, смак та харчову цінність, що в результаті позначається на якості кінцевого продукту [3].

Щоб дослідити вплив фруктів на йогурти було проведено дослідження [4], для якого було використано 50 літрів свіжого коров'ячого молока. Для виготовлення йогурту застосовувалася культуральна закваска, яка включала сухі культури бактерій *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* та *Lactobacillus bulgaricus*. До молока також додавали фрукти — пітахаю, манго, яблука та банани, кожного виду по 2 кг. Для проведення хімічного аналізу використовували різноманітні хімічні реактиви, зокрема аквадест, розчин натрію гідроксиду (NaOH), спирт, розчин фенолфталеїну, буферні розчини з pH 4 і 7, а також інші хімічні реагенти, необхідні для аналізу вмісту білків і ліпідів

у йогуртовому продукті. У дослідженні було застосовано п'ять реплік і обробок, які включали різні варіанти додавання фруктів, а саме: контрольний варіант без фруктів, а також варіанти з додаванням драконового фрукту, манго, яблук та бананів. Процес виробництва йогурту розпочинався з пастеризації молока методом HTST (High Temperature Short Time), що включає нагрівання молока до високої температури на короткий період часу, після чого його температура знижувалася до 45°C. Потім до молока додавали 10% культури бактерій, і молоко інкубували протягом 6 годин при 45°C для забезпечення оптимальних умов для бродіння. З метою подальшого аналізу якості йогуртового продукту до кожної обробки додавали 20% фруктових добавок, які проходили кілька етапів зберігання. Властивості йогурту оцінювали на різних етапах зберігання: на 0, 5, 10 і 15 добу. Цей процес дозволяв детально вивчити зміни в якості йогурту протягом часу і порівняти ефекти різних фруктових добавок на фізико-хімічні характеристики кінцевого продукту.

Результати дослідження продемонстрували суттєвий вплив додавання різних фруктів на склад йогурту, зокрема на вміст води, загальну кількість сухих речовин, а також рівень жиру та білка ($P > 0,01$) (табл. 1). Йогурт із додаванням яблук та бананів мав найвищий показник загальної кількості сухих речовин — 14,376%. Попередні дослідження також підтверджують різну частку сухих речовин у фруктах, що використовувалися: для драконового фрукту цей показник становить 12,50% , для манго — 16% , для яблук — 17,08%, а для бананів — 17,51% . Додавання яблук і бананів сприяло збільшенню загальної кількості сухих речовин у фруктовому йогурті на 13% порівняно з контрольним зразком [5]. Щодо жирового складу, максимальний вміст жиру (4,516%) було зафіксовано у контрольному йогурті, який водночас мав найнижчий рівень білка (2,564%). Отримані дані свідчать про значне розходження з результатами попереднього дослідження, де загальна кількість сухих речовин, жир і білок у йогурті становили відповідно 12,5%, 3,3% та 3,9%. На складові йогурту, зокрема рівень сухих речовин, жиру та білка, впливають різні фактори: якість і склад молока, ступінь гомогенізації, види заквасок, умови пастеризації, процес ферментації та температура зберігання. Таким чином, додавання фруктів із різною кількістю сухих речовин значно вплинуло на фізико-хімічні властивості йогурту, підвищуючи його поживну цінність та текстурні характеристики.

Таблиця 1. Склад йогурту з коров'ячого молока з додаванням різних фруктів

Зразки	Вміст води	Загальна кількість твердих речовин	Вміст ліпідів	Вміст білку
Контрольний	87.776±0.545	12.724±0.54	4.516±0.39	2.564±0.358
Зразок 1 (йогурт з пітахаєю)	86.372±0.558	13.628±0.558	3.698±0.2155	2.712±0.488
Зразок 2 (йогурт з манго)	86.892±0.557	13.108±0.557	3.178±0.177	3.304±0.241
Зразок 3 (йогурт з яблуком)	85.614±0.706	14.376±0.706	3.906±0.233	3.504±0.459
Зразок 4 (йогурт з бананом)	85.624±0.791	14.376±0.791	3.554±0.346	3.594±0.275

Також під час дослідження було звернено увагу на зміну консистенції, кольору, запаху та смаку йогуртового продукту. Контрольний зразок йогурту, йогурт із «драконовим фруктом» і банановий мали білий колір, манговий йогурт – жовтий, а йогурт із яблуком – світло-коричневий. Під час зберігання, яке тривало 0, 5, 10 і 15 днів, зміна кольору була помітною лише у банановому йогурті, який поступово набував коричневого відтінку вже через тиждень. Інші види йогуртів зберігали свій початковий колір. Аромат і текстура залишалися типовими та приємними навіть на 15-й день зберігання, при цьому банановий йогурт мав найсильніший аромат на кожному етапі спостереження. Водночас додавання фруктів суттєво вплинуло на кількісні показники продукту, такі як вміст молочної кислоти та вільних жирних кислот ($P > 0,01$, табл. 2).

Таблиця 2. Вільні жирні кислоти та молочна кислота йогурту з різними додатковими фруктами та часом зберігання

Зразки	Вільні жирні кислоти (%)				Молочна кислота (%)			
	Термін зберігання (днів)							
	0	5	10	15	0	5	10	15
Контрольний	20.435± 0.416	21.437± 0.404	21.433± 0.208	22.885 ± 0.166	16.305± 0.754	15.556± 0.198	13.915 ± 0.134	15.344 ± 0.105
Зразок 1 (йогурт з пітахеєю)	19.304± 0.249	20.983± 0.271	20.834± 0.197	22.773± 0.247	14.942± 0.307	14.697± 0.106	13.934± 0.032	16.523 ± 0.10
Зразок 2 (йогурт з манго)	17.989± 0.584	19.739± 0.404	17.588± 0.418	19.485± 0.143	16.161± 0.335	14.918± 0.251	14.294± 0.201	21.293± 0.13
Зразок 3 (йогурт з яблуком)	19.565± 0.340	19.731± 0.303	19.276± 0.108	18.044± 0.106	14.509± 0.292	14.225± 0.285	14.294± 0.201	17.856± 0.037
Зразок 4 (йогурт з бананом)	21.517± 0.398	22.575± 0.298	21.552± 0.343	22.207± 0.148	15.671± 0.366	16.278± 0.104	15.581± 0.156	19.236± 0.229

Вільні жирні кислоти є важливими показниками якості продукту, оскільки вони не зв'язані з тригліцеридами. Найвищий вміст вільних жирних кислот (22,885%) було зафіксовано в контрольному йогурті, що зберігався 15 днів, а найнижчий (17,588%) — у манговому йогурті після 10 днів зберігання. Довший період зберігання супроводжувався зростанням рівня вільних жирних кислот у всіх зразках йогурту. У контрольному йогурті цей показник був вищим через активну діяльність бактерій у відсутності фруктових добавок. Натомість у фруктових йогуртах певні речовини, що містяться у фруктах, стримували гідроліз і окислення, підтримуючи активність бактерій. Цей ефект узгоджується з дослідженнями [6], які зазначили, що процеси гідролізу та окислення впливають на смак і утворення характерних ароматичних сполук. Рівень молочної кислоти також залежав від часу зберігання. Найвищий її вміст (21,293%) спостерігався у манговому йогурті після 15 днів зберігання, тоді як найнижчий (13,915%) — у натуральному йогурті після 10 днів. Молочна кислота

утворювалася внаслідок діяльності бактерій *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus bulgaricus*, які стимулювали зниження рН та коагуляцію молока. На тривалість зберігання йогурту значно впливає температура. У цьому дослідженні зберігання проводили при температурі 5°C протягом 15 днів. Продукт залишався придатним до споживання навіть через два тижні, що підтверджується якісними (колір, текстура, аромат) і кількісними (вміст молочної кислоти та вільних жирних кислот) показниками. Згідно з [6], за вищих температур (25–30°C) йогурт зберігається лише добу, тоді як при 7°C — 5 днів, а при 4°C — 10 днів. Отримані результати свідчать, що додавання фруктів подовжує термін зберігання за рахунок збільшення кислотності, що стримує розвиток патогенних мікроорганізмів. Таким чином, фруктові добавки сприяють покращенню якісних характеристик йогурту, забезпечують стабільність продукту та подовжують його термін зберігання завдяки зростанню кислотності та активності молочнокислих бактерій.

Висновки. Результати проведеного дослідження підтвердили, що додавання різних фруктів до йогурту з коров'ячого молока суттєво впливає на його склад, органолептичні характеристики та стабільність під час зберігання. Зокрема, виявлено, що йогурти з додаванням яблук і бананів демонструють найвищий вміст сухих речовин, а також зберігають приємний аромат та текстуру навіть на 15-й день зберігання. Фруктові добавки сприяють зниженню рівня вільних жирних кислот порівняно з контрольними зразками, що свідчить про їх позитивний вплив на стабільність продукту. Перспективним напрямом розвитку цього дослідження є подальше вивчення використання різних комбінацій фруктів і пропорцій їх додавання для створення функціональних йогуртів із підвищеною поживною цінністю. Додаткову увагу слід приділити розробці технологій, які дозволять подовжити термін зберігання продукту без втрати його смакових і текстурних характеристик.

Список використаної літератури

1. Yildiz F. Overview of Yogurt and Other Fermented Dairy Product. *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Product*. 2010. P. 1-46.
2. Magenis R.B., Oliveira R.B., Soldi V., Benendet H.D. Composition and Physical Properties of Yogurt Manufacture from Milk and Whey Cheese Concentrated by Ultrafiltration. *International journal of Food Science*. 2006. Vol. 41. P. 560-568.
3. To L.V., Ngu N., Duc N.D. Quality Assurance System for Dragon Fruit Quality assurance in agricultural produce. *Quality Assurance in Agricultural Produce*. 2000. № 100. P. 111- 110.
4. Putri D.W., Kusmayadi A. Nutrient Composition and Characteristics of Cow Milk Yogurt with Different Additional Fruit and Storage Time. *Animal Production: Indonesian Journal of Animal Production*. 2016. № 18 (2). P. 133.
5. Mahmood A., Abbas N., Gilani A.H. Quality Stirred Buffalo Blended Apple and Banana Fruits. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2008. Vol. 45. P. 275-279.

6. Gurakan G.C., Altay N. Yogurt Microbiology and Biochemistry. Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Product. F. Yildiz (Ed). CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, 2010. P. 98-116.

Анастасія БОНДАР¹²,
студентка 1 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЛЬ ФЕЙХОА В ФОРМУВАННІ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАМОРОЖЕНИХ ДЕСЕРТІВ

Анотація. У статті розглядається розробка сорбету з фейхоа – замороженого десерту, який корисний для здоров'я. Фейхоа – це ягода, багата на йод (майже добова норма в 100 грамах) та інші корисні речовини, тому її рекомендують для профілактичного харчування. У зв'язку з цим були проведені дослідження на те, як зробити сорбет якісним за смаком і текстурою. Було визначено, що для оптимального смаку і користі фейхоа має становити 35% від загальної маси продукту. Також вивчення впливу технологічних етапів – заморожування та збивання – на консистенцію сорбету. Зокрема, на однорідність, легкість, дрібнозернистість та рівномірність розподілу повітря і льоду. За допомогою мікроскопа було проаналізовано структуру сорбету і виявлено, що правильний розмір бульбашок повітря у продукті становить 40-60 мікрометрів, що відповідає стандартам. Було з'ясовано, що найкращі показники пишності сорбету (65-76%) досягаються при дотриманні рецептури і правильного збивання. Тривалість збивання для ідеальної текстури – 90-120 секунд. Метою цієї роботи було вивчити, як додається фейхоа впливає на властивості сорбету, щоб створити технологію його приготування для ресторанів. Застосування цієї технології дозволяє отримати корисний і смачний сорбет із фейхоа з чудовими характеристиками.

Ключові слова: фейхоа, сорбет, органолептичні показники, консистенція, мікроструктура, заморожування, збивання, збитість.

Annotation. The article focuses on the development of feijoa sorbet, a healthy frozen dessert. Feijoa is a berry rich in iodine (almost the daily requirement in 100 grams) and other beneficial nutrients, making it recommended for preventive nutrition. In this context, experiments were conducted to determine how to create a sorbet with high-quality taste and texture. It was found that, for optimal flavor and health benefits, feijoa should constitute 35% of the product's total mass. The study also examined the impact of technological stages—freezing and whipping—on the sorbet's consistency,

¹²Науковий керівник – Любов МОРОЗОВА, к. хім. наук, старший викладач кафедри технології розведення, виробництва, переробки продукції дрібних тварин

including uniformity, lightness, fineness, and the even distribution of air and ice. Using a microscope, the sorbet's structure was analyzed, revealing that the optimal air bubble size in the product is 40-60 micrometers, which meets quality standards. The research showed that the best sorbet fluffiness (65-76%) is achieved by adhering to the recipe and proper whipping techniques. The optimal whipping time for ideal texture is 90-120 seconds. The goal of this work was to study how the addition of feijoa affects sorbet properties and to develop a preparation technology suitable for restaurants.

Implementing this technology makes it possible to produce a healthy, delicious sorbet with excellent characteristics.

Key words: *feijoa, sorbet, organoleptic parameters, consistency, microstructure, freezing, kneading, defecation.*

Вступ. Фейхоа (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) — це екзотична ягода родини миртових (Myrtaceae), яка походить із субтропіків Південної Америки (Бразилія, Уругвай, Парагвай і Аргентина). Це кліматерична ягода зі солодко-кислим смаком і характерним квітковим ароматом, переважно овальної форми, діаметром 3–5 см і вагою від 40 до 100 г. Фейхоа має високийнутрицевтичний та агроіндустріальний потенціал, що створює привабливу можливість для Колумбії вийти на нові ринки з інноваційними продуктами. Проте існує недостатньо знань про її поведінку та вимоги для належної промислової переробки. Дослідження термофізичних і сорбційних властивостей є фундаментальними для аналізу та оптимізації різних виробничих операцій, оцінки та контролю якості продукції. Ягоди фейхоа є унікальною сировиною за хімічним складом. Це зелені довгасті ягоди, покриті восковою плівкою, з приємним пряним ароматом та солодким смаком. Фейхоа походить з Південної Америки, але є одною з найбільш зимостійких субтропічних рослин і здатна без ушкоджень витримувати короточасні заморозки (до -15°C). Довготривалі експерименти з субтропічними рослинами дозволили українським селекціонерам та фахівцям з питань сільського господарства вирощувати нові зимостійкі види та розробити техніку культивування для вирощування фейхоа на відкритому ґрунті з позитивними результатами. Ця практика актуальна для південних областей України, таких як Одеська, Херсонська та Миколаївська [1].

Фейхоа – це новий продукт для українців, але він вже став популярним серед дієтологів та ендокринологів, які рекомендують його до вживання людям з порушеннями функцій щитовидної залози та для осіб, що мають значні інтелектуальні стреси. Основною особливістю фейхоа є високий вміст мікроелементу йоду, масова частка якого приблизно така ж, як і у морепродуктах. Так, ягоди фейхоа містять органічно зв'язаний йод у концентрації, що дорівнює 0,07-0,1 мг/100 г, тоді як рекомендоване добове споживання у дорослих складає 0,14-0,2 мг/100 г. Фейхоа, які культивуються в морських районах, особливо багаті йодом. Крім того, йод цих ягід є водорозчинним і може максимально засвоюватися організмом людини. В ягодах фейхоа містяться також біологічно активні речовини – кахетіни і лейкоантоціани, вітамін С, ефірні олії, які є потужними антиоксидантами та імуномодуляторами, зменшують ризик виникнення онкологічних захворювань і

перешкоджають старінню організму. Високий вміст вітаміну С робить фейхоа відмінним природним антиоксидантом. Ягоди фейхоа містять велику кількість пектину, який має властивість зв'язувати іони важких і радіоактивних металів [2], мають потужний антимікробний ефект. Ягоди фейхоа мають солодкий смак з пікантними пряними відтінками, тому розробка солодких страв на їх основі є логічною. Наявність пектину обумовлює перспективність сировини для виготовлення структурованих солодких страв, таких як сорбети. Такі солодкі страви відповідають сучасним тенденціям в ресторанній галузі, як то тенденції до споживання «легких» продуктів, за наявності шокової заморозки, льодоміксингу та інших сучасних технологій. Шкірка зелено-сірого кольору може бути гладкою або жорсткою протягом усього розвитку; м'якоть біло-бежевого кольору з рожевими відтінками у зрілому стані та крихтливим еліпсоїдним насінням. Фейхоа вирізняється як перспективне джерело біоактивних речовин, багате на вітаміни, цукри, мінерали, органічні кислоти, харчові волокна та йод, а також флавоноїди, таніни, токоферолі, поліфеноли, фенольні кислоти, пектини, сапоніни та леткі ароматичні сполуки. Ці сполуки відповідають за біологічні властивості, які представляють інтерес для нутрицевтичної, фармакологічної та косметичної галузей, включаючи антиоксидантну, антимікробну, знеболювальну, гастропротекторну, антиканцерогенну та протизапальну дії. Фейхоа є перспективним інгредієнтом для створення високоякісних заморожених десертів завдяки своїм хімічним і фізичним властивостям. Її використання сприяє покращенню текстури, стабільності та органолептичних характеристик продукту. Подальші дослідження щодо оптимізації концентрацій і способів обробки фейхоа відкриють нові можливості для розвитку інноваційних продуктів у харчовій промисловості. Десерти з фейхоа мають яскравий аромат, що нагадує поєднання ананасу та полуниці, із солодко-кислим смаком. Це робить їх популярними серед споживачів, які цінують унікальні гастрономічні враження. Перспективним напрямком у створенні нового замороженого десерту — сорбету з фейхоа є вивчення того, як змінюється структура і консистенція десертної маси при додаванні різної кількості фейхоа. Це допоможе краще зрозуміти, як утворюється текстура десерту, і вдосконалити технологію його виробництва, щоб отримати якісний продукт із гарними властивостями для споживачів [3].

Метою роботи є дослідження особливостей структури і текстури десертної маси з різною кількістю фейхоа для розробки технології сорбету з фейхоа, який можна буде використовувати в ресторанах та кафе.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження було обрано чотири зразки: контрольний зразок – сорбет лимонний; сорбети з різним вмістом фейхоа, а саме: 25%, 35% та 45% до загальної маси продукту. При приготуванні сорбету з фейхоа цукор замінювали на мед, з міркувань зниження глікемічного індексу та збагачення страви цінними нутрієнтами. Для підвищення харчової цінності нової солодкої страви, в якості наповнювача використовували горіх волоський. Рецептний склад дослідних зразків наведено у таблиці 1. Серед основних факторів, що впливають на якість готового продукту, особливу увагу приділяли

таким стадіям технологічного процесу, як збивання та заморожування сорбету, від яких залежить формування основних споживчих показників цієї солодкої страви, таких як консистенція, а саме – її однорідність, пишність, дисперсність і рівномірність розподілення повітряної фази та кристалів льоду [4].

Таблиця 1. Рецептний склад зразків сорбету

Сорбет	Вміст, %			
	Контроль	Сорбет 25% фейхоа	Сорбет 35% фейхоа	Сорбет 45% фейхоа
Лимони	5	-	-	-
Цукор	25	-	-	-
Насіння коріандру	0,05	-	-	-
Шафран	0,05	-	-	-
Фейхоа	-	25	35	45
Горіхи волоські	-	10	10	10
Мед	-	10	10	10
Вода	69,9	55	45	35

Для удосконалення структури сорбету та його органолептичних показників проводили дослідження впливу способу приготування замороженої солодкої страви на стадіях заморожування та збивання сорбетної маси. Одразу ж після заморожування зразків сорбетів приготованих різними способами проводили дослідження їх мікроструктури. Мікрофотографії структури сорбетів з фейхоа відображають кількісне і якісне розподілення бульбашок повітря в дисперсній фазі замороженої маси. Щільність бульбашок в замороженому зразку сорбету, який було приготовлені за способом 3 вище, ніж у зразках, приготовлених за способом 1 та 2. Встановлено, що середній розмір бульбашок повітря у сорбеті з фейхоа приготовленого за способом 1 становить 30-40 мкм, за способом 2 – 60-70 мкм. В цих зразках сорбетів бульбашки розподілені рівномірно. На наступному етапі були проведені дослідження по визначенню оптимальної збитості сорбетів. Для заморожених солодких страв, таких як сорбет, збитість – найважливіший показник, що характеризує їх структуру і консистенцію. Збитість сорбетів обумовлена ступенем насичення їх повітрям під час збивання. Так, для різних видів фруктових морозива і заморожених сорбетів збитість повинна бути не нижче 40-60%. При низькій збитості (15-20%) в замороженій солодкій страві утворюються великі кристали льоду [4]. Збільшення збитості сприяє утворенню більш ніжної і однорідної текстури продукту. Тому були проведені дослідження з визначення впливу різних способів приготування на збитість сорбету з фейхоа. Встановлено, що для досягнення необхідного показника збитості тривалість збивання сорбетів становить 90-120 с (табл. 2.). При приготуванні сорбету з фейхоа за способом 3 збитість сорбету з фейхоа низька, що свідчить про недостатню насиченість замороженої солодкої страви бульбашками повітря та відповідно забиту, грубодисперсну структуру. Найкращий показник збитості (65-76 %) досягається при реалізації способу 2, який може бути рекомендованим

для впровадження у заклади ресторанного господарства. При низькій збитості (15–20%) в замороженій солодкій страві утворюються великі кристали льоду [5].

Збільшення збитості сприяє утворенню більш ніжної і однорідної текстури продукту. Встановлено, що для досягнення необхідного показника збитості тривалість збивання сорбетів повинна становити 4 хв (табл. 1). Рекомендованою для досягнення найкращих показників збитості є тривалість збивання 6 хв, при подальшому збиванні на протязі 8 хв показник збитості знижується, що може свідчити про руйнування структури. При приготуванні сорбету з 40% фейхоа збитість маси низька, що свідчить про недостатню насиченість замороженого десерту бульбашками повітря та відповідно забиту, грубо дисперсну структуру.

Найкращий показник збитості (70–76%) досягається при приготуванні сорбету з додаванням 35% фейхоа, який може бути рекомендованим для впровадження у заклади ресторанного господарства.

Таблиця 2. Збитість сорбету з фейхоа в залежності від способу приготування та тривалості збивання

Спосіб приготування сорбету	Збитість, %			
	Тривалість збивання, с			
	60	90	120	150
Спосіб 1	50	55	60	60
Спосіб 2	53	65	76	68
Спосіб 3	20	24	35	30

У результаті аналізу причинно-наслідкової діаграми якості сорбету з фейхоа визначені фактори першого порядку, які впливають на формування якості нового десерту, а саме: організація праці персоналу, устаткування, якість сировини, технологія виробництва. Одним із важливих етапів у технології приготування сорбету є фризерування. На цій стадії відбуваються процеси збивання та заморожування, які значно впливають на якість готового продукту. Саме на цьому етапі формується консистенція сорбету, а саме його однорідність, пишність, дрібнозернистість та рівномірне розподілення повітряних бульбашок, частинок інгредієнтів (фейхоа, волоський горіх) та кристалів льоду.

Фризерування – це процес одночасного збивання та часткового заморожування суміші, що дозволяє отримати кремоподібну масу з більшим об’ємом. Це складний процес, який поєднує механічні, теплові та фізико-хімічні зміни. Для приготування сорбету використовували фризер періодичної дії Frigomat G20. Суміш подавали до фризера з температурою не вище 6°C, а під час інтенсивного перемішування вона охолоджувалася до -4...-6°C. При цьому близько 40-60% води перетворювалося на дрібні кристали льоду. Одночасно суміш насичувалася повітрям, утворюючи дрібні бульбашки, що сприяло збільшенню об’єму продукту. На виході з фризера температура сорбету складала -4...-6°C. Під час збивання відбуваються зміни структури суміші через деформацію. Щоб краще зрозуміти, як змінюється структура продукту під механічним впливом, застосовують реологічні методи досліджень. Реологія

дозволяє оцінити, як рухаються й деформуються частинки продукту під дією навантаження. Одним із ключових показників є в'язкість, що характеризує опір рідини під час руху її частинок. Для рідин, які мають постійну в'язкість (ньютонівські рідини), навіть незначний вплив викликає їх плин. Таким чином, процес фризерування та дослідження структурних характеристик є важливими для покращення якості сорбету, забезпечення його приємної текстури та стабільності під час зберігання [6]. Важливим показником якості заморожених десертів є їхня в'язкість. Вона залежить від температури, кількості вологи, розміру частинок та міцності структур, що утворюються із твердих компонентів. В'язкість сорбету вимірювали після фризерування за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2». Результати дослідження дозволили побудувати реологічні криві, які показують, як змінюється структура сорбетної маси. Експерименти показали, що ефективна в'язкість (η , кПа·с) сорбету залежить від швидкості зсуву ($\dot{\gamma}$, с⁻¹) та вмісту фейхоа. Додавання фейхоа у сорбет збільшує його ефективну в'язкість. Наприклад, при градієнті швидкості зсуву 1,8 с⁻¹ в'язкість контрольного зразка становила 1,257 кПа·с, а для зразків з 25%, 35% та 40% фейхоа — 1,362, 1,432 та 1,502 кПа·с відповідно. Збільшення в'язкості можна пояснити тим, що частинки фейхоа створюють більш міцні зв'язки у структурі сорбету. Це залежить від властивостей самих частинок, середовища, у якому вони знаходяться, та умов, за яких відбувається їх з'єднання. Збільшення ефективної в'язкості сорбетної маси з фейхоа можна пояснити особливостями добавки пюре фейхоа, яка містить неоднорідні за розміром частинки. Під час формування структури сорбету між цими частинками утворюються тонкі прошарки рідкого середовища, що підтримують стабільність системи та перешкоджають їх подальшому зближенню. Ці прошарки відповідають мінімальній енергії системи й забезпечують сорбету певні механічні властивості. Властивості коагуляційної структури залежать від розміру твердих частинок, адже саме він впливає на товщину і стійкість рідких прошарків між ними. У високов'язких продуктах, як-от сорбет із фейхоа, розмір частинок є важливим фактором, оскільки він впливає на витрати енергії та ефективність процесів виробництва, таких як перемішування та збивання. Дослідження показали, що розмір частинок пюре фейхоа з цукром становить 1,2–0,4 мм. Тому зі збільшенням кількості твердих частинок у сорбетній масі, зокрема завдяки додаванню пюре фейхоа та волоських горіхів, ефективна в'язкість сорбету зростає. Зростання ефективної в'язкості сорбету з фейхоа також можна пояснити наявністю пектинів у пюре фейхоа, які є природними гідроколоїдами. Пектини здатні утворювати гелеподібні структури, що підвищують в'язкість продукту. Найменше значення в'язкості спостерігається при градієнті швидкості зсуву 5,4 с⁻¹, що свідчить про максимальне руйнування структури сорбету. Однією з головних вимог у виробництві заморожених десертів є досягнення бажаної консистенції, яка є важливим критерієм якості [7, 8]. Консистенція – це складний показник, що включає структурно-механічні властивості, зокрема граничну напругу зсуву та ефективну в'язкість. Для отримання сорбетів із необхідними споживчими характеристиками важливо, щоб структурно-механічні показники

потрапляли в задані діапазони. Досягти цього можна двома способами: шляхом оптимізації рецептури сорбету (зокрема кількості пюре фейхоа) та вибору правильних параметрів технологічного процесу, як-от швидкість збивання та температура заморожування.

Висновки. У ході дослідження встановлено, що додавання пюре фейхоа до сорбетних мас значно впливає на їх структурно-механічні властивості, зокрема на ефективну в'язкість та консистенцію.

Збільшення вмісту пюре фейхоа сприяє підвищенню ефективної в'язкості завдяки наявності в пюре твердих частинок неоднорідної структури та пектинів, які діють як гідроколоїди та утворюють стабільні коагуляційні сітки. Ефективна в'язкість сорбетних мас зменшується зі збільшенням швидкості зсуву, що свідчить про руйнування структурних зв'язків у системі. Найменші значення в'язкості спостерігалися при максимальному градієнті швидкості зсуву $5,4 \text{ c}^{-1}$. Таким чином, для отримання сорбету з фейхоа із заданими споживчими характеристиками, необхідно враховувати вміст фейхоа у рецептурі, а також оптимізувати параметри процесу фризирования, зокрема швидкість збивання та заморожування.

Досліджені структурно-механічні властивості є основою для розробки якісного продукту з високими технологічними та органолептичними показниками, що відкриває перспективи для впровадження інноваційних заморожених десертів у закладах ресторанного господарства. На основі порівняльного аналізу органолептичних та фізико-хімічних показників, мікроструктури сорбетів, приготованих за різними способами обґрунтовано режими основних процесів обробки та розроблено технологію сорбету з цінної сировини для профілактичного харчування – фейхоа.

Встановлено, що для отримання якісного сорбету з фейхоа повинні бути дотримані наступні вимоги:

- рекомендований вміст добавки фейхоа у сорбеті – 35% до загальної маси продукту;
- заморожування має відбуватися швидко, щоб уникнути конгломерації великих часток, а також небажаних фізико-хімічних змін продукту;
- періодичне збивання під час заморожування сорбетної маси дозволяє отримати готовий продукт з поліпшеними характеристиками консистенції.

Список використаної літератури

1. Шалимінов О. В., Дятченко Т. П., Кравченко Л. О. та ін. Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів: для підприємств громадського харчування всіх форм власності. Київ: А.С.К. 2000. 512 с.
2. Ding P. Tropical Fruits. Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition). 2017. Vol. 3. P. 431-434. doi: 10.1016/B978-0-12-394807-6.00185-4.
3. Pasquariello M. S., Mastrobuoni F., Di Patre D. Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) germplasm. *Scientia Horticulturae*. 2015. Vol. 191(6). P. 1-9. doi:10.1016/j.scienta.2015.04.036.
4. Roderick J. W. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*,

Myrtaceae): A review. *Food Chemistry*. 2010. Vol. 121(4). P. 923-926. doi:10.1016/j.foodchem.2010.01.047.

5. Schotsmans W. C., East A., Thorp G. Feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. 2011. P. 115-135. doi: 10.1016/j.scienta.2017.08.054.

6. Ielpo M. T. L., Basile A., Miranda R. Immunopharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia*. 2000. Vol. 71(1). P. 101-109. doi: 10.1016/S0367-326X(00)00184-2. 9.

7. Basile A., Vuotto M. L., Violante U. Basile. Antibacterial activity in *Actinidia chinensis*, *Feijoa sellowiana* and *Aberia caffra*. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 1997. Vol. 8(3). P. 199-203. doi: 10.1016/S0924-8579(97)00376-2. 10.

8. Bontempo P., Mita L., Miceli M. Feijoa sellowiana derived natural Flavone exerts anti-cancer action displaying HDAC inhibitory activities. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 2007. Vol. 39(10). P. 1902-1914. doi: 10.1016/j.biocel.2007.05.01.

Анна БІГАС¹³,
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки в тваринництві
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВИРОБНИЦТВО МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ДОДАВАННЯМ ФРУКТІВ

Анотація. У статті розглянуто особливості виробництва молочних продуктів із додаванням фруктів, що є актуальним напрямком у харчовій промисловості в контексті зростаючого інтересу до здорового харчування. Описано склад, властивості молока, фактори впливу, джерела формування основних компонентів молока, загальні технологічні процеси його переробки з додаванням фруктів. Вплив на організм людини. Варіації використання. У статті запропоновано технологію виробництва йогурту на основі молочної та рослинної сировини. Комбінування молочної та рослинної сировини дає можливість створити нові корисні харчові продукти. Це дозволяє регулювати їх склад відповідно до основних положень теорії збалансованого харчування. Проаналізовано хімічний склад традиційного молока тваринного походження та його рослинних аналогів (мигдалевого, соєвого, рисового, кокосового), а також їхню харчову цінність. Особливу увагу приділено фізико-хімічним властивостям молока, способам його обробки, зберігання та показникам якості. Описано технологічні етапи виробництва молочних продуктів з

¹³ Науковий керівник – Людмила КОЛЯНОВСЬКА, к.т.н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

фруктовими наповнювачами, зокрема підготовку фруктів, гомогенізацію, пастеризацію, охолодження та пакування. Визначено перспективні напрямки розвитку галузі, включаючи використання пребіотиків і пробіотиків, розширення асортименту фруктових компонентів та вдосконалення упаковки.

Ключові слова: Молоко, фрукти, виробництво, терміни, йогурт.

Annotation. The article explores the specific features of producing dairy products with added fruits, which is a relevant direction in the food industry amid the growing interest in healthy nutrition. It describes the composition and properties of milk, influencing factors, sources of key components in milk formation, and general technological processes of its processing with fruit additives. The impact on the human body and possible usage variations are discussed. The article proposes a technology for the production of yogurt based on dairy and plant-based raw materials. The combination of animal and plant-based sources enables the creation of new functional food products. This allows for the regulation of their composition in accordance with the core principles of balanced nutrition theory. The chemical composition of traditional animal-derived milk and its plant-based alternatives (almond, soy, rice, and coconut milk) is analyzed, along with their nutritional value. Particular attention is paid to the physicochemical properties of milk, methods of processing, storage, and quality indicators. The technological stages of producing dairy products with fruit fillers are described, including fruit preparation, homogenization, pasteurization, cooling, and packaging. Prospective directions for industry development are identified, such as the use of prebiotics and probiotics, expansion of the fruit component range, and packaging improvement.

Keywords: Milk, fruits, production, processing, yogurt.

Вступ. Молоко – це біологічна рідина, секрет молочної залози ссавців. Воно забезпечує молодий організм всіма необхідними поживними, мінеральними і біологічно активними речовинами і є одним з основних продуктів харчування людини та сировиною для виробництва різних молочних продуктів.

В тенденціях сучасного світу все більше просувається тема веганського раціону харчування, що сприяло розвитку та виробництву рослинного молока.

Виклад основного матеріалу. Молочні продукти одержують шляхом обробки сировини, під час якого відбуваються хімічні, фізичні, мікробіологічні та біохімічні процеси, що підпорядковуються основним законам фундаментальних наук. Наприклад, основними засобами обробки сировини у виробництві питних видів молока є термічні процеси, а механічне обробка відіграє вторинну роль.

Молоко – це повноцінний природний харчовий продукт, до складу якого входить близько 100 поживних речовин у збалансованому співвідношенні, зокрема незамінні амінокислоти та жирні кислоти, мінеральні солі, вітаміни, молочний цукор тощо. Хімічний склад коров'ячого молока суттєво змінюється

залежно від походи тварин, стадії їх лактації, віку, умов годування й утримання, стану здоров'я, пори року та інших чинників [1].

Наприклад, основними засобами обробки сировини у виробництві питних видів молока є термічні процеси, а механічне обробка відіграє вторинну роль.

Переважаючою основою усіх тваринних молочних виробів є саме коров'яче молоко, але щодо молочних виробів рослинного походження, асортимент видів молока значно зростає і має такі види: мигдалеве, соєве, рисове та кокосове молоко.

Таблиця 1. Порівняння складу тваринного молока з рослинним

Параметр (на 200мл)	Коров'яче молоко	Мигдалеве молоко	Соєве молоко	Рисове молоко	Кокосове молоко
Калорії	150	40	80	120	5
Вуглеводи(г)	12	1	4	22	2
Цукор (г)	12	0	1	10	0
Жири (г)	8	3	4	2	5
Білки (г)	8	2	7	0	0
Кальцій (г)	30	45	30	20	10

Властивості молока, як єдиної фізико-хімічної системи, зумовлюються властивостями компонентів, що містяться в молоці. Будь-які зміни у вмісті і стані складених компонентів молока супроводжуються змінами його фізико-хімічних властивостей. Складові частини молока чинять різний вплив на його фізико-хімічні властивості. Так, від кількості білків більшою мірою залежать в'язкість і кислотність молока, але практично не залежить його електропровідність. Мінеральні речовини молока вагомо впливають на його кислотність, електропровідність, але не змінюють в'язкості і так далі. У молочній промисловості важливо використовувати молоко, що характеризується високими масовими частками жиру, білку, сухих речовин, тобто молоко з повноцінним хімічним складом. Підвищена кількість основних складових частин молока дає можливість поліпшити якість молочних продуктів, зменшити витрату сировини на виробництво продукції. Масові частки жиру і білку в молоці повинні відповідати базисним нормам, що затверджені Кабінетом Міністрів України у встановленому порядку. Базисна норма масової частки жиру в молоці – 3,4 %, базисна норма масової частки білку – 3,0 % [1-3].

Перерахунок значення фактичної маси нетто молока-сировини на значення умовної маси нетто за базисною нормою масової частки жиру здійснюється за формулою (1):

$$M_{ж} \equiv \frac{M_{ф} \times Ж_{ф}}{Ж_{б}} \quad (1)$$

де $M_{ж}$ – умовне значення маси нетто молока-сировини, кг;

$M_{ф}$ – фактичне значення маси нетто молока-сировини, кг;

$Ж_{ф}$ – фактичне значення масової частки жиру, %;

$Ж_{б}$ – єдина тимчасова базисна норма масової частки жиру, %.

При зберіганні сирого молока кислотність підвищується, що викликає небажані зміни властивостей молока (стійкість білків при нагріванні), тому титрована кислотність – це критерій оцінки свіжості молока-сировини. Активна

кислотність (рН) характеризує концентрацію (активність) іонів гідрогену. Вона чисельно дорівнює від'ємному десятковому логарифму їх концентрації. Джерелами іонів гідрогену в молоці є різні кислі компоненти. На величину рН впливає тільки та частина кислих з'єднань, яка знаходиться в дисоційованому виді. Активна кислотність свіжовидоєного молока дорівнює 6,6...6,7 од. рН. Густина молока – це один з основних комплексних показників як безпеки, так і якості молока-сировини при виробленні усіх молочних продуктів. Густина молока залежить від його хімічного складу, породи худоби, раціонів годування (при згодовуванні соковитих кормів густина знижується, концентрованих – збільшується), стану здоров'я тварин (при лейкозі густина молока знижується до 1023 кг/м³).

Із незбираного молока виробляють знежирене молоко, маслянку та сироватку. Частина їх (близько 30 %) йде на виготовлення молочних продуктів, решта – на корм тваринам. Із знежиреного молока, маслянки та сироватки виготовляють казеїн, молочний білок, молочний цукор, згущену та суху сироватку, а також широкий асортимент знежирених чи маложирних молочних продуктів для безпосереднього вживання (молоко питне, кисломолочні дієтичні та білкові продукти, продукти із маслянки та молочної сироватки) [4].

Знежирене молоко. За хімічним складом знежирене молоко відрізняється від незбираного тільки за вмістом жиру. Вміст сухих речовин у ньому коливається від 8,2 до 10,1 %. Від кількості сухих речовин залежить вихід білкових молочних продуктів [4].

Маслянка утворюється при збиванні вершків на масло. Її склад залежить від виду вироблюваного вершкового масла. Вона містить 0,2 – 0,6 % жиру, 3,2 – 3,4 % білків, 4,2 – 4,9 % лактози, 0,7 – 0,8 % мінеральних речовин. Склад маслянки значною мірою коливається, оскільки залежить від таких факторів, як жирність та кислотність вершків, умови теплової і механічної обробки останніх, виду масла тощо.

Молочна сироватка – це продукт виробництва кисломолочного сиру, твердих сирів, казеїну та молочного білка. Її маса становить 70 – 85 % маси початкової сировини. Теоретичний (очікуваний) вихід сироватки визначають за формулою [4] (2):

$$B = 100 - \frac{C_{\text{пр}} - C_{\text{с}}}{C_{\text{пр}} - C_{\text{ср}}} \quad (2)$$

де B – вихід сироватки, %;

$C_{\text{пр}}$ – вміст сухих речовин у продукті, який виробляють, %;

$C_{\text{с}}$ – вміст сухих речовин похідної сировини, %;

$C_{\text{ср}}$ – вміст сухих речовин у сироватці, %.

У знежиреному молоці і маслянці міститься 2/3 сухих речовин молока, у тому числі майже увесь білковий комплекс. У молочну сироватку переходить близько 50 % сухих речовин молока. Склад і властивості молочної сироватки залежать від основного продукту і особливостей технологічних процесів їх отримання. Вершки є полідисперсною багатофазною системою, що включає грубу дисперсію молочного жиру, тонку колоїдну систему казеїнових часток, дисперсію ліпопротеїнових часток, молекулярні розчини сироваткових білків,

низькомолекулярних азотистих з'єднань лактози, солей та ін. Вершки складаються з тих самих компонентів, що і молоко, але з іншим співвідношенням між жировою фазою і плазмою (нежировими компонентами). Середній розмір жирових кульок у вершках більший, а відстань між ними менше в порівнянні з молоком. Вміст основних складових частин знежиреного молока, маслянки, молочної сироватки і вершків в порівнянні з незбираним молоком наведені в таблиці 2 [4].

Таблиця 2. Середній вміст основних компонентів в молочної сировині

Сировина	Масова частка, %				
	сухих речовин	білку	жиру	лактози	мінеральних речовин
Незбиране молоко	12,3	3,2	3,6	4,8	0,7
Знежирене молоко	8,8	3,2	0,05	4,8	0,75
Маслянка	9,1	3,2	0,5	4,7	0,7
Молочна сироватка	6,3	0,8	0,2	4,4	0,5
Вершки з коров'ячого молока	41,0	2,5	35,0	3,0	0,4

Вибір методу пастеризації молока впливає на якість кінцевого продукту. Низькотемпературна пастеризація зберігає більшу частину корисних речовин, але термін зберігання такого молока обмежений. УВЧ (ультразвукове очищення) дозволяє отримати продукт з більш тривалим терміном зберігання, але при цьому частина вітамінів руйнується. Стерилізація забезпечує повну стерильність, але значно змінює смак молока (табл. 3) [8].

Таблиця 3. Порівняння різних методів пастеризації молока

Метод пастеризації	Температура (°C)	Час (хвилини)	Вплив на смак	Збереження вітамінів
Низькотемпературна (пастеризація)	63-65	30	М'який смак	Хороше
Високотемпературна короткочасна (УВЧ)	72-75	15	Більш нейтральний смак	Середнє
Стерилізація	150-130	20-40	Стерильний смак	Низьке

Що до підготовки фруктів для створення молочного продукту з додаванням фруктів: фрукти очищають від шкірки, насіння та інших не бажаних частин, після чого їх подрібнюють до стану пюре. Для збереження максимальних корисних властивостей рекомендується використовувати методи обробки, які мінімізують термічний вплив [5-10].

Для отримання однорідної маси використовують спеціальні гомогенізатори. Це запобігає розшарування напою під час зберігання на етапі гомогенізації фруктове пюре змішується з молоком [7].

Отриману суміш пастеризують для знищення шкідливих мікроорганізмів. Температурний режим підбирають таким чином, щоб зберегти максимум вітамінів і мікроелементів, що містяться у фруктах [8].

Після пастеризації молоко охолоджують та розливають у стерильну тару. Важливо забезпечити герметичність упаковки для продовження терміну придатності продукту.

Фрукти додають до молока не тільки смак, але й важливі вітаміни, мінерали та антиоксиданти, що робить цей продукт корисним для здоров'я. Широкий вибір фруктів дозволяє створювати різноманітні смакові поєднання, що задовольнить найвибагливішого споживача. Такий продукт стає готовим варіантом для сніданку або перекусу, забезпечуючи організм енергією та корисними речовинами [9, 10].

Сьогодні йогуртом називають кисломолочний продукт, отриманий в результаті сквашування натурального молока чистими культурами молочнокислих бактерій. Композиція бактерій, що перетворюють молоко в йогурт, називається закваскою. Сучасна йогуртова закваска складається з декількох видів бактерій, серед яких обов'язково присутні термофільний стрептокок і болгарська паличка. Крім цього, в закваску можуть бути додані і інші бактерії, такі як біфідобактерії і ацидофільна паличка [6,7,10].

Жирність молока можна легко регулювати в широких межах. Як і молоко, йогурти випускають з різною жирністю: - знежирений йогурт (0 - 0,5% жиру); - йогурт зі зниженим вмістом жиру (1 - 3% жиру); - йогурт цільномолочної (3-3,5% жиру); - йогурт вершковий (більше 3,5% жиру). Від жиру в значній мірі залежить калорійність йогурту. Однак, варто пам'ятати, що в знежирені йогурти часто додають цукор, чому знежирений йогурт може бути не менш калорійний, ніж жирний йогурт, але без цукру [10].

Глікемічний індекс натурального йогурту, без цукру, смакових добавок і загусники коливається в залежності від жирності від 15 до 35 одиниць, що відносить його до продуктів з низьким глікемічним індексом. Йогурт з наповнювачами, загусниками і цукром здатні значно збільшити глікемічний індекс йогурту до 60 одиниць, що ставить його на межу між високим і середнім індексом. Десертні види йогурту можуть мати ще вищий глікемічний індекс – 85 одиниць.

Йогурт отримують шляхом сквашування пастеризованого нормалізованого молока термофільними культурами молочнокислих бактерій *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus bulgaricus*. Процес виробництва йогурту складається з таких етапів: внесення 1–5% бактеріальної закваски та інкубація протягом 4–6 годин до утворення щільного згустку кислотністю 75–140°C; перемішування згустку, охолодження до 20°C, додавання смакових наповнювачів (фрукти, ягоди, сиропи) [10].

Висновки. Виробництво молочних продуктів з фруктовими добавками є перспективним напрямком у харчовій промисловості. Поєднання корисних властивостей молока та свіжих фруктів робить такі продукти привабливими для широкого кола споживачів. Технологічний процес виробництва молочних продуктів з фруктовими добавками є складним і вимагає дотримання певних технологічних параметрів для забезпечення високої якості кінцевого продукту. Якість сировини (молоко, фрукти) має вирішальне значення для органолептичних властивостей і безпечності готового продукту. Сучасне обладнання дозволяє автоматизувати виробничі процеси, підвищити продуктивність та забезпечити стабільну якість продукції. Контроль якості на всіх етапах виробництва є необхідною умовою для отримання безпечного та якісного продукту. Маркетинг та просування молочних продуктів з фруктовими добавками мають враховувати сучасні тренди споживання, такі як здорове харчування, натуральність та зручність використання. Перспективні напрямки розвитку галузі пов'язані з розробкою функціональних продуктів, використанням нових видів сировини та інноваційних технологій. Загалом, виробництво молочних продуктів з фруктовими добавками є динамічною галуззю, яка постійно розвивається. Для успішного функціонування підприємств необхідно постійно вдосконалювати технологічні процеси, розширювати асортимент продукції та адаптуватися до мінливих потреб споживачів.

Список використаної літератури

1. Codex Alimentarius. Milk and Milk Products. FAO/WHO, 2020. 230 с. URL: <https://www.fao.org/3/y1579e/y1579e00.htm>.
2. ДСТУ 3662:2018. Молоко коров'яче незбиране. Технічні умови. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2018. 13 с.
3. ДСТУ ISO 707:2001. Молоко та молочні продукти. Настанови щодо відбирання проб (ISO 707:1997, IDT). [Чинний від 2003-10-01]. Київ: Держстандарт України, 2001. 15 с.
4. Галкін О. В., Савенко О. В. Молочна сировина та її вплив на якість готової продукції. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. 2022. № 220. С. 96–100.
5. Коваленко Н. М., Заяць І. Д., Шульга О. А. Сучасні аспекти виробництва кисломолочних продуктів функціонального призначення. *Харчова промисловість*. 2020. № 26. С. 35–40.
6. Литвин С. І., Бондаренко І. П. Технологічні особливості виробництва йогуртів з наповнювачами. *Наукові праці ОНАХТ*. 2021. № 1(79). С. 112–116.
7. Бессараб О. Ю., Драган О. Ю. Особливості використання рослинного молока у виробництві напоїв. *Наукові праці НУХТ*. 2023. Т. 29, № 1. С. 58–63. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2023-29-1-8>.
8. Лісняк В. М., Куцан О. А. Дослідження процесів пастеризації молока та їх вплив на збереження біологічно активних речовин // *Наукові горизонти*. 2021. № 4(32). С. 52–59.

9. Тамбовцева О. В., Ємельянова Л. В. Функціональні молочні продукти: перспективи розвитку. *Харчова наука і технологія*. 2022. № 4. С. 17–21.

10. Устименко С. І., Зінченко І. А. Використання фруктових добавок у технології йогуртів. *Технології та обладнання харчових виробництв*. 2021. № 2(56). С. 74–78.

Ганна КОВАЛЬЧУК¹⁴,
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ІННОВАЦІЙНІ ЖИРОЗАМІННИКИ: МАЙБУТНЄ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

Анотація. У статті розглянуті основні види заміників жиру, в тому числі вуглеводні та білки, а також їх технологічні властивості і переваги. Особлива увага приділяється екологічним аспектам виробництва, включаючи використання відновлюваних джерел сировини та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Проаналізовані новітні технології, такі як мікрокапсулювання та 3D-друк продукції, які сприяють ефективному використанню заміників жиру в харчовій промисловості. Окреслено потенційні проблеми, пов'язані з їх використанням, зокрема необхідність адаптації формулювань, уподобань споживачів та регуляторних вимог. Стаття також проливає світло на можливості інтеграції заміників жиру в персоналізоване харчування та перспективи розвитку цього напрямку з урахуванням світових тенденцій у здоровому харчуванні.

Ключові слова: інноваційні жирозамінники, харчова промисловість, здорове харчування, вуглеводні замітники, білкові замітники, синтетичні жирозамінники.

Annotation. The article discusses the main types of fat substitutes, including hydrocarbons, protein and synthetics, their technological characteristics and advantages. Special attention is paid to the environmental aspects of production, including the use of renewable sources of raw materials and reducing the negative impact on the environment. The latest technologies, such as microencapsulation and 3D printing of products, which contribute to the effective use of fat substitutes in the food industry, are analyzed. Potential challenges associated with their use are outlined, including the need to adapt formulations, consumer preferences, and regulatory requirements. The article also highlights the possibilities of integrating fat

¹⁴Науковий керівник – Людмила КОЛЯНОВСЬКА, к.т.н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

substitutes into personalized nutrition and the prospects for the development of this direction, taking into account global trends in healthy eating.

Key words: *innovative fat substitutes, food industry, healthy eating, carbohydrate substitutes, protein substitutes, synthetic fat substitutes.*

Вступ. Сучасний світ стикається з глобальними проблемами, пов'язаними з погіршенням здоров'я населення, особливо через надмірне споживання жирів, що призводить до ожиріння, діабету 2 типу, серцево-судинних захворювань. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), понад 1,9 млрд дорослих мають надмірну вагу і 650 млн страждають на ожиріння [1]. У цьому контексті інноваційні замітники жиру стають важливим інструментом для виробництва продуктів зі зниженою калорійністю, які зберігають смакові та текстурні властивості традиційних жирних продуктів. Інноваційні замітники жиру стають важливим інструментом для зниження калорійності продуктів без втрати їх органолептичних властивостей. У той же час вони можуть відігравати функціональну роль у збереженні текстури, смаку та поживної цінності їжі.

Виклад основного матеріалу. Інноваційні замітники жиру є перспективним напрямком у харчовій промисловості, який спрямований на створення більш здорових альтернатив звичайним жирам, зниження їх калорійності та впливу на здоров'я. Це речовини, що імітують смакові, текстурні та функціональні властивості жирів, але мають меншу калорійність або інший склад, що позитивно впливає на організм.

Правильний вибір замітника жиру може істотно вплинути на обмінні процеси в організмі людини. Вони не тільки можуть знизити енергетичну цінність їжі, але й можуть допомогти покращити стан кишкової флори, регулювати рівень холестерину та навіть впливати на когнітивні функції. Зважаючи на це, важливо розглянути механізми дії, види і технології виробництва сучасних заміників жиру.

Жирозамінники можна поділити на три основні категорії.

Замінники вуглеводів (наприклад, полідекстроза, інουλін) забезпечують в'язкість і текстуру і мають низьку калорійність (1-2 ккал/г). Полідекстроза, яку отримують з кукурудзяного крохмалю, також має пребіотичні властивості і сприяє зростанню біфідобактерій в кишечнику. Інουλін, витягнутий з цикорію, надає йому кремоподібну консистенцію і сприяє травленню.

Замінники білка (наприклад, гідролізати сої, молочні білки) імітують маслянисту текстуру завдяки своїй здатності утворювати гелі. Наприклад, гідролізати сої використовуються в м'ясних продуктах для зниження тваринного жиру, а молочні білки (казеїн) стабілізують емульсії в молочних десертах.

Синтетичні/мікробні замітники (наприклад, олігофруктоза, мікроемульсії) – призначені для стабільності при термічній обробці та тривалому зберіганні. Олігофруктоза, що видобувається з сахарози за допомогою ферментів, забезпечує солодкий смак і стабільність під час випічки, а мікроемульсії на основі лецитину дозволяють контролювати виділення жиру під час травлення.

Ці речовини не тільки знижують вміст жиру, але й сприяють поліпшенню травлення завдяки пребіотичним властивостям (наприклад, інουλін стимулює ріст корисної кишкової флори) [2]. Однак їх використання вимагає коригування рецептур, щоб уникнути зміни смаку або текстури продуктів. Наприклад, надмірне вживання замінників вуглеводів може призвести до надмірної вологості, яку необхідно виправляти застосуванням стабілізаторів.

Виробництво інноваційних замінників жиру базується на біотехнологічних і хімічних методах. Наприклад, ферментативний гідроліз крохмалю дозволяє отримувати модифіковані вуглеводи з низькою калорійністю, тоді як мікрокапсулювання жирів знижує їх біодоступність. Сучасні технології, такі як 3D-друк продуктів харчування, також відкривають нові можливості для інтеграції замінників жиру в складні структури харчових продуктів [3]. Ця технологія дозволяє точно дозувати інгредієнти, створювати багатошарові продукти з оптимальним вмістом замінників жиру.

Не менш важливим є екологічний аспект виробництва. Використання відновлюваних джерел сировини (наприклад, сільськогосподарських відходів для виробництва полідекстрози) зменшує слід CO₂ та сприяє сталому розвитку. Наприклад, переробка цитрусових відходів для отримання емульгованих гелів дозволяє не тільки зменшити кількість відходів, але і створити цінний продукт для харчової промисловості.

Останні дослідження були зосереджені на розробці замінників жиру, які не тільки знижують калорійність продуктів, але і позитивно впливають на здоров'я. Наведемо деякі перспективні технології (табл. 1)

Таблиця 1. Сучасні розробки інноваційних замінників жиру

Вид жиру	Приклад	Переваги	Застосування
Замінники жиру на основі мікроводоростей	Хлорела, спіруліна	Омега-3 жирні кислоти, білки, антиоксиданти, кремова текстура	Випічка, соуси, майонез, морозиво
Емульговані гелі на основі натуральних компонентів	Zitrusfasern, Пектин	Імітація консистенції жиру, поліпшення відчуття ситості	Молочні продукти, кондитерські вироби, соуси
Наноструктуровані жирові емульсії	Мікро- та наноемульсії	Зменшення кількості насичених жирів без втрати смакових якостей	М'ясні продукти, снеки, кремові наповнювачі
Рослинні олії з модифікованим складом	Авокадо, Флакс, Ханфель	Оптимальний баланс жирних кислот, що підтримують здоров'я серцево-судинної системи	Альтернатива вершковому маслу, маргарину, пальмовій олії

Джерело: сформовано автором на основі [4].

Замінюючи жири інноваційними замінниками, можна знизити вміст насичених жирних кислот, що позитивно позначається на профілактиці атеросклерозу і серцево-судинних захворювань. Дослідження показують, що продукти із замінниками жиру дозволяють знизити калорійність на 20-40% без

втрати властивостей споживача [4]. Наприклад, використання інуліну в йогуртах збільшує відчуття ситості, що допомагає контролювати вагу.

Однак деякі синтетичні замінники, такі як Olestra, можуть викликати побічні ефекти, такі як діарея або дефіцит жиророзчинних вітамінів (А, D, Е, К), що вимагає додаткових досліджень і регулювання. Щоб уникнути таких ризиків, вчені все частіше звертаються до натуральних замінників, таких як водорості або рослинні волокна, які мають мінімальний вплив на організм.

Серед інших прикладів інноваційних розробок можна виділити:

Мікрокапсульна олія – розроблена компанією Nestlé, дозволяє знизити жирність шоколаду на 30%, зберігаючи його кремову текстуру. Технологія мікрокапсуляції забезпечує контрольоване вивільнення жиру, знижуючи калорійність.

Замінник жиру на основі інуліну – це продукт від Beneo, який використовується в йогуртах і десертах для зниження калорійності і поліпшення травлення.

Емульсії на рослинній основі – на основі горохового білка – активно вводяться у веганські продукти, щоб імітувати вершковий смак, який відповідає зростаючому попиту на рослинні альтернативи.

Ці розробки демонструють тенденцію до поєднання натуральних і синтетичних інгредієнтів для досягнення оптимального балансу між здоров'ям і смаком. Наприклад, додавання спіруліни в морозиво не тільки замінює жир, але і збагачує продукт антиоксидантами, що підвищує його функціональну цінність.

Розвиток біотехнології відкриває нові можливості у виробництві замінників жирів, які не тільки знижують калорійність, але і володіють додатковими корисними властивостями. Майбутні розробки включають:

1. Розширення використання мікроводоростей для підтримки здорових ліпідних структур.

2. Нанотехнології у виробництві замінників жирів із заданими функціональними властивостями.

3. Гібридні системи (поєднання білкових, вуглеводних і жирових компонентів) для досягнення ідеального балансу між смаком і користю.

Інноваційні жирозамінники мають великий потенціал для зміни харчової промисловості. Зростаючий попит на безглютенові, безлактозні та знежирені продукти стимулює розробку нових рішень. Водночас, до викликів належать:

1. Висока собівартість виробництва – біотехнологічні процеси, такі як ферментативний гідроліз, вимагають значних інвестицій в обладнання та енергетичні ресурси.

2. Необхідність дотримання суворих правил безпеки – стандарти FDA та ЄС вимагають тривалих клінічних випробувань для підтвердження безпеки синтетичних замінників.

3. Психологічний бар'єр споживачів – багато хто сумнівається в безпеці штучних добавок, що спонукає виробників робити акцент на натуральних інгредієнтах.

Вирішення цих проблем вимагає інвестицій у дослідження, освітні кампанії та співпрацю між науковцями, виробниками та регулюючими органами. Наприклад, освітні програми можуть інформувати споживачів про переваги пребіотичних замінників жирів, таких як інουλін, що підвищує довіру до нових продуктів. Крім того, важливим є впровадження дієвих механізмів державної підтримки для стимулювання виробництва та споживання інноваційних продуктів з пребіотичними інгредієнтами. До них відносяться податкові пільги для компаній, які включають в свою продукцію здорові інгредієнти, а також фінансування досліджень з розробки нових технологій виробництва замінників жиру. Такі заходи сприятимуть створенню сталого попиту на здорові альтернативи та зменшенню економічних бар'єрів для виробників. Важливим є також залучення засобів масової інформації до популяризації таких нововведень з метою поширення інформації серед широкої аудиторії та сприяння зміні споживчих звичок [5].

Інноваційні замінники жиру мають значний вплив на агропродовольчий сектор та відкривають нові можливості для фермерів, особливо у вирощуванні водоростей, льону та конопель для харчової промисловості. Впровадження таких інгредієнтів сприяє екологічній стійкості за рахунок зменшення використання тваринних жирів і пальмової олії, що в свою чергу знижує навантаження на навколишнє середовище. Крім того, зростаючий попит на функціональні продукти харчування стимулює розвиток ринку та сприяє появі нових компаній та технологій у сфері переробки агропродовольчої продукції. Виробникам надається можливість урізноманітнити свою продукцію і підвищити конкурентоспроможність, а споживачі отримують більш здорові альтернативи без шкоди для смаку. Така трансформація також сприяє залученню інвестицій у сільське господарство та розробку новітніх методів культивування рослинних ресурсів відповідно до сучасних тенденцій сталого розвитку.

Успіх інноваційних замінників жиру багато в чому залежить від уподобань споживачів. У наш час споживачі все більше уваги приділяють етикеткам продуктів і шукають інформацію про вміст жирів, цукрів і штучних добавок. Маркетингові стратегії відіграють ключову роль у популяризації такої продукції. Наприклад, бренди, які цінують натуральність (наприклад, використовують цитрусове волокно), мають більший успіх на ринку, ніж ті, які пропонують синтетичні замінники. Кампанії, які показують зв'язок між обмеженням калорій і поліпшенням здоров'я, також сприяють підвищенню попиту. Крім того, споживачі все більше орієнтуються на прозорість та етику брендів, які виробляють інноваційні продукти. Важливим фактором є не тільки склад продукту, але і процес його виробництва і екологічні та соціальні стандарти компанії. Бренди, які наголошують на своїй прихильності до сталого розвитку, зменшують викиди CO₂ або використовують органічні інгредієнти, завойовують лояльність серед свідомих споживачів. Включення цих факторів в маркетингові стратегії не тільки дає можливість залучити нових клієнтів, але і створити стійку конкурентну перевагу на ринку здорового харчування [2].

У найближчі десятиліття інноваційні замітники жиру можуть стати основою для персоналізованого харчування. Завдяки розвитку біотехнології та генної інженерії можна створювати замітники, адаптовані до індивідуальних потреб (наприклад, для людей з алергією або хронічними захворюваннями). Завдяки інтеграції штучного інтелекту в розробку рецептур оптимізується вміст заміників жиру в продуктах з урахуванням смакових уподобань і здоров'я споживачів.

Інноваційні замітники жиру є важливим напрямком у розвитку сучасної харчової промисловості, оскільки сприяють зниженню калорійності продуктів, поліпшенню їх поживного складу, мінімізації негативного впливу на здоров'я людини. Використання альтернативних джерел, таких як мікрководорості, білкові комплекси, емульговані гелі та нанотехнології відкриває нові перспективи для виробництва якісної та здорової їжі. Впровадження таких рішень також позитивно впливає на агропродовольчий сектор та сприяє виробництву екологічно чистої сировини. Однак необхідні додаткові дослідження для вдосконалення технологій, оцінки їх довгострокового впливу на здоров'я та розширення можливостей їх використання в масовому виробництві. Таким чином, інноваційні замітники жиру можуть стати ключовим елементом у формуванні здорового харчування майбутнього, сприяючи як покращенню якості життя споживачів, так і розвитку сталої харчової промисловості.

Висновки. Інноваційні жирозамінники відіграють ключову роль у розробці здорового харчування та зниженні ризику серцево-судинних захворювань та ожиріння. Впровадження нових технологій і розширення асортименту заміників жирів сприятиме розвитку харчової промисловості і забезпечить споживачів більш корисною і якісною продукцією. Використання новітніх біотехнологій, нанотехнологій і пребіотичних компонентів зробить продукцію не тільки корисною, але і функціонально корисною для організму. Крім того, розробка таких нововведень дозволить скоротити споживання насичених жирів і трансжирів, які є одним з основних факторів ризику розвитку численних хронічних захворювань. Використання пребіотичних заміників жирів, таких як інουλін, допомагає покращити травлення, підтримувати здорову кишкову флору та зміцнити імунну систему. Інтеграція таких продуктів у повсякденний раціон може значно зменшити навантаження на систему охорони здоров'я та сприяє профілактиці захворювань, спричинених неправильним харчуванням. У довгостроковій перспективі це також допоможе знизити витрати на лікування і покращити загальний стан здоров'я населення.

Список використаної літератури

1. World Health Organization. Obesity and Overweight. 2021. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата звернення: 18.03.2025).

2. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Функціональні зміни в організмі людини в екстремальних умовах та їх біокорегування компонентами харчових продуктів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. №5. С. 94-102.

3. Технології харчування: як новітні розробки та інновації в їжі змінюють наш раціон. URL: <https://newfood.ua/2024/07/15/tekhnolohii-kharchuvannia-iak-novitni-rozrobky-ta-innovatsii-v-izhi-zminiuiut-nash-ratsion/> (дата звернення: 18.03.2025).

4. Market Research Future. Fat Replacers Market Research Report. 2022. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/fat-replacers-market-1742> (дата звернення: 18.03.2025).

5. Гопанчук, Л. Інноваційні технології здорового харчування. *Grail of Science*. 2024. № (36). С. 178–181.

Марина ПОПІВНЮК¹⁵,
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ФОРМУВАННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАРГАРИНІВ НА ОСНОВІ КУПАЖОВАНИХ ЖИРІВ

***Анотація.** Жорсткі вимоги користувачів до харчових продуктів та напоїв заохочують науковців та виробників створювати сучасні напрямки в промисловості – розробки нових видів комбінованих харчових продуктів з пониженим вмістом жиру, цукру і підвищеною харчовою та біологічною цінністю. В даний час основна увага в промисловій галузі приділяється виведенню нових технологій переробки вершкового масла, цукру, покращення їх харчової і біологічної цінності. Розвиток підприємств по виробництву маргаринових виробів, відбувається в загальному за рахунок розширення асортименту маргарину покращилася його якість. Удосконалення та розвиток технологічного напрямку, розробка нового обладнання та розробка сучасних систем керування цим обладнанням в першу чергу направлено на покращення якості і кількості готової продукції.*

***Ключові слова:** товарознавство, харчові жири, якість страв, властивості жирів, здорове харчування.*

***Annotation.** Strict consumer demands for food and beverages encourage scientists and manufacturers to develop modern trends in the industry—particularly, the creation of new types of combined food products with reduced fat and sugar content, while enhancing their nutritional and biological value. Currently, the primary focus in the food industry is on the development of new technologies for processing butter and sugar, as well as improving their nutritional and biological value. The*

¹⁵ Науковий керівник – Людмила КОЛЯНОВСЬКА, к.т.н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

growth of margarine production enterprises is primarily driven by the expansion of the product range and improvements in product quality. The enhancement and advancement of technology, the development of new equipment, and the implementation of modern control systems for this equipment are primarily aimed at improving the quality and quantity of finished products.

Key words: *commodity science, edible fats, dish quality, fat properties, healthy nutrition.*

Вступ. Маргарин – харчовий жир, високодисперсна жироводяна система, що містить харчову олію, молоко, сіль, цукор, емульгатори та інші інгредієнти. Основою маргарину є: гідрогенізована рослинна олія та/або рідкий риб'ячий та тваринний жир (саломас). З точки зору користувача, маргарин можна розглядати як заміник вершкового масла [1].

Маргарин – це жирова емульсія, що виготовляється з рослинних олій (або рослинних олій і тваринних жирів) з водою, емульгаторами, ароматизаторами та інші добавки. Він широко використовується у виробництві кулінарії (промислової і побутової) кондитерських та хлібобулочних виробів. Існує безліч страв, приготованих за допомогою маргарину. У багатьох країнах це найбільш активно продаваний продукт з усіх дієтичних жирів. Основною причиною цього є закономірним явищем в умовах кризи [2].

Користувачі маргарину часто використовують його як заміник вершкового масла, також рекламується вершкове масло (наприклад, «легке масло»). Але варто розрізняти ці два продукти, тому що перший продукт повністю не замінить другий. У багатьох країнах це також враховується на законодавчому рівні, і слово "масло" заборонено застосовувати до маргарину, особливо для позначення його в пакувальних матеріалах.

Маргарин та масло мають схожий хімічний склад, консистенцію, смакові та ароматичні характеристики, але загалом відрізняються за структурою. Маргарин включає золу, холін, вітамін Е, В₂, А, РР, а також макро- і мікроелементи (фосфор, натрій, калій, магній, кальцій). При цьому всі корисні компоненти штучно вводяться в продукт.

Сучасні маргарини можуть бути виготовлені з різних видів рослинних жирів, як рафінованих, так і додатково гідратованих, а також можуть бути введені з тваринами жирами.

Виклад основного матеріалу. До маргаринової продукції належать власне маргарини та кондитерські, кулінарні і хлібопекарські жири.

Маргарин – це високоякісний харчовий жир, який представляє собою водно-жирову емульсію, схожу з вершковим маслом, смаком, кольором, ароматом, текстурою, структурою і харчовою цінністю. На відміну від маргаринів, кулінарні, кондитерські і хлібопекарські вироби не мають у своєму складі води. Жири цієї групи являють собою безводну суміш (без водно-молочної фази) суміш саломасу з рафінованими оліями, тваринними топленими, переетерифікованими жирами. Залежно від призначення ці жири можуть містити фосфатидний концентрат, барвники, ароматизатори, антиоксиданти, вітаміни.

Перевагою маргарину є необмежена можливість експериментувати з жировою рецептурою, створюючи фізіологічно оптимальне співвідношення жирних кислот і нормативних фізико-хімічних показників, так і доповнювати її різними смаковими і біологічно активними добавками, одержуючи асортимент продуктів із заданими властивостями.

За консистенцією розрізняють такі види маргаринів [3]:

- твердий;
- м'який;
- рідкий.

Твердий маргарин зберігає свою консистенцію за температури 18°C та нижче.

М'яким вважається маргарин з пластичною консистенцією, упаковка якого здійснюється шляхом розливу в споживчу тару (пластикові коробки, пластикові ящики) після його охолодження і кристалізації. Рідкий маргарин має консистенцію і зберігає властивості однорідної емульсії при значеннях температури плавлення маргарину.

За вмістом жирів маргарини поділяють на низькокалорійні (жирність 55–72%) та висококалорійні (жирність 73–82%).

Залежно від призначення маргарини поділяють на такі групи:

- бутербродні брускові;
- бутербродні м'які;
- столові;
- для промислової переробки та громадського харчування.

Бутербродні брускові маргарини для сендвічів виготовляються з саломасів, переетерифікованих жирів, масла, збагачені вітаміном А, вони належать до калорійних. Вони призначені для приготування домашніх бутербродів і мережі громадського харчування, для приготування солодких кремів, кондитерських виробів.

Бутербродні м'які маргарини (наливні) виготовляють з сировини, аналогічної брусковим, але вносять до рецептури більше рідких жирів. За вмістом жирів їх виготовляють високо- та низькокалорійними.

Столові маргарини відрізняються високою і низькою калорійністю з саломасів, олії та універсальної жирової суміші. Деякі види додають вершкове масло («Вершковий», «Новий»), молоко («Сонячне»). Столові маргарини не ароматизують і не зміцнюють вітамінами. За якістю вони діляться на вищий і перший класи. Його основним завданням є кулінарне, кондитерське та хлібобулочне виробництво продуктів промислових підприємств.

Маргарини для промислової переробки в торговельну мережу не надходять. Вони поділяються на маргарини для виробництва хлібобулочних виробів і маргарини для промислово кондитерських виробів з борошна. Використовують вітчизняне виробництво «Рідкий для хлібопекарської промисловості» і «Рідкий молочний для кондитерської промисловості».

Для кондитерського застосування використовуються рецептури столового маргарину з використанням легкоплавкого купажованого свинячого жиру, а для

кулінарного маргарину з купажем більш твердого яловичого жиру. Введення 35–40% рослинної олії до рецептури маргарину робить його консистенцію більш рідкою, тому для надання більшої пластичності додати кокосову олію – легкоплавку, але з доброю пружно-пластичною структурою (рис. 1,2).

Органолептичні показники якості маргарину [8]:

– Колір – від світло-жовтого до жовтого, однорідний; для шоколадного – від коричневого до темно-коричневого. Для маргаринів першого сорту допустима невелика неоднорідність забарвлення.

– Консистенція – щільна, рідка, пластична при температурі 18°C; у шоколадного маргарину допустима щільна або злегка мазка консистенція.

– Поверхня зрізу – блискуча, суха на вигляд; для першого сорту допустима матова поверхня.

– Смак і запах – чисті, властиві конкретному виду; без сторонніх присмаків і запахів.

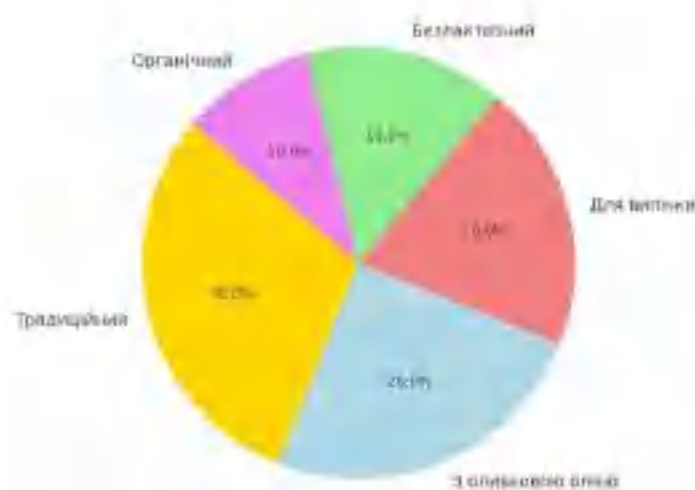


Рис.1. Обсяг виробництва різних видів маргарину [4].

Фізико-хімічні показники якості маргарину [7]:

В маргаринах нормують масову частку жиру (55–82%), кухонної солі (0,2–0,7%), вологи та летких речовин (17–40%), кислотність (1,5–2,5°K), температуру плавлення (27–35°C).

При виробництві обмежують кількість консервантів (0,1% бензойної кислоти), (аскорбінова кислота до 0,06%), важкі метали і контроль мікробіологічних показників (коліформи БГХКП, сальмонели, дріжджі, гриби, плісняви).

Кулінарні жири, порівняно з маргарином, мають менше вологи (до 0,3%), більше жирів (не менше 99,7%), менше біологічно-активних речовин (вітамінів, ненасичених жирних кислот).

Температура плавлення кулінарних жирів перебуває у межах 26–36°C, засвоюваність – 96,5%.

Недоліки маргаринових виробів: характерний і незвичайний аромат та жирні, прогірклі, рибні, металеві присмаки і запахи. Виділення на поверхні води;

сирна, консистенція борошна. Крім цього цвіль, механічне забруднення продукту і споживчої тари.

Недоліки маргаринів обумовлені порушенням їх технології виробництва. Так, використовуючи некіисле молоко, отримують маргарини з легким «порожнім» смаком і невиразним ароматом. Салистий аромат маргарину надає неякісний, не дезодорований або запліснявілий жир. Ароматизатор стеарин виготовляється з сала, яке містить тригліцериди у твердій формі, що перевищує 30 % від жирнокислотного складу (з високою температурою плавлення). Дефектна м'яка, тверда або крихка консистенція маргаринів пояснюється порушенням робочого методу суперохолодження або кристалізатор. Краплі води в розрізі маргарину вказують на недостатній або недостатній вміст емульгатора.

Про дефекти кольору (плями, смугастість, мармуровість) свідчить нерівномірне охолодження емульсії.

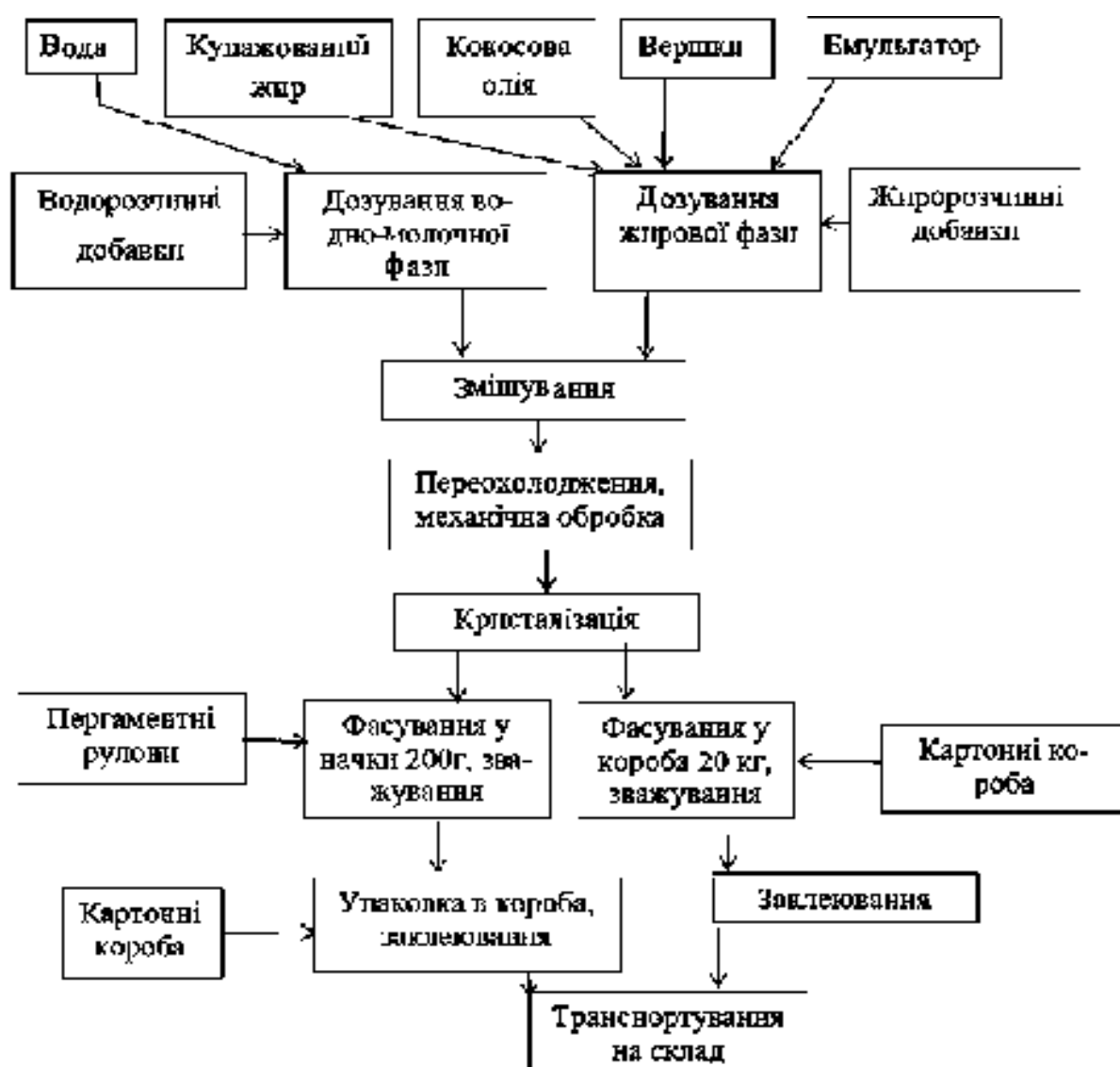


Рис.2. Технологічна схема приготування маргарину [3]

Харчова цінність маргарину: на відміну від тваринних топлених жирів, які мають жирнокислотний склад і містять біологічно активні речовини з природним

спектром походження, можливе моделювання цих інгредієнтів в маргарині залежить від рекомендацій лікарів, дієтологів. Маргарин збалансований за жирнокислотним складом, збагачений біологічно активними речовинами, вітамінами А, Е, К, β -каротин, фосфоліпідами.

Основним інгредієнтом маргарину є саломас. Він отримується шляхом гідрогенізації олії або шляхом трансетанізації суміші жирів і олії. Крім саломасу до рецептури маргарину входять [5, 6]:

- рідкі рослинні олії (соняшникова, кукурудзяна, соєва);
- тваринні жири (яловичий, свинячий, вершкове масло);
- молочні продукти (у відновленому або сквашеному вигляді);
- сіль, цукор, лимонна кислота;
- ванілін та какао-порошок (для шоколадного маргарину);
- барвники, емульгатори, ароматизатори.

Таблиця 1. Показники харчової та біологічної цінності розробленої маргаринової продукції

Показник	Еталон (за Codex Alimentarius)	Контроль		Розроблена маргаринова продукція		
		Маргарин столовий молочний	Жир кондитерський твердий	Варіант 1 Столовий	Варіант 2 Кондитерський	Варіант 3 Кулінарний
Енергетична цінність, ккал/100г	750	743	897	737	737	897
Вміст вітаміну Е, мг%	10мг/добу	23,0	22,0	28	33	21
Вміст фосфоліпідів,г	до 5 г/добу	0	0	0,055	0,01	0,065
Вміст В-ситостеролу,мг%	до 300 мг/добу	0,04	0,10	129	50	72
Вміст стігмастеролу,мг	-	-	-	17	7	8
Вміст 7-дегідрохолестеролу, мн%	0	0	0	0	0	0
Вміст В-каротину,мкг%	1000мкг/добу	Сл.	Сл.	27,4	0	43,52
Відношення НЖЖ:МЖЖ:ПЖЖ	30:50:20	22:55:23	83:12:5	36:43:21	46:36:18	40:42:18
Відношення ПЖЖ:НЖЖ	>0,2	1,05	0,06	0,58	0,40	0,45
Відношення С182:С181	>0,25	0,53	0,41	0,42	0,48	0,35
Відношення ω -6: ω -3 ПЖЖ	3:1-10:1	-	-	5:1	10:1	4:1
Вміст трансізомерів ЖК, % жирнокислотного складу	до 8	38,92	0	0,56	0,75	2,26

Висновки. Вибір жирів у раціоні має прямий вплив на здоров'я споживачів в контексті ресторанного харчування. Різні види жирів мають різний вплив на розвиток серцево-судинних захворювань і загальний стан здоров'я людини. Оптимальний підбір корисних жирів в раціоні може позитивно вплинути на здоров'я споживачів і сприяти все більш оптимальному харчуванню. Інноваційні підходи до заміщення традиційних харчових жирів виявляються перспективними для поліпшення харчової продуктивності та здоров'я споживачів. Впровадження нових технологій та інгредієнтів дозволяє створити здорові альтернативи традиційним жирам у стравах, що сприяє задоволенню споживачів та підвищує їх інтерес до здорового харчування.

Список використаної літератури.

1. Codex Alimentarius. Standard for fat spreads and blended spreads. CODEX STAN 256-2007. Rome: FAO/WHO, 2007. 10 p.
2. Гончаренко В. В., Дерев'янка Н. В., Смирнова І. О. Вплив трансжирних кислот на стан здоров'я людини та методи їх визначення. *Харчова наука і технологія*. 2019. Т. 13, № 2. С. 22–29.
3. Пивоваров П. А., Козловський А. П. Технології виробництва маргаринової продукції. Київ: Видавництво «Харчова промисловість», 2018. 216 с.
4. Коваленко Л. Г., Романенко В. С. Аналіз асортименту та якості маргаринів на українському ринку. *Проблеми стандартизації*. 2021. № 3. С. 55–62.
5. Воронцова В. Г., Мельник О. М., Чорнуха Л. П. Використання модифікованих жирів у виробництві маргаринової продукції. *Харчова промисловість*. 2020. № 4. С. 14–21.
6. ДСТУ 4465:2005. Маргарини. Загальні технічні умови. [Чинний 2016-11-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 18 с.
7. Смірнов І. А. Вплив жирнокислотного складу маргарину на його якість та харчову цінність. *Жирові технології*. 2018. № 1. С. 30–38.
8. Білоус Л. В., Черняк Л. С. Органолептичні характеристики маргаринів різних видів та їх оцінка споживачами. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 5. С. 82–89.
9. Петрова С. Г., Сидоренко Т. О. Використання натуральних антиоксидантів у виробництві маргарину. *Харчова безпека*. 2022. Т. 8, № 2С. 97–105.

Аліна СОЛТАНОВСЬКА¹⁶,
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ М'ЯКОТІ ГАРБУЗА ЯК НАПОВНЮВАЧА ДЛЯ ЙОГУРТУ

Анотація. У статті досліджено використання м'якоті гарбуза як наповнювача для йогурту з метою підвищення його харчової та біологічної цінності. Проаналізовано амінокислотний, жирнокислотний, вуглеводний та вітамінний склад гарбуза, що дозволяє обґрунтувати його доцільність як функціонального інгредієнта. Встановлено, що білковий склад гарбуза та молока є взаємодоповнюючим, що покращує засвоюваність і поживну цінність кінцевого продукту. Дослідження підтвердило можливість використання м'якоті гарбуза у технології виробництва йогурту як корисного і натурального наповнювача.

Ключові слова: м'якоть гарбуза, йогурт, амінокислотний склад, вітаміни, жирні кислоти, функціональні продукти, харчова цінність.

Annotation. The article investigates the use of pumpkin pulp as a filler for yogurt in order to increase its nutritional and biological value. The amino acid, fatty acid, carbohydrate, and vitamin composition of pumpkin was analyzed, which allows to substantiate its feasibility as a functional ingredient. It was found that the protein composition of pumpkin and milk is complementary, which improves the digestibility and nutritional value of the final product. The study confirmed the possibility of using pumpkin pulp in yogurt production technology as a healthy and natural filler.

Key words: pumpkin pulp, yogurt, amino acid composition, vitamins, fatty acids, functional products, nutritional value.

Вступ. Йогурт - ферментований продукт, приготовлений сквашуванням молока з корисними бактеріями. Він має приємний вершковий смак і швидко втамовує голод, але це не всі його переваги. Користь варіюється від поліпшення травлення до зміцнення кісток і залежить від складу та кількості пробіотиків [1].

В даний час кисломолочні продукти розглядаються як основа здорового харчування людини, сприяючи збереженню здоров'я, попередження ряду захворювань і збільшенню тривалості життя. Головне завдання кисломолочних продуктів в тому, що це «живі продукти». Вони містять молочнокислі бактерії, які пригнічують ріст і розвиток хвороботворних і гнильних мікроорганізмів. Поряд зі сприятливим впливом на нормальну мікрофлору кишківника,

¹⁶ Науковий керівник - Євген Волинець, асистент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

кисломолочні продукти виконують функції забезпечення організму необхідними поживними речовинами і корисними біологічно активними продуктами [2].

Одним із напрямів підвищення харчової цінності йогуртів є застосування корисних наповнювачів, які відрізняються своїми біологічними цінностями. Для цих цілей можуть бути використані різні плодово-овочеві наповнювачі, особливістю яких є наявність у складі, поряд з цінними харчовими речовинами, значної кількості клітковини. Враховуючи раніше викладене, використання йогурту із використанням плодово-овочевих наповнювачів є актуальним.

Виклад основного матеріалу. Молочний ринок України останні декілька років має тенденцію до реструктуризації, а саме укрупнення. На сьогоднішній день завдяки високій культурі виробництва, переобладнанню молокозаводів без використання консервантів, виробник може забезпечити термін реалізації молокопродуктів у 10-30 діб.

Частка витрат на цільне молоко і йогурти серед використання напоїв у домашньому господарстві в Україні 3-4%. Використання молочних продуктів зростає з кожним роком, що заохочується також спадом цін на сировину.

Молоко, що надходить на молокозаводи переробляється на вершкове масло 63%, цільне молоко 4%, морозиво 3%, тверді або плавлені сири-19%. Споживає Україна молока приблизно 2 млрд. л за рік, або більш ніж 40 л на душу населення [1-3].

Найбільш активні розробки ведуться в напрямку інтенсифікації та удосконалення технологічних процесів виробництва молочних продуктів, а також збільшення харчової та біологічної цінності молочних продуктів, їх стійкість при зберіганні, створення нових видів продуктів, зокрема, для дієтичного та дитячого харчування, замінників цільного молока для потреб тваринництва, більш повного та ефективного використання вторинної сировини (знежиреного молока, сироватки).

Біологічна цінність йогуртів доповнюється тим, що вони сприяють створенню кислого середовища в кишковому тракті. Казеїн, що міститься в молоці, утворює з важкими металами нерозчинні солі, що виводяться з організму, тому молоко є протиотрутою. Молочні продукти широко використовуються як лікувальний засіб при інтоксикації організму отруйними продуктами життєдіяльності гнильної мікрофлори. Отже, йогурти являються незамінними компонентами у харчуванні людини [2, 3].

Дієтична цінність йогурту визначається його хімічним складом, який характеризується збалансованим співвідношенням поживних основних речовин: білку, жиру, вуглеводів, мінеральних речовин. Особливістю амінокислотного складу йогуртів є накопичення тих амінокислот, які помірно або зовсім не використовуються у метаболізмі мікроорганізмів заквашувальної мікробіоти. Актуальним завданням є вивчення впливу мікроорганізмів різних таксономічних груп на амінокислотний склад ферментованих продуктів. Саме це може допомогти споживачу оцінити харчову цінність молочного продукту.

Дієтичні властивості йогуртів полягають, насамперед, в тому, що вони покращують обмін речовин, стимулюють виділення шлункового соку і

збуджують апетит. Наявність у їх складі мікроорганізмів, здатних призвичаїтися у кишечнику і пригнічувати патогенну мікробіоту, призводить до гальмування гнильних процесів і припинення утворення отруйних продуктів розпаду білку, що потрапляють в кров людини. Вміст у молоці вільних амінокислот та розчинних низькомолекулярних пептидів доволі низький і здатний забезпечити потреби лактобактерій лише на 8-16%. Але молоко містить 3-3,5% казеїну, що компенсує нестачу необхідних азотовмісних сполук після його гідролізу протеазами та пептидазами молочнокислих бактерій. Молочні продукти є джерелом білку, який є легкозасвоюваним в порівнянні з молоком [4].

Якщо оцінювати амінокислотний склад білків м'якоті гарбуза, то він також містить ряд важливих амінокислот. М'якоть гарбуза відома своїм низьким вмістом білка, але в ньому є незамінні та замінні амінокислоти, які корисні для здоров'я [3-5].

Ось основні амінокислоти, що містяться в м'якоті гарбуза:

- глутамінова кислота – сприяє здоров'ю нервової системи;
- аспарагінова кислота – важлива для енергетичного обміну;
- аланін – бере участь у метаболізмі глюкози;
- гліцин – сприяє синтезу білків та покращує стан шкіри;
- серин – підтримує здоров'я нервової системи та метаболізм жирів;
- тирозин – бере участь у виробленні гормонів щитоподібної залози;
- валін, лейцин та ізолейцин – підтримують м'язову тканину та допомагають у процесі регенерації;

Хоч білок гарбуза не є основним джерелом амінокислот порівняно з іншими продуктами, такими як бобові чи м'ясо, він залишається важливою складовою здорового харчування, особливо завдяки високому вмісту клітковини та інших корисних речовин. В особливих умовах з м'якоті гарбуза можна виділити білкову масу, що нагадує за еластичністю і розтяжністю клейковину [4], що наведено у таблиці 1, 2.

Таблиця 1. Рекомендований склад і добова потреба людини в незамінних амінокислотах (мг/г білка).

Незамінні амінокислоти	ФАО/ВООЗ				ФАО/ВООЗ
	Діти 2 до 5 років	Діти 10 до 12 років	Підлітки	Дорослі	Еталонний білок
	мг/кг маси тіла				мг/г білку
Ізолейцин	28	28	13	10	40
Лейцин	66	44	19	14	70
Лізин	58	44	16	12	55
Метіонін + цистин	25	22	17	13	35
Фенілаланін + тирозин	63	22	19	14	60
Треонін	34	28	9	7	40
Валін	35	25	13	10	50

Добре доповнюють один одного за амінокислотним складом білки гарбуза і молока, гречки і молока, корисне поєднання бобових з крупами і овочами. Отже, внесення м'якоти гарбуза в рецептуру йогурту призведе до збагачення його амінокислотами [3-6].

У харчовому раціоні необхідно комбінувати білки різного походження так, щоб вони доповнювали один одного за амінокислотним складом. Так, на частку тваринного білка повинно припадати 55%, а на частку рослинного – 45% [2, 7].

Наведені результати підтверджують доцільність використання для задоволення амінокислової потреби організму комбінації харчових продуктів за принципом взаємного доповнення амінокислот, що лімітують їх біологічну цінність.

Йогурт містить дуже велику кількість жирних кислот. Чим вища масова частка жирності йогурту, тим більший відсоток у ньому насичених жирів.

У таблиці 2 наведено кількість жирних кислот, що містяться у йогурті. Порівняно з насінням гарбуза у м'якоті міститься менше жирних кислот: лінолевої, олеїнової, пальмітинової. Лінолева кислота важлива для підтримки здоров'я шкіри, імунної системи та загального обміну речовин. Олеїнова кислота (омега-9) допомагає знижувати рівень «поганого» холестерину і підтримує серцево-судинне здоров'я. Пальмітинова кислота є природною складовою клітинних мембран і бере участь у метаболізмі.

Таблиця 2. Вміст амінокислот у йогурті з гарбузовим наповнювачем, розрахунок на 100 грам продукту.

Назва амінокислоти	Кількість амінокислот у йогурті на 100 г продукту
Аланін, г	0,148
Аргінін, г	0,104
Аспаргінова кислота, г	0,275
Валін, г	0,287
Гістидин, г	0,086
Гліцин, г	0,084
Глютамінова кислота, г	0,679
Ізолейцин, г	0,189
Лейцин, г	0,35
Лізін, г	0,311
Метіонін, г	0,102
Пролін, г	0,411
Серін, г	0,215
Тирозин, г	0,175
Треонин, г	0,142
Триптофан, г	0,02
Фенілаланін, г	0,189
Цистин, г	0,032

Отже, м'якоть гарбуза містить деяку кількість жирних кислот, що позитивним чином впливатимуть на організм вцілому.

Таблиця 3. Вміст жирних кислот у йогурті з гарбузовим наповнювачем, розрахунок на 100 грам продукту

Назва жирних кислот	Кількість жирних кислот у йогурті на 100 г продукту
Альфа-ліноленова кислота (18:3), г	0,027
Арахідонова кислота (20:4), г	0
Гамма-ліноленова (18:3), г	н/д
Докозагексаєнова кислота (22:6), г	0
Докозапентаєнова кислота (22:5), г	0
Ліноленова кислота (18:2), г	0,065
Масляна кислота (4:0), г	0,096
Мононенасичені жирні кислоти, г	0,893
Олеїнова кислота (18:1), г	0,743
Пальмітолеїнова кислота (16:1), г	0,071
Поліненасичені жирні кислоти, г	0,092
Транс-жири, г	н/д
Холестерин, мг	13

Ліпідний склад гарбуза досить скромний, оскільки м'якоть гарбуза має низький вміст жиру. Основна частина ліпідів знаходиться в насінні гарбуза, яке є багатим джерелом жирів. Однак у м'якоті гарбуза також присутні деякі ліпіди, хоч і в незначній кількості [5-8].

Основні ліпіди м'якоті гарбуза:

Тригліцериди – основні жири, що складаються з жирних кислот (наприклад, ліолева, олеїнова та пальмітинова кислоти), які присутні в невеликій кількості в м'якоті.

Фосфоліпіди – важливі для структури клітинних мембран, забезпечують клітинну стабільність і функціонування.

Стероли – зокрема фітостероли, які допомагають знижувати рівень холестерину в крові.

Гарбуз є ідеальним продуктом для дієтичного харчування завдяки своїм корисним властивостям і низькому вмісту калорій. Він допомагає знизити вагу і забезпечує організм важливими поживними речовинами.

Основних причин, чому гарбуз корисний для дієтичного харчування є декілька [1, 6]:

- низький вміст калорій - у 100 грамах м'якоті гарбуза міститься лише близько 26 калорій, що робить його чудовим варіантом для людей, які прагнуть зменшити вагу;
- високий вміст клітковини - гарбуз багатий на харчові волокна, які сприяють кращому травленню, підтримують здоров'я кишечника і довше зберігають відчуття ситості;
- великий вміст води - гарбуз на 90% складається з води, що допомагає підтримувати водний баланс в організмі і сприяє детоксикації;
- багатство вітамінів і мінералів - гарбуз містить вітаміни А, С, Е, групи В, а також мінерали, як-от калій, магній і залізо, що підтримують загальне

здоров'я під час дієти;

- антиоксиданти - бета-каротин у гарбузі є потужним антиоксидантом, який підтримує здоров'я шкіри, імунітет і бореться зі старінням;
- знижений рівень цукру - гарбуз допомагає регулювати рівень цукру в крові, що корисно для людей з діабетом або тих, хто прагне уникнути різких змін рівня глюкози.

З метою наукового обґрунтування рецептур йогурту з використанням м'якоті гарбуза та встановлення їх харчової цінності нами було визначено вміст вуглеводів та органічних кислот в йогурті та м'якоті гарбуза. Результати дослідження представлені у таблиці 4.

Таблиця 4. Вміст вуглеводів та органічних кислот в йогурті та м'якоті гарбуза
г/100 г продукту.

Показники	Йогурт	Гарбуз
Вуглеводи	4-6	6-7
Органічні кислоти	0,9-1,2	0,1-0,2

Основну частину м'якоті гарбуза становить вода, яка займає приблизно 90-92% від загальної маси. Це робить гарбуз низькокалорійним продуктом і відмінним джерелом гідратації.

Крім води, у складі м'якоті гарбуза також є вуглеводи (6-7%) - це переважно природні цукри та харчові волокна (клітковина); білки (приблизно 1-1,5%) у невеликих кількостях; жири майже відсутні (приблизно 0,1%); мінерали такі як калій, магній, кальцій та інші; вітаміни, особливо вітамін А (у вигляді бета-каротину), вітамін С, а також вітаміни групи В.

Завдяки такому складу, гарбуз є дуже корисним продуктом, який підходить для дієтичного харчування [8-10].

Гарбуз містить природні цукри, але їх кількість є помірною. У м'якоті гарбуза присутні моносахариди та дисахариди, зокрема глюкоза, як основний тип простого цукру, який легко засвоюється організмом; фруктоза як природний цукор, який зустрічається в багатьох фруктах і овочах; сахароза у менших кількостях.

Кількість цукрів у м'якоті гарбуза становить близько 2-3 г на 100 г продукту, що робить його відносно низькосахарним продуктом. Це особливо корисно для людей, які стежать за рівнем цукру в крові або дотримуються дієти з низьким вмістом цукрів.

Сахароза є цукром, що не відновлює, і не бере участі в реакціях ароматоутворення, але впливає на смак готового продукту. На відміну від гарбуза в йогурті присутні органічні кислоти, які, як відомо, значно впливають на активність бродильної мікрофлори [2, 4-8].

Відомо, що істотна кількість від загальної суми органічних кислот у кисломолочних продуктах припадає на молочну кислоту [10].

Вітамінна цінність досліджуваних об'єктів характеризується даними, представленими в таблиці 5.

Встановлено, що в йогурті присутні вітаміни - тіамін, рибофлавін, ніацин,

ретинол і аскорбінова кислота. У найбільшій кількості в ньому міститься вітамін А та Холін.

Таблиця 5. Вміст вітамінів в йогурті з гарбузовим наповнювачем на 100 г продукту.

Показники	Кількість вітамінів у йогурті на 100 г продукту
Вітамін А, мкг RAE	27
Вітамін С, мг	0,5
Вітамін D (вітамін D2 + вітамін D3), мкг	0,1
Вітамін Е (токоферол), мг	0,06
Вітамін К, мкг	0,2
Вітамін В1 (тіамін), мг	0,029
Вітамін В2 (рибофлавін), мг	0,142
Вітамін В3 (ніацин), мг	0,075
Вітамін В5 (пантотенова кислота), мг	0,389
Вітамін В6 (піридоксин), мг	0,032
Вітамін В9 (фолієва кислота), мкг	7
Вітамін В12, мкг	0,37
Холін, мг	15,2
Біотин, мкг	н/д

Гарбуз є надзвичайно корисним продуктом, багатим на різноманітні вітаміни та мінерали. Вживання гарбуза може позитивно вплинути на загальний стан здоров'я, завдяки високому вмісту наступних вітамінів: Вітамін А, Вітамін С, Вітаміни групи В (В1, В2, В6), Вітамін Е, Вітамін А (бета-каротин) є головним антиоксидантом, який важливий для здоров'я шкіри, зору і підтримки імунної системи. Гарбуз містить велику кількість бета-каротину, що в організмі перетворюється на вітамін А. Вітамін С підтримує імунну систему, сприяє загоєнню ран і покращує засвоєння заліза з інших продуктів. Вітаміни групи В відіграють важливу роль в обміні речовин, допомагають підтримувати нервову систему і енергію організму. Вітамін Е є потужним антиоксидантом, який захищає клітини від пошкодження вільними радикалами і підтримує здоров'я шкіри [1-3, 9, 10].

Отже, додавання м'якоті гарбуза до йогурту є перспективним напрямком, що дозволяє створити функціональний харчовий продукт із покращеними споживчими властивостями. Для подальших досліджень доцільно оцінити вплив гарбуза на органолептичні характеристики йогурту та визначити оптимальні пропорції для збалансованого смаку та текстури.

Отже, додавання м'якоті гарбуза до йогурту є перспективним напрямком, що дозволяє створити функціональний харчовий продукт із покращеними споживчими властивостями. Для подальших досліджень доцільно оцінити вплив гарбуза на органолептичні характеристики йогурту та визначити оптимальні пропорції для збалансованого смаку та текстури.

Висновки. Проведене дослідження підтверджує доцільність використання м'якоті гарбуза як наповнювача для йогурту, оскільки вона містить корисні амінокислоти, вітаміни та мікроелементи, що підвищують харчову цінність

продукту. Аналіз амінокислотного складу показав, що білки гарбуза та молока добре доповнюють один одного, що сприяє покращенню біологічної цінності йогурту.

Дослідження жирнокислотного складу підтвердило, що хоча м'якоть гарбуза містить менше ліпідів, вона збагачена важливими ненасиченими жирними кислотами, що позитивно впливають на метаболізм людини. Крім того, гарбуз є джерелом клітковини, що покращує травлення та сприяє стабільному рівню глюкози в крові.

Результати аналізу вуглеводного складу свідчать про помірний вміст природних цукрів у гарбузі, що дозволяє використовувати його у рецептурі йогурту без суттєвого збільшення калорійності. Також встановлено, що м'якоть гарбуза містить значну кількість антиоксидантів (бета-каротину, вітаміну С, токоферолів), які можуть покращити загальний стан здоров'я споживачів.

Список використаної літератури

1. Ціхановська В.М. Стан та перспективи розвитку ринку молока та молочних продуктів України. *Економіка, управління, інновації*. 2016. № 1. С. 42–55.
2. Соломон А.М. Сучасний стан та перспективи розвитку молочного ринку України. *Продовольчі ресурси*. 2021. № 17. с. 145–146.
3. Власенко В.В., Головка М.П., Семко Т.В., Головка Т.М., Технологія молока та молочних продуктів: навчальний посібник. Харків. ХДУХТ. 2018. 106 с.
4. Bal-Prylypko L.V. et al. Amino acid composition of dairy products fermented by microorganisms of different taxonomic groups. *Tehnika ta energetika*. 2020. Vol. 1, no. 2. P. 179–186.
5. ДСТУ 3190-95 Гарбузи продовольчі свіжі. Технічні умови [01.01.1997] Київ: Держспоживстандарт України, 1995. Національний стандарт України.
6. ДСТУ ISO 11869:2007 Йогурт. Визначення титрованої кислотності потенціометричним методом (ISO 11869:1997, IDT) [Чинний від 01.01.2000] Вид. офіц. Київ, 2000. 8 с.
7. ДСТУ ISO 9232/ IDF 146:2012 Йогурт. Ідентифікація характерних мікроорганізмів (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus*) (ISO 9232:2003 (IDF 146:2003) [Чинний від 01.05.2013] Вид. офіц. Київ, 2012. 19 с.
8. ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови» [Чинний від 01.10.2005] Київ, 2005.
9. Samilyk M., Helikh A., Ryzhkova T., Bolgova N., & Nazarenko Y. Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. 2 (104), P. 46–51.
10. Сподар К.В., Карпенко З.П. Аналіз існуючих способів отримання молочних та кисломолочних продуктів функціонального харчування. Харків: ХДУХТ. 303 с.

Вікторія БАБІЙ¹⁷,
студентка 3 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Анотація: У статті розглянуто використання ферментації у виробництві м'ясних продуктів як ефективного способу покращення їхніх органолептичних властивостей, безпечності та терміну зберігання. Проаналізовано основні види мікроорганізмів, які застосовуються у ферментованих м'ясних продуктах, їхню роль у формуванні текстури, смаку та аромату. Описано технологічні особливості процесу, зокрема контроль рівня рН, температури та вологості, що забезпечує стабільність та якість кінцевого продукту. Також висвітлено перспективи впровадження інноваційних методів ферментації для підвищення харчової цінності та безпечності м'ясних виробів.

Ключові слова: ферментація, м'ясні продукти, мікроорганізми, рівень рН, контроль якості, харчова промисловість, молочнокисле бродіння.

Annotation: The article discusses the use of fermentation in the production of meat products as an effective way to improve their organoleptic properties, safety and shelf life. The main types of microorganisms used in fermented meat products and their role in shaping the texture, taste and aroma are analyzed. The technological features of the process are described, including control of pH, temperature and humidity, which ensures the stability and quality of the final product. Prospects for the introduction of innovative fermentation methods to improve the nutritional value and safety of meat products are also highlighted.

Key words: fermentation, meat products, microorganisms, pH level, quality control, food industry, lactic acid fermentation.

Вступ. Ферментація є одним із найдавніших і водночас найперспективніших методів обробки харчових продуктів, що широко застосовується у м'ясній промисловості. Завдяки використанню корисних мікроорганізмів цей процес забезпечує не лише збереження продуктів, а й значне покращення їхньої органолептики, підвищення безпечності та розширення асортименту м'ясних виробів.

У теперішньому виробництві м'ясних продуктів, які ферментуються, таких як салямі, хамон, пепероні та різні види ковбас, використовуються спеціально відібрані культури молочнокислих бактерій і мікроорганізмів. Вони сприяють

¹⁷ Науковий керівник – Надія НОВГОРОДСЬКА, к. с-г. н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

природному зниженню рівня рН, що пригнічує розвиток патогенних мікроорганізмів і водночас надає продуктам унікальний смак та аромат.

З огляду на зростаючий попит на натуральні та безпечні харчові продукти, ферментація стає важливим напрямом у розвитку м'ясної галузі. Дослідження в цій сфері спрямовані на оптимізацію технологічних процесів, впровадження нових біотехнологічних рішень і покращення якості кінцевого продукту. У цій статті розглянуто ключові аспекти використання ферментації у виробництві м'ясних виробів, її переваги, виклики та перспективи подальшого розвитку.

Виклад основного матеріалу. Ферментація, або ж зброджування – це надзвичайний біотехнологічний процес, котрий дає змогу не лише подовжити термін придатності продуктів харчування та напоїв, а й суттєво покращити їхню поживну цінність та створювати геть нові продукти. Виникнення цього способу приготування їжі губиться у глибинах віків. Прадавні мисливці й збирачі постійно стикалися з тривалими періодами без свіжих продуктів, через що споживання підгнилої їжі було повсякденним, що поступово переросло у технології тривалого зберігання. Археологічні знахідки свідчать про те, що мистецтво ферментації зародилося на Індійському субконтиненті, у поселеннях, що передували Хараппській цивілізації в долині Інду. У регіоні Родючого Півмісяця ферментація виникла приблизно в один час із початком скотарства.

Археологічні знахідки поблизу Невшательського озера дають підстави стверджувати, що сироваріння на теренах Швейцарії практикувалося щонайменше 8 тисячоліть тому. Гомер, у свою чергу, згадує циклопа Поліфема як майстра з виготовлення сиру. Пекти хліб навчилися ще у стародавньому Єгипті – про це свідчать папіруси, що датуються кінцем третього тисячоліття до нашої ери. Вже у III столітті нашої ери в Афінах налічувалося понад сім десятків різновидів хліба. Лише в XIX столітті ферментація отримала наукове обґрунтування завдяки Луї Пастеру, який, поставивши експерименти, довів, що бродіння зумовлюється живими мікроорганізмами, відкидаючи тим самим тогочасну теорію самозародження життя. З розширенням міст та зростанням кількості населення у них, відбувалося й збільшення масштабів промислового виготовлення харчових продуктів, і використання спонтанних природних штамів мікроорганізмів поступилося місцем стандартизованим закваскам, що гарантують безпечність продукції та однорідність її якості [4].

Ферментацію активно застосовують для готування їжі або консервації продуктів. Найчастіше, говорячи про бродіння, а саме перетворення цукрових продуктів на спирт, використовуючи дріжджі, але, наприклад, при виготовленні йогуртів застосовують бродіння, що здійснюється бактеріями [6].

Ферментативний окислювально-відновний процес, результатом якого є розклад органічних сполук, особливо вуглеводів, на простіші з'єднання (наприклад, спирти, органічні кислоти, метан), котрий відбувається як без доступу кисню (наприклад, метанове бродіння), так і за його наявності (наприклад, цитратне бродіння). Це природний процес, запущений певними мікроорганізмами (або отриманими з них ферментами). Енергію, що виділяється під час цього процесу, мікроорганізми використовують для забезпечення

власних потреб, а продукти реакції — в біосинтезі, деякі з них — як засоби захисту в конкурентній боротьбі [6].

Ферментація – це анаеробний процес, в якому вуглеводи та їхні похідні частково окиснюються ферментами, супроводжуючись вивільненням енергії. Частково, бо повне окиснення до води та вуглекислого газу може відбуватися лише за присутності кисню [4].

Коли в навколишньому середовищі наявні прості цукри, як от фруктоза, глюкоза чи галактоза, дріжджі використовують їх для зброджування спиртів, тоді як бактерії застосовують їх для утворення органічних кислот. У випадках, коли в середовищі є складні вуглеводи, тобто полісахариди, їх необхідно попередньо розщепити, аби зробити придатними до бродіння. Потрібні для ферментації речовини можуть виробляти плісняві гриби, як приклад можна розглянути виробництво соєвого соусу, де грибок *Aspergillus oryzae* виділяє ферменти, що розщеплюють крохмаль з соєвих бобів до глюкози, яка згодом використовується в реакції ферментації. Джерелом ферментів в пивоварінні є солод, який отримують з пророслого зерна: під час проростання крохмаль у зерні розкладається до простих цукрів, а також в зерні накопичується значна кількість ферментів, що забезпечують цей ферментаційний процес [2].

Відповідно до виду кінцевого виробу, визначають такі ключові різновиди бродіння [6]:

- Молочнокисле гомоферментативне, де з глюкози виникає виключно молочна кислота;

- Молочнокисле гетероферментативне, під час якого з глюкози в рівних частках утворюються молочна кислота та етанол, а також оцтова кислота та вуглекислий газ;

- Послідовність реакцій при гомоферментативному (зліва) та гетероферментативному (справа) молочнокислому бродінні.

- Пропіоновокисле – з глюкози формуються пропіонова та оцтова кислоти;

- Спиртове бродіння – з глюкози продукуються етанол та вуглекислий газ.

Ферментовані вироби дозволяється поділити, орієнтуючись на використану сировину, або ж на методи біохімічного перетворення. Другий спосіб видається слушнішим, адже одна й та сама ферментація трапляється і в продуктах рослинного походження, і в тих, що виготовлені з тваринної сировини. Зрештою, класифікації взаємодіють, оскільки в одному продукті можуть відбуватися декілька процесів одночасно, або вони можуть проходити поступово. Адже кожен ферментований виріб з'являється на світ завдяки цілій спільноті мікроорганізмів, кожен вид яких має свою роль та кінцевий результат [1].

Перший тип - це продукти, у яких в процесі молочнокислого бродіння зосереджуються органічні кислоти, як-от молочна, оцтова, або пропіонова. Ці кислоти понижують рівень рН та додають кислого присмаку, також впливаючи на структуру продукту та потенційно збільшуючи його корисність. Наприклад, покращується розчинність мінералів, що сприяє їхньому кращому поглинанню

тілом людини. Саме так ферментується більшість фруктів, овочів, зернових, молочних продуктів. Інколи такий процес використовують і для приготування м'ясних та рибних страв, однак тут потрібне додаткове джерело вуглеводів. Наприклад, в Азії традиційно готують ферментовану рибу з рисом: молочна кислота запобігає псуванню риби.

Другий тип – це вироби, створені за допомогою спиртового бродіння. Етанол утворюється внаслідок життєдіяльності дріжджів, гетероферментативних молочнокислих бактерій та деяких цвілевих грибів. Спиртове бродіння застосовується при випіканні хліба, хоча найважливішим тут є не спирт, а вуглекислий газ, завдяки якому тісто підіймається. Етанол реагує з іншими речовинами тіста, створюючи приємний хлібний запах. Безумовно, спиртове ферментування найвідоміше як спосіб виробництва алкогольних напоїв. Найпростіший варіант – використання рослинних соків, насичених простими цукрами, проте цей спосіб не дуже ефективний в холодну пору року. Натомість зерно зберігається досить довго. Ймовірно, саме так шотландці колись вигадали віскі. Крохмаль не може вступати в реакцію бродіння, тому зерно пророщують перед його використанням для виготовлення спиртного. Проте в Азії знайшли інший спосіб руйнування крохмалю: варене зерно обробляють спеціальною закваскою, що містить дріжджі та цвілеві гриби, які виділяють ферменти, що відщеплюють від молекули крохмалю молекули глюкози по одній [3].

Третій тип ферментації – лужна, котра визначається підвищенням рН до 7-8 через накопичення аміаку. Цей процес властивий для ферментації насіння бобових культур, які славляться вмістом білка. Рослинна сировина піддається впливу ферментів, що розщеплюють білки та перетворюють пептиди й амінокислоти, тому цей вид ферментації не можна відносити до бродіння. Як правило, такі продукти мають характерний аромат та консистенцію. Приклад – натто, традиційний японський продукт зі зброджених соєвих бобів, який має виразний запах аміаку, слизьку та тягучу структуру, що робить його не дуже привабливим для більшості іноземців, та навіть в Японії він не має особливої популярності.

Четвертий різновид ферментації відбувається за участю пліснявих грибів. Попри існування тисяч видів плісняви, лише окремі з них залучені до створення безпечних харчових продуктів. Вони утворюють густий, їстівний міцелій, генерують речовини з приємним запахом та смаком, а також синтезують ферменти, здатні модифікувати вихідну сировину. Цей тип ферментації типовий для азійської гастрономії. Ангкак, червоний ферментований рис, – страва китайської кухні. Її виготовляють, ферментуючи варений рис за допомогою пліснявого гриба *Monascus*, що синтезує червоні пігменти, а також ловастатин – речовину, що пригнічує синтез холестерину і, як вважається, корисна для здоров'я [5].

П'ятий вид ферментації – розсільна. Вона відбувається за участю мікроорганізмів, що виживають в умовах високої солоності. Розсільна ферментація вирізняється відносно повільним перебігом, а також тим, що солоні

розчини сприяють кращій розчинності ферментів. Ця специфіка використовується в промисловості азійських рибних та соєвих соусів. Виробництво соєвого соусу передбачає два етапи: перший, під назвою "кочі", здійснюється в твердому стані протягом 3-5 діб. На стадії кочі формується щільна маса соєвих бобів, вкрита міцелієм грибів, що виробляють різноманітні ферменти. Другий етап ферментації, "моромі", відбувається у розсолі, де протягом декількох місяців молочнокислі бактерії та дріжджі поступово перетворюють сировину, формуючи характерний смак і аромат соєвого соусу.

Розсільна ферментація, комбінована з сушінням, застосовується і у виготовленні м'ясних виробів, як-от салямі. Для цього подрібнене м'ясо, сало, прянощі, сіль та стартову культуру мікроорганізмів змішують до однорідного стану, наповнюють оболонку (натуральну чи штучну) і поміщають у теплий розсіл, де відбувається розвиток молочнокислих бактерій та молочнокисле бродіння. В результаті накопичується молочна кислота, що виступає консервантом, після чого продукт підсушують до необхідного вмісту вологи [3].

Одним із ключових перспективних шляхів для інтенсифікації виробництва м'ясних продуктів, оброблених ферментами, вважається використання бактеріальних препаратів. Таким чином, зростає як біологічна цінність виробів, так і рівень їх санітарно-епідеміологічної безпеки [6].

Варто відзначити важливість цього аспекту, особливо при виготовленні м'ясних продуктів тривалого зберігання, які споживаються без додаткового температурного впливу. Мова йде, зокрема, про сиров'ялені та сирокочені ковбаси, а також шинку. Ключовим тут є здатність препаратів пригнічувати небажану мікрофлору [1].

Ферментація є важливим технологічним процесом у виробництві м'ясних продуктів, що сприяє покращенню їхньої якості, безпечності та тривалості зберігання. Завдяки використанню корисних мікроорганізмів цей метод дозволяє не лише змінювати органолептичні властивості м'яса, а й зменшувати залежність від штучних консервантів. Однак, попри численні переваги, ферментація має певні обмеження та виклики, які впливають на її ефективність і рентабельність. Нижче розглянуто основні плюси та мінуси цього процесу у виробництві м'ясних виробів [4].

Переваги:

1. Покращення органолептичних властивостей. Ферментація сприяє формуванню унікального смаку, аромату та текстури м'ясних виробів. Завдяки дії молочнокислих бактерій відбувається утворення летких ароматичних сполук, які надають продукту характерного насиченого смаку.

2. Збільшення терміну зберігання. Процес ферментації знижує рівень рН у продукті, що запобігає розмноженню патогенних мікроорганізмів і псуванню м'яса. Це дозволяє зберігати продукцію довше без використання синтетичних консервантів.

3. Поліпшення безпечності продуктів. Ферментовані м'ясні вироби мають менший ризик зараження патогенними бактеріями, такими як *Listeria*

monocytogenes та *Salmonella*, завдяки конкурентному впливу корисних мікроорганізмів і утворенню антимікробних сполук (наприклад, бактеріоцинів).

4. Зменшення потреби у штучних добавках. У процесі ферментації утворюються природні консерванти, такі як молочна та оцтова кислоти, які дозволяють мінімізувати використання хімічних стабілізаторів, ароматизаторів та підсилювачів смаку.

5. Підвищення харчової цінності. Деякі види ферментованих продуктів можуть мати пробіотичні властивості, позитивно впливаючи на кишкову мікрофлору та покращуючи травлення.

6. Екологічність виробництва. Використання ферментації зменшує потребу в інтенсивній термічній обробці, що сприяє енергозбереженню та скороченню викидів вуглекислого газу.

Недоліки:

1. Тривалість процесу. Ферментація може тривати від кількох днів до кількох місяців, що уповільнює виробничий цикл у порівнянні зі звичайними методами обробки м'яса.

2. Висока чутливість до умов виробництва. Для успішного протікання ферментації необхідно суворо контролювати температуру, вологість і рівень кисню, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до розвитку небажаної мікрофлори та псування продукту.

3. Необхідність спеціалізованого обладнання та культури мікроорганізмів. Виробництво ферментованих м'ясних продуктів потребує використання спеціальних стартових культур бактерій, а також контрольованих камер дозрівання, що збільшує витрати на обладнання та технологічний процес.

4. Ризик розвитку небажаних мікроорганізмів. Якщо технологічні умови не дотримуються належним чином, можливе утворення небезпечних бактерій або плісняви, які можуть негативно вплинути на якість і безпечність кінцевого продукту.

5. Обмеження у виробництві. Не всі види м'ясних виробів підходять для ферментації. Ця технологія найбільш ефективна для сухих ковбас, хамону, пепероні та деяких видів в'яленого м'яса, тоді як інші м'ясні продукти можуть не відповідати вимогам щодо текстури та смакових характеристик.

6. Вища вартість кінцевого продукту. Через складність технологічного процесу, необхідність ретельного контролю та тривале дозрівання ферментовані м'ясні вироби часто мають вищу собівартість і ціну для споживачів.

Висновки. Ферментація є важливим технологічним процесом у виробництві м'ясних продуктів, що забезпечує не лише їхню стабільність і безпечність, а й значно покращує органолептичні властивості. Використання молочнокислих бактерій та інших корисних мікроорганізмів сприяє природному зниженню рН, що запобігає розмноженню патогенних мікроорганізмів, подовжує термін зберігання продукції та формує унікальні смакові характеристики.

Застосування ферментації у м'ясній промисловості дозволяє зменшити потребу в штучних консервантах, що відповідає сучасним тенденціям здорового

харчування. Споживачі дедалі частіше віддають перевагу натуральним продуктам із мінімальним вмістом хімічних добавок, що робить ферментовані м'ясні вироби перспективним сегментом ринку.

Подальші дослідження у сфері ферментації м'ясних виробів спрямовані на впровадження інноваційних біотехнологій, покращення контролю за процесами бродіння та розширення асортименту продукції. Оптимізація методів ферментації сприятиме розвитку м'ясної промисловості, забезпечуючи споживачів якісними, безпечними та смачними продуктами.

Список використаної літератури

1. Даниленко С.Г., Кігель Н.Ф., Бурцева Г.В. Добір мікроорганізмів для ферментації м'ясної сировини. *Biotechnologia Acta*. 2014. № 4. Вип. 7. С. 107-117.
2. Даниленко С.Г. Наукове обґрунтування розробки біотехнології інноваційних препаратів для поліпшення споживчих якостей м'ясних продуктів: дис. ... д-ра техн. наук. : 03.00.20 – біотехнологія. Київ, 2018. 525 с.
3. Дубініна А.А., Хацкевич Ю.М., Попова Т.М., Ленерт С.О. Загальна технологія харчових виробництв: навчальний посібник. Харків. 2016. 497 с.
4. Voidarou C., Antoniadou M., Rozos G., Tzora A., Skoufos I., Varzakas T., Lagiou A. and Bezirtzoglou E. Fermentative Foods: Microbiology, Biochemistry, Potential Human Health Benefits and Public Health Issues. *Foods*. 2020. 10 (1):69. <https://doi.org/10.3390/foods10010069>.
5. Войцехівська Л.І., Франко О.В., Вербицький С.Б., Охріменко Ю.І. Вплив фізико-хімічних властивостей яловичини на ефективність її ферментації. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10. № 18. С. 19-29.
6. Ферментація: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F> (дата звернення 24.03.2025).

Денис ГОЛОВКО¹⁸,
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ БДЖІЛЬНИЦТВА У СИРОВ'ЯЛЕНИХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТАХ

***Анотація.** У статті розглянуто характеристики меду та прополісу як природних добавок у м'ясній промисловості. Проаналізовано їхній хімічний склад, функціональні властивості та можливості застосування у виробництві*

¹⁸ Науковий керівник – Надія НОВГОРОДСЬКА, к.с.-г.н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

сиров'ялених м'ясних продуктів. Особлива увага приділена їхнім антимікробним, антиоксидантним та консервувальним характеристикам, що сприяють покращенню якості та безпеки готової продукції.

Ключові слова: мед, прополіс, бджолопродукти, антимікробні властивості, антиоксиданти, консервування, м'ясні продукти.

Annotation. The article examines the characteristics of honey and propolis as natural additives in the meat industry. Their chemical composition, functional properties and application possibilities in the production of raw dried meat products are analyzed. Special attention is paid to their antimicrobial, antioxidant and preservative characteristics, which contribute to improving the quality and safety of finished products.

Key words: honey, propolis, bee products, antimicrobial properties, antioxidants, preservation, meat products.

Вступ. Сучасна м'ясна промисловість спрямована на виробництво безпечних та якісних продуктів із тривалим терміном зберігання. Одним із перспективних напрямків у цій галузі є використання природних консервантів, зокрема продуктів бджільництва, таких як мед і прополіс. Вони мають широкий спектр корисних властивостей, включаючи антимікробну, антиоксидантну та консервувальну дію, що дозволяє покращити якість і безпечність м'ясних продуктів.

Мед використовується в м'ясній промисловості не лише як натуральний підсолоджувач, а й як компонент, що сприяє збереженню вологості, покращенню текстури та аромату продукції. Він містить органічні кислоти, ферменти та біологічно активні сполуки, які можуть позитивно впливати на фізико-хімічні показники м'ясних виробів. Крім того, мед має слабку бактерицидну дію, що може сповільнювати ріст патогенних мікроорганізмів.

Прополіс є одним із найбільш ефективних природних антисептиків. Він містить понад 300 біологічно активних речовин, серед яких флавоноїди, фенольні кислоти та ефірні олії, що надають йому виражених антимікробних і протизапальних властивостей. Використання прополісу у м'ясній галузі дозволяє знизити рівень мікробного обсіменіння та покращити збереження продукції без застосування синтетичних консервантів.

Таким чином, впровадження меду та прополісу у технологію сиров'ялених м'ясних продуктів може сприяти підвищенню їхньої якості, покращенню органолептичних характеристик і подовженню терміну зберігання. Дане дослідження спрямоване на оцінку впливу цих природних інгредієнтів на властивості сиров'ялених м'ясних продуктів.

Мета статті – узагальнити та проаналізувати наукові дані щодо використання продуктів бджільництва, зокрема меду та прополісу, у виробництві сиров'ялених м'ясних продуктів. Розглянути їхні функціональні властивості, вплив на якість, безпечність і консервувальні характеристики

м'ясних виробів, а також перспективи їхнього застосування у м'ясній промисловості.

Виклад основного матеріалу.

Мед є натуральним продуктом, який складається переважно з вуглеводів, води, органічних кислот, ферментів, вітамінів і мінералів (табл. 1).

Таблиця 1. Основні компоненти меду

Компонент	Вміст (%)	Функціональне значення
Глюкоза	30–40	Джерело енергії, регулює осмотичний тиск
Фруктоза	35–45	Відповідає за солодкий смак, підсилює аромат
Вода	15–20	Визначає в'язкість і стабільність продукту
Органічні кислоти	0,5–1,5	Покращують смак, сприяють консервації
Ферменти (глюкозооксидаза)	<1	Утворюють перекис водню, мають антимікробну дію
Поліфеноли та флавоноїди	0,1–0,5	Потужні антиоксиданти, що запобігають окисленню жирів
Вітаміни та мінерали	<1	Біологічно активні речовини, що покращують якість продукту

Мед може застосовуватися на різних етапах виробництва сиров'ялених м'ясних продуктів: на етапі маринування – додається у розсоли або спеціальні маринади, що сприяє покращенню текстури та смаку продукту; у процесі підсушування – медовий розчин може використовуватися для змащування поверхні м'яса, що утворює захисну плівку та запобігає розвитку небажаної мікрофлори; як натуральний підсолоджувач – у рецептурах м'ясних делікатесів мед замінює штучні цукри, збагачуючи склад корисними сполуками.

Мед відзначається високою гігроскопічністю, що дозволяє йому регулювати вологість у харчових продуктах, а також природною антимікробною активністю за рахунок утворення перекису водню у процесі ферментативного розщеплення глюкози.

Прополіс – це смолиста речовина, яку бджоли використовують для захисту вулика від мікроорганізмів. Прополіс має потужні антибактеріальні властивості завдяки наявності фенольних сполук і флавоноїдів. Він ефективно пригнічує ріст *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* та *Listeria monocytogenes*, що особливо важливо у виробництві м'ясних продуктів тривалого зберігання.

Додавання екстракту прополісу в м'ясні вироби допомагає запобігти розвитку цвілі та дріжджових грибів (*Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*), що є проблемою для сиров'ялених м'ясних продуктів.

Прополіс уповільнює окислення жирів, знижує утворення пероксидів та зберігає стабільність кольору м'яса, запобігаючи потемнінню продукту під час тривалого зберігання. Додавання прополісу у складі маринадів або розчинів для обробки м'яса сприяє утворенню більш вираженого аромату, легких пряних ноток і м'якої текстури.

Хімічний склад прополісу є складним і залежить від рослинного походження, але в основному містить біологічно активні сполуки (табл. 2).

Таблиця 2. Основні компоненти прополісу

Компонент	Вміст (%)	Функціональна дія
Флавоноїди	10–15	Антиоксиданти, знижують окислення жирів
Фенольні кислоти	5–10	Антибактеріальна дія, захист від псування продуктів
Ефірні олії	3–5	Ароматичні речовини, пригнічують ріст мікроорганізмів
Віск	25–35	Покращує текстуру продуктів
Вітаміни (В, С, Е)	<1	Підвищують харчову цінність
Мінерали (Mg, Zn, Fe)	<1	Покращують біохімічні процеси в організмі

Прополіс має потужну антибактеріальну активність і ефективно діє проти широкого спектра патогенних мікроорганізмів, включаючи бактерії, дріжджі та плісняві гриби.

Висновки. Мед і прополіс є перспективними натуральними добавками для м'ясної промисловості завдяки їхнім антимікробним і антиоксидантним властивостям. Використання цих продуктів дозволяє покращити безпечність і термін зберігання сиров'ялених м'ясних продуктів. Таким чином, мед та прополіс можуть значно покращити якість та функціональність м'ясних продуктів, роблячи їх кориснішими та безпечнішими для споживачів.

Список використаної літератури

1. Шульган М. Класифікація продукції бджільництва для потреб бухгалтерського обліку. *Економіка та суспільство*. Вип. 50. 2023. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-50-34>
2. Гавалко Ю.В., Синєок Л.Л., Романенко М.С. Застосування продуктів бджільництва в геродієтетичі. *Проблеми харчування*. 2015. № 1. С. 55–60.
3. ДСТУ 4497:2005. Мед натуральний. Технічні умови. [Чинний від 2005-12-28]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 21 с.
4. ДСТУ 4662:2006. Прополіс (бджолиний клей). Технічні умови. [Чинний від 2007-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 18 с.

Ілля ДОБРОВ¹⁹,
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ АМАРАНТОВОГО БОРОШНА У ХЛІБОПЕЧЕННІ

Анотація. Розробка хлібобулочних виробів із використанням борошна амаранту, з огляду на його хімічний склад, є перспективним напрямом для

¹⁹Науковий керівник – Світлана ОВСІЄНКО., к.с-г.н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

розширення асортименту продуктів підвищеної харчової цінності. Амарант є однією з нетрадиційних для нашого регіону видів сировини. Амарант – зернова культура, яка відрізняється високою харчовою цінністю. Зерно амаранту перевершує більшість традиційних злакових культур за вмістом білка (16-19%), незамінних амінокислот, вітамінів, макро- та мікроелементів, біологічно активних речовин, жиру (6-10%) та цінної лікувальної сполуки – сквалену (5-8%). Головна перевага амаранту над іншими видами зернових – високий вміст незамінної амінокислоти лізину (у 2–2,5 рази більше, ніж у пшениці та житі), сірковмісних амінокислот, харчових волокон, вітаміну С, кальцію, магнію та фосфору. Перелічені властивості дозволяють розглядати амарантове борошно як біохімічно активну добавку до пшеничного при хлібопеченні задля поліпшення якісних показників готових виробів.

Ключові слова: амарант, амарантове борошно, хліб, якість

Annotation. *The development of bakery products using amaranth flour, given its chemical composition, is a promising direction for expanding the range of products with increased nutritional value. Amaranth is one of the non-traditional types of raw materials for our region. Amaranth is a grain crop that is distinguished by high nutritional value. Amaranth grain surpasses most traditional cereal crops in terms of protein content (16-19%), essential amino acids, vitamins, macro- and microelements, biologically active substances, fat (6-10%) and a valuable medicinal compound - squalene (5-8%). The main advantage of amaranth over other types of cereals is the high content of the essential amino acid lysine (2-2.5 times more than in wheat and rye), sulfur-containing amino acids, dietary fiber, vitamin C, calcium, magnesium and phosphorus. The listed properties allow us to consider amaranth flour as a biochemically active additive to wheat flour in bread baking to improve the quality indicators of finished products.*

Key words: amaranth, amaranth flour, bread, quality

Вступ. Проблема пошуку шляхів підвищення якості та харчової цінності виробів із борошна стає особливо актуальною, коли суттєво скорочується споживання харчових продуктів тваринного походження: м'ясних, рибних, молочних та яєчних продуктів, тваринних жирів. У цей час зростає в раціоні частка зернових продуктів, насамперед виробів із борошна [1].

Хліб є одним із найпоширеніших продуктів харчування та відіграє важливу роль у корекції раціону. В Україні виробляється широкий асортимент хлібобулочних виробів, проте частка продукції з підвищеним вмістом білка чи інших корисних речовин залишається невеликою – лише 1-2% від загального обсягу виробництва. Тому створення нових видів хліба на основі нетрадиційної сировини з підвищеною біологічною цінністю є актуальним напрямом розвитку галузі.

Амарант – зернова культура, яка відрізняється високою харчовою цінністю. Зерно амаранту перевершує багато традиційних злакових культур за вмістом білка (16-19%), незамінних амінокислот, вітамінів, макро- та

мікроелементів, біологічно активних речовин, жиру (6-10%) та цінної лікувальної сполуки – сквалену (5-8%). [2].

Насіння амаранту – найбільш перспективний вид нетрадиційної сировини для виробництва широкого асортименту як різних харчових добавок, так і готових продуктів харчування. З нього можна виготовляти крупу, борошно, спирт, напої, харчові добавки [3]. Чудові поживні якості борошна амаранту, в порівнянні з іншими зерновими, роблять його в поєднанні з пшеничним або вівсяним борошном повноцінним інгредієнтом для дитячого харчування [3].

Виклад основного матеріалу. Одним із основних продуктів переробки зерна амаранту є борошно, отриманню та застосуванню якого в останні десятиліття приділяють велику увагу як вітчизняні так і зарубіжні дослідники. Амарантове борошно має цінний хімічний склад: білка у 3,8 разів більше, ніж у пшеничному борошні; ліпідів – у 9,4 рази; клітковини – у 17 разів; мінеральних речовин: натрію – у 24 рази, калію – у 4,2 рази, кальцію – у 19 разів, магнію – у 6 разів, фосфору – у 5 разів, заліза – у 36 разів; вітамінів: тіаміну – у 33 рази, рибофлавіну – у 74 рази, ніацину – в 1,2 рази. Енергетична цінність амарантового борошна дещо перевищує таку для пшеничного борошна за рахунок більшого вмісту білків та ліпідів. Кількість незамінних амінокислот у білку амарантового борошна становить 17,6 г/100 г білка, загальне кількість амінокислот – 37,7 г/100 г білка. Отже, амарантове борошно відрізняється більш збалансованим амінокислотним складом у порівнянні з пшеничним, тому його доцільно використовувати у кондитерському виробництві разом із пшеничним борошном.

З насіння амаранту виробляють цільнозернове амарантове борошно, що має високу харчову цінність; сортове амарантове борошно, у тому числі вищого ґатунку, яке за кількісним співвідношенням компонентів близьке до пшеничного хлібопекарського борошна. Амарантове борошно має специфічні біологічні особливості, так як містить комплекс фізіологічно цінних інгредієнтів: білки, ліпіди, вуглеводи, моно- і дисахариди, крохмаль, харчові волокна й мінеральні речовини.

Для амарантового борошна вищого ґатунку характерний колір білий із жовтуватим або сіруватим відтінком, а для борошна цільнозернового – із помітними частинками оболонки зерна; запах і смак – специфічні, властиві цьому виду сировини.

Цільнозернове борошно амаранту містить комплекс фізіологічно активних речовин – сквален, мінеральні речовини, харчові волокна, пектин, вітаміни, а також амарантин, якими можна збагатити традиційні продукти, створити на його основі спеціалізовані продукти або нові біологічно активні добавки.

Перспективним є використання нової сировини для хлібопечення – амарантового білкового напівзнежиреного борошна (АМ), яке виробляється з крупки амарантової напівзнежиреної – вторинного продукту при виробництві амарантової олії [4].

Використання амарантового борошна у технології хлібобулочних виробів у кількості 100% неможливе, тому що у ньому відсутня клейковина. Разом з тим, введення його в рецептури хліба для збагачення та часткової заміни пшеничного

борошна доцільно. З цією метою зазвичай застосовується частково знежирене амарантове борошно з амарантового шроту або плющені зерна амаранта (амарантові пластівці). Цільнозернове амарантове борошно містить велику кількість жиру, що помітно знижує її здатність до зберігання внаслідок швидкого прогоркання жиру.

Збільшення частки амарантового борошна суттєво впливає на кількість та якість сирої клейковини, масова частка сирої клейковини знижується, а якість сирої клейковини збільшується, тобто вона слабшає. Це пов'язано з фракційним складом амарантового борошна. Білкові речовини амарантового борошна більшою мірою представлені соле-і водорозчинними фракціями, а саме альбумінами та глобулінами, які не здатні до утворення клейковинного каркасу. За якістю сира клейковина у сумішах стає слабшою, що пов'язано із зниженням вмісту глютенінової фракції. Автори прийшли до висновку, що амарантове борошно доцільно використовувати як добавку до хлібопекарського борошна з високою вологістю, кислотністю, з міцною клейковиною [5].

Проведено дослідження щодо визначення впливу амарантового борошна на властивості тіста, якість хліба з біоактивованого зерна пшениці та визначення його раціонального дозування. Оцінка якості хліба показала, що найкращу пористість (57%, що на 3% більше, порівняно з контрольним зразком) мав зразок, виготовлений з додаванням 6% амарантового борошна. При збільшенні дозування амарантового борошна до 7% спостерігалось незначне зменшення питомого обсягу та пористості хліба на 1,8 та 1% відповідно порівняно з дослідним зразком з додаванням 6% амарантового борошна. Додавання 6% амарантового борошна до маси нативного зерна дозволило отримати хліб покращеної якості зі слабо вираженим запахом і присмаком амаранту.

При внесенні 7% амарантового борошна в рецептуру батона нарізного виявлено збереження встановлених стандартом вимог до вологості, кислотності та пористості (41,0%, 2,5 град та 74% відповідно) та покращання смакових якостей.

О.В. Дзюндзя та ін. [6] підтвердили можливість використання амарантового борошна в кількості 7-10% і сумішей, що містять у своєму складі 2-3% сухої пшеничного клейковини і 2-3% солодового екстракту від маси пшеничного борошна з метою поліпшення якості хліба, що випікається. При подальшому збільшенні масової частки рослинної добавки до 30% відзначалося незначне зниження показників якості хліба, що випікається, на тлі його збагачення цінними макро- і мікронутрієнтами.

При оцінці фізико-хімічних показників встановлено, що із збільшенням кількості амарантового борошна, більше 20% спостерігалось зниження пористості м'якушу хліба на 1,2-3,4%. Найбільша зміна цього показника відзначалася при максимальному внесенні амарантового борошна. Вологість, кислотність і формостійкість м'якушу у всіх пробах практично не змінювалися. Додатково зазначено, що внесення амарантового борошна у вироби сприяє уповільненню процесу ретроградації крохмалю і цим збільшує термін зберігання продукту.

Досліджували вплив добавки амарантового борошна на хлібопекарські властивості пшеничного борошна першого й вищого ґатунків та на якість хліба. Хімічний склад технологічної добавки відрізняється підвищеним вмістом вуглеводів (до 72,5 %), моносахаридів і дисахаридів (до 3,2 %), клітковини (до 2,5 %), золи (до 0,8 %) у порівнянні з хлібопекарським пшеничним борошном.

Встановлено, що додавання амарантового круп'яного борошна до маси пшеничного борошна призводить до поліпшення якості випеченого хліба.

Об'ємний вихід формового хліба підвищується на 10,0-28,0 % для борошна пшеничного вищого ґатунку, на 3,0-10,0 % для борошна пшеничного першого ґатунку; питомий обсяг формового хліба – на 8,0-26,0 % для борошна пшеничного вищого ґатунку і на 4,0-11,0 % для борошна пшеничного першого ґатунку; формостійкість подового хліба (крім дозування 10,0 %) – на 17,0 % для борошна пшеничного вищого ґатунку і на 8,5-12,8 % для борошна пшеничного першого ґатунку.

Органолептична оцінка випечених проб хліба із суміші пшеничного й амарантового круп'яного борошна показала значне поліпшення його характеристик при введенні добавки у тісто. Верхня скоринка дослідних виробів була більш рівною, гладкою й опуклою, ніж у контролі, золотистого відтінку. Пористість дослідних виробів більш тонкоствінна й рівномірна з малим розміром пор, м'якуш довше зберігає свіжість при зберіганні.

Додавання амарантового круп'яного борошна до маси пшеничного борошна покращує біологічну й харчову цінність хліба. У хлібобулочних виробках, виготовлених із амарантовим круп'яним борошном, істотно покращується амінокислотний склад білків, їх біологічна цінність і збалансованість.

Харчова цінність хліба при додаванні амарантового круп'яного борошна підвищується у результаті збагачення виробів білками на 9,2%, жирами на 28,2%, клітковиною у 1,5 рази, органічними кислотами у 1,3 рази.

Мінеральний склад хліба із добавкою покращується за рахунок підвищення масової частки калію на 10,1%, кальцію на 17,4%, магнію на 12,1%, фосфору на 22,6% і заліза у 1,5 рази відповідно. Вітамінний склад хліба при введенні добавки також покращується: вміст тіаміну підвищується у 2,3 рази, рибофлавіну у 3 рази, ніацину – у 1,1 рази відповідно. Енергетична цінність 100 г хліба при додаванні амарантового круп'яного борошна збільшується на 16 %.

Багатьма дослідженнями доведено доцільність використання амарантового борошна у хлібопекарському виробництві.

Деякі сорти амаранту мають темнозабарвлене насіння, і їх використання рекомендується в рецептурах хліба із суміші житнього та пшеничного борошна. У дослідженні проводили заміну 5 і 10% житнього обдирного борошна на цільозернове амарантове. Відзначено незначне потемніння скоринки й м'якуша та більш розвинену пористість, що говорить про добру газоутворюючу здатність тіста у процесі бродіння. Зроблено висновок, що використання амарантового борошна не погіршує органолептичні показники хліба Дарницького.

Вивчали можливість і доцільність заміни частини пшеничного борошна на амарантове у хлібопеченні. Були виготовлені борошняні суміші із заміною частини пшеничного борошна на амарантове борошно в кількості 0, 4, 6, 8, 10% до загальної маси борошна. У ході проведення досліджень було встановлено, що зі збільшенням дозування амарантового борошна показники якості борошняних сумішей змінюються. У борошняних сумішах вологість зменшується з 12,0 до 10,8 %, кислотність з 4,3 до 4,1 град., водопоглинальна здатність знижується з 56,0 до 54,0 %, масова частка сирої клейковини зменшується з 28,0 до 25,0%. Якість сирої клейковини зростає з 55,0 до 75,0 умовних одиниць приладу ІДК.

Автори вважають, що зменшення показника вологості пов'язане з тим, що амарантове борошно має більш низьку вологість, за рахунок чого воно адсорбує частину води із пшеничного борошна, що призводить до зниження вологості борошняної суміші, і чим більше дозування амарантового борошна, тим нижча вологість.

Використання амарантового борошна у хлібопеченні також збільшує кількість харчових волокон у продукті. Так, згідно з дослідженням А. Рівовагов [7], внесення 10% амарантового борошна дозволяє збагатити хліб харчовими волокнами за збереження відповідності вимогам нормативних документів до хліба загального призначення. Додавання 15% нетрадиційного борошна призводило до помітного зниження пористості.

Висновки. Амарантове борошно вирізняється цінним хімічним складом, високою харчовою та біологічною цінністю, а також містить широкий спектр фізіологічно активних речовин, що робить його перспективним інгредієнтом у харчовій промисловості. Використання такої сировини як рецептурного компонента хлібобулочних виробів сприяє збагаченню їх фізіологічно значущими нутрієнтами, зменшенню потреби в добавках неаліментарного походження, підвищенню безпеки продуктів і посиленню їхнього позитивного впливу на організм. Дослідження вітчизняних та зарубіжних наукових джерел підтверджують, що амарант та продукти його переробки є цінною сировиною з високою концентрацією поживних речовин.

Список використаної літератури

1. Овсієнко С.М., Соломон А.М. Амарант: практичні аспекти використання: Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 151 с.
2. Dinssa F.F. et al. Effect of leaf harvest on grain yield and nutrient content of diverse amaranth entries. *Scientia Horticulturae*. 2018. 236. P. 146-157.
3. Важненко Г. І. Амарантова продукція корисна і промислового, і домашнього приготування. *Асоціація амаранту*. 2020. № 35. С. 45-48.
4. Овсієнко С.М. Амарант та продукти його переробки в хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10. № 18. С. 109-120.
5. Topwal M. Review on Amaranth: Nutraceutical and Virtual Plant for Providing Food Security and Nutrients. *Acta scientific agriculture*. 2019. №3 (1). P. 9-15.

6. Дзюндзя О. В., Звагольська К. М. Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 1. С. 22-29.

7. Pivovarov A., Mykolenko S., Hez' Y., Shcherbakov S. Plasma-chemically activated water influence on staling and safety of sprouted bread. *Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 12. № 2. P. 100-107.

Назар ЛЮБЧИЧ²⁰,
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ПОЖИВНА ЦІННІСТЬ М'ЯСА КРОЛИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ У ФУНКЦІОНАЛЬНИХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТАХ

***Анотація.** У статті розглянуто хімічний склад та поживну цінність м'яса кролика, його переваги як дієтичного продукту та можливості застосування у виробництві функціональних м'ясних виробів. Визначено високий вміст білка та низький вміст жиру в м'ясі кролика, що робить його ідеальним для дієтичного та лікувального харчування. Порівняно з іншими видами м'яса, кролятина має значно більшу біологічну цінність і легко засвоюється організмом.*

***Ключові слова:** м'ясо кролика, дієтичне харчування, хімічний склад, біологічна цінність.*

***Annotation.** The article discusses the chemical composition and nutritional value of rabbit meat, its advantages as a dietary product and the possibilities of its use in the production of functional meat products. The high protein content and low fat content of rabbit meat have been determined, which makes it ideal for dietary and therapeutic nutrition. Compared with other types of meat, rabbit meat has a significantly higher biological value and is easily absorbed by the body.*

***Key words:** rabbit meat, dietary nutrition, chemical composition, biological value*

Вступ. М'ясо кролика є одним із найцінніших видів м'яса, що вирізняється високим вмістом легкозасвоюваного білка, низькою жирністю та оптимальним амінокислотним складом. Завдяки цим властивостям воно рекомендоване для дієтичного та лікувально-профілактичного харчування. В останні роки зростає інтерес до використання м'яса кролика у виробництві функціональних м'ясних

²⁰Науковий керівник – Надія НОВГОРОДСЬКА, к.с.-г.н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

продуктів, які не тільки забезпечують організм поживними речовинами, а й мають додаткові корисні властивості.

Кролятина містить нежирний білок, який необхідний для нарощування м'язової тканини. Тут його значно більше, ніж у курятині або яловичині. До того ж цей вид м'яса містить менше жиру та вуглеводів, тому його можна їсти усім, хто хоче швидко та безпечно схуднути.

М'ясо кролика багате на вітаміни та мінерали, які підтримують належну роботу кишечника. Через вміст заліза, фосфору та магнію кролятина зміцнює кістки, зуби й нігті, допомагає регулювати кров'яний тиск та рівень рідини в організмі. М'ясо кролика набуває все більшої популярності завдяки своїм дієтичним та поживним якостям. Воно є відмінним вибором для людей, що прагнуть підтримувати здоровий спосіб життя, зберігати оптимальну масу тіла та забезпечити свій організм необхідними нутрієнтами [1].

Мета роботи – проаналізувати хімічний склад м'яса кролика, визначити його переваги як дієтичного продукту, а також дослідити можливості використання цього виду м'яса у виробництві функціональних м'ясних виробів, що мають додаткові корисні властивості для здоров'я.

Виклад основного матеріалу. М'ясо кроликів завжди було затребуване, оскільки є здоровою та поживною їжею, а також відрізняється смаковими та дієтичними якостями. Крольчатина, в порівнянні з іншими видами м'яса, містить найменше холестерину, мінімальну кількість жирів і велику кількість білків.

Кількість білка в ній більша, ніж у баранині, яловичині, свинині та телятині. До складу кролятини входять необхідні людині вітаміни, такі як: А, С, РР, В₁, В₂, В₉, В₆, В₁₂, Е. При вживанні поповнюється нестача мінералів, макро та мікроелементів. До складу входить близько 20 амінокислот. В таблиці 1 наведено перелік вітамінів [2].

Таблиця 1. Вітаміни в м'ясі кролика (100 г)

Назва вітамінів	Вміст	Назва вітамінів	Вміст
В ₂	0,175 мг	Е	0,462 мг
А	9,782 мкг	В ₁	0,112 мг
В ₄	115,573 мг	РР	11,543 мг
С	0,761 мг	В ₁₂	4,295 мкг
В ₉	7,654 мг	В ₆	0,471 мг

Для більш повного аналізу поживної цінності м'яса кролика та його переваг у функціональних м'ясних продуктах доцільно порівняти його хімічний склад із традиційними видами м'яса, такими як свинина, яловичина та баранина. У таблиці 2 наведено дані щодо вмісту білків, жирів, вуглеводів, мінералів та вітамінів у цих видах м'яса (з розрахунку на 100 г їстівної частини).

Таблиця 2. Порівняльна характеристика хімічного складу різних видів м'яса
(на 100 г продукту)

Показник	Крольчатина	Свинина	Баранина	Яловичина
Білки, г	21,1	14,3	15,6	18,6
Жири, г	10,8	33,3	16,3	16
Вода, г	66,7	51,5	67,3	64,5
Холестерин, мг	40	70	70	80

На основі наведених даних можна зробити висновок, що у складі кролятини міститься більше білка порівняно з іншими видами м'яса. Білка в кролятині на 12% більше, ніж у яловичині, на 32% більше, ніж у свинині, і на 26% більше, ніж у баранині. Цей високий вміст білка разом з низьким вмістом жиру робить кролятину особливо цінною для людей, які прагнуть до здорового харчування та підтримки оптимальної маси тіла.

Калорійність кролятини складає 183 ккал на 100 г, що значно нижче, ніж у свинини (357 ккал), баранини (209 ккал) та яловичини (218 ккал). Це робить кролятину ідеальним варіантом для дієтичних продуктів, особливо для тих, хто прагне контролювати свою калорійну споживану норму.

Слід зазначити, що з віком кролика в м'ясі зменшується вміст води та збільшується вміст білка та жиру, що підвищує енергетичну цінність продукту. М'ясо тварин віком 4-5 місяців вважається найбільш повноцінним за поживними властивостями. Порівнюючи різні види м'ясної сировини на предмет білкової цінності, кролятину можна вважати лідером, оскільки вміст білка в ній становить 21,1%, а жирів – 10,8%, що робить її низькокалорійним продуктом.

Крольчатина володіє високими смаковими та поживними властивостями. Вміст азотистих речовин в м'ясі кролика порівняний з курячим м'ясом, але за жирністю та калорійністю вона перевершує його. Це робить кролятину ідеальним продуктом для лікувального харчування, а також для людей з підвищеним рівнем фізичної активності.

Завдяки низькому вмісту жиру та холестерину, а також високій біологічній цінності, м'ясо кролика рекомендується при різних захворюваннях шлунково-кишкового тракту, печінки, жовчних шляхів, алергіях, гіпертонічній хворобі та інших захворюваннях. Дієтологи відзначають, що м'ясо кролика легко пережовується, перетравлюється шлунковими соками і добре засвоюється організмом людини, що робить його корисним для людей різних вікових категорій, зокрема для дітей, людей похилого віку, матерів-годувальниць, а також для осіб, які працюють у фізично важких професіях або займаються спортом [3].

Таким чином, м'ясо кроликів є надзвичайно затребуваним завдяки своїм дієтичним якостям. Його висока засвоюваність та низький вміст жиру й холестерину роблять його особливо корисним для осіб, які потребують легкозасвоюваних білкових продуктів, а також для тих, хто має проблеми з харчуванням, або для людей, які прагнуть зберегти своє здоров'я в хорошому стані.

Висновки. Крольчатина має високий вміст білка (21,1%) та низький вміст жиру (10,8%), що робить її ідеальним продуктом для дієтичного харчування та лікувальних дієт. Вона значно перевершує свинину, баранину та яловичину за вмістом білка, що робить її цінним джерелом білка для організму.

Калорійність кролятини складає 183 ккал на 100 г, що є значно нижчим порівняно з іншими видами м'яса, такими як свинина (357 ккал), баранина (209 ккал) та яловичина (218 ккал). Це робить її оптимальним вибором для тих, хто стежить за своєю вагою або хоче знизити споживання калорій.

Крольчатина має високу біологічну цінність завдяки високому вмісту амінокислот і низькому рівню холестерину (40 мг), що сприяє її легкому засвоєнню організмом. Вона ідеально підходить для людей з підвищеним фізичним навантаженням, а також для дітей, матерів-годувальниць і людей похилого віку.

Через низький вміст жиру і холестерину, м'ясо кролика рекомендується при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, печінки, жовчних шляхів, алергіях, гіпертонії та інших хворобах. Воно також підходить для лікувального харчування, оскільки легко перетравлюється і має високу засвоюваність.

Крольчатина є прекрасною сировиною для виробництва низькокалорійних, високобілкових та функціональних м'ясних продуктів, таких як паштети, що поєднують в собі всі переваги цього виду м'яса. Поєднання з рослинними інгредієнтами, такими як амарантове борошно, може підвищити поживну цінність продуктів і розширити їх спектр корисних властивостей.

Таким чином, м'ясо кролика є універсальним та висококорисним продуктом, що здатне задовольнити потреби як в дієтичному, так і в лікувальному харчуванні.

Список використаної літератури

1. Огороднічук Г.М. Ефективність використання добавок мікробіологічного походження при вирощуванні кролів: монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ. Видавець: ТОВ «Друк». 2022. 196 с.
2. Kotsiubenko, H., Pirotskyi, A., Udod, A., Salamatina, O., & Trybrat, R. Comparative Analysis of Rabbit Meat Quality when Using Modular Raising Technologies and Eco-Farm. *Scientific Horizons*. 2021. 24(4), 33-39. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(4\).2021.33-39](https://doi.org/10.48077/scihor.24(4).2021.33-39)
3. Азарова Н. Г., Агунова Л. В. Перспективи використання м'яса кролів у виробництві м'ясних продуктів для здорового харчування. *Збірник тез доповідей ОНАХТ*. 2016. С. 118-120.

Анастасія МАРЧЕНКО²¹,
студентка 4-го курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВПЛИВ РІЗНИХ ВИДІВ БОРОШНА НА ЯКІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

***Анотація.** У статті досліджено вплив різних видів борошна на якість хлібобулочних виробів. Розглянуто основні хлібопекарські властивості пшеничного, житнього, кукурудзяного, рисового, вівсяного, гречаного та мигдального борошна. Проаналізовано їхній хімічний склад, вплив на структуру тіста, пористість, смак, аромат і термін зберігання готових виробів. Особливу увагу приділено білково-протеїназному та вуглеводно-амілазному комплексам, які визначають газоутримуючу здатність тіста. Встановлено, що пшеничне борошно забезпечує найкращі технологічні характеристики завдяки високому вмісту клейковини, тоді як безглютенові види (гречане, рисове, кукурудзяне) потребують спеціальних технологічних рішень для покращення структури хліба. Окремо розглянуто перспективи використання альтернативних видів борошна для створення оздоровчих хлібобулочних виробів.*

***Ключові слова:** хлібобулочні вироби, борошно, пшеничне борошно, житнє борошно, якість хліба.*

***Annotation.** The article studies the influence of different types of flour on the quality of bakery products. The main baking properties of wheat, rye, corn, rice, oatmeal, buckwheat and almond flour are considered. Their chemical composition, effect on the dough structure, porosity, taste, aroma and shelf life of finished products are analyzed. Particular attention is paid to protein-proteinase and carbohydrate-amylase complexes, which determine the gas-retaining ability of the dough. It has been established that wheat flour provides the best technological characteristics due to its high gluten content, while gluten-free types (buckwheat, rice, corn) require special technological solutions to improve the structure of bread. Separately, the prospects for using alternative types of flour for the creation of health-improving bakery products are considered.*

***Keywords:** bakery products, flour, wheat flour, rye flour, bread quality.*

Вступ. Хлібобулочні вироби є важливою складовою раціону людини. Основним інгредієнтом у виробництві хліба є борошно, яке визначає якість кінцевого продукту. Різні види борошна мають різні хімічні, фізичні та технологічні властивості, що впливає на текстуру, смак і поживну цінність

²¹Науковий керівник – Світлана ОВСІЄНКО, к. с-г н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

хлібобулочних виробів. Сучасні тенденції здорового харчування та дієтичні вподобання споживачів сприяють розширенню асортименту хлібобулочних виробів із використанням альтернативних видів борошна. Крім того, технологи та виробники хлібобулочної продукції шукають способи поліпшення якості випічки шляхом комбінування різних видів борошна.

Виклад основного матеріалу. Хліб та хлібобулочні вироби – це продукти повсякденного вжитку, які для пересічного споживача мають дуже велике значення. Це зумовлено національними особливостями та рівнем добробуту населення [3].

Основною сировиною у виробництві хлібобулочних виробів є борошно. На якість борошна впливає багато факторів – гатунок зерна, якість ґрунту, клімат та умови збору врожаю, зберігання та переробка зерна [3].

Борошно – основна сировина, від якої залежить якість хліба. Хлібопекарські властивості визначаються його вуглеводно-амілазним і білково-протеїназним комплексами.

Вуглеводно-амілазний комплекс характеризується наявністю крохмалю й інших вуглеводів, активністю амілолітичних ферментів, що розщеплюють крохмаль. Крім цього, у борошні містяться зброджувані моно і дисахари. Амілолітичні ферменти гідролізують крохмаль. У пшеничному борошні з нормальної сировини міститься фермент β -амілаза, він є екзоферментом і розщеплює крохмаль на мальтозу (дисахарид). У борошні, яке піддається дії несприятливих факторів (проростання), є крім β -амілази ще і α -амілаза. Фермент α -амілаза є ендоферментом, він діє безладно в середині молекули, розриваючи її на фрагменти, які називають декстринами. Якщо борошно містить активну β -амілазу і зброджувані цукри, можна чекати високу газоутворюючу здатність, хліб буде пухким. У випадку, якщо в борошні немає β -амілази, для бродіння треба вводити цукор [5].

Білково-протеїназний комплекс характеризується клейковиною, протеолітичними ферментами й активаторами протеїнази. За якістю клейковини борошно буває сильної, середньої і слабкої сили. Якщо клейковина погана, то тісто не розпушується, тому що не здатне утримувати двоокис вуглецю. Протеолітичні ферменти поділяються на екзо- і ендоферменти (амінопептидази, карбопептидази); вони розщеплюють білок. Ферменти діють на ділянку клейковини, послабляючи її каркас. Зі слабкої клейковини хліб одержати не можна. Активатори протеїнази – це низькомолекулярні органічні сполуки (глутелін чи глутенін), що містяться в борошні [5].

Клейковина, ферменти й активатори впливають на газоутримуючу здатність борошна. Це така властивість борошна, що характеризує здатність до розтягання клейковинного каркасу тіста, тобто його розпушення в присутності двооксиду вуглецю [5].

Пшеничне борошно є найпоширенішим у світі завдяки високому вмісту клейковини – білка, який відповідає за еластичність і пружність тіста. Борошно вищого гатунку, з низьким вмістом золи (0,55%), ідеально підходить для здобної випічки, наприклад, круасанів чи білого хліба. Перший і другий гатунки мають

більше клітковини й мінералів, що додає хлібу насиченого смаку. Цільнозернове пшеничне борошно, отримане з цільного зерна, багате на клітковину й вітаміни, але через високий вміст жирів швидше псується.

Житнє борошно, традиційне для Східної Європи, має нижчий вміст клейковини (10-12%), але вирізняється підвищеною кислотністю, що впливає на смак і структуру хліба. Обдирне житнє борошно – найпоширеніше для класичного житнього хліба, тоді як обойне, грубшого помелу, додає випічці щільності й аромату.

Альтернативні види борошна, такі як кукурудзяне, рисове чи гречане, часто використовуються в безглютеновій випічці. Кукурудзяне борошно забезпечує хрустку текстуру, але не утворює пружного тіста через відсутність клейковини. В його складі міститься вдвічі більше ніж у пшеничному клітковини, поліненасичених жирних кислот, таких важливих для організму речовин як селен, залізо, фолієва кислота, β -каротин, токоферол. Особливу увагу заслуговує підвищений вміст у кукурудзяному борошні глютамінової кислоти, що покращує роботу головного мозку та є необхідною для живлення нервових клітин організму.

За хлібопекарськими властивостями кукурудзяне борошно поступається пшеничному гатунковому борошну: має більшу крупність, містить значно менше білків, ферменти цього борошна менш активні, білки не утворюють клейковини. Тому при включенні кукурудзяного борошна в склад композиції з пшеничним знижується якість хліба – зменшується його об'єм, пористість, еластичність м'якушки, формостійкість [4].

Рисове борошно легке й ніжне, а гречане додає горіховий присмак. Вони широко використовуються у випіканні безглютенових виробів, надаючи їм особливих смакових характеристик. Рисове борошно покращує текстуру тіста, роблячи його м'яким і повітряним, тоді як гречане додає щільності та виразного аромату. Їх поєднання дозволяє створювати корисні та смачні продукти з унікальними властивостями.

Спельта, стародавній родич пшениці, поєднує високу поживність із легкою засвоюваністю. Вона містить більше білка, вітамінів групи В та мінералів, ніж звичайна пшениця, а також має збалансований амінокислотний склад. Завдяки меншій кількості глютену спельта легше засвоюється організмом і підходить для людей із чутливістю до глютену. Спельтове борошно використовується для випікання хліба, виробництва макаронних виробів, борошняних кондитерських виробів, надаючи їм горіховий присмак і ніжну текстуру [2].

Вівсяне борошно багате на білки та корисні жири, підвищує поживну цінність виробів. Воно містить значну кількість клітковини, що сприяє покращенню травлення, а також β -глюкани, які допомагають знижувати рівень холестерину в крові. Завдяки високому вмісту вітамінів групи В та мінералів, таких як магній і залізо, вівсяне борошно позитивно впливає на обмін речовин і загальний стан здоров'я.

Перспективною сировиною для створення хлібобулочних виробів оздоровчого призначення є продукти переробки гречки – джерела повноцінних

рослинних білків, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, фітостеролів, фенольних сполук та інших біологічно активних компонентів.

Гречане борошно – універсальне, його застосування в кулінарії, хлібопекарному і кондитерському виробництві практично не має меж. Воно має високу харчову цінність, легко засвоюється і має гарні смакові якості, високий вміст амінокислот. За вмістом білка борошно з гречки не поступається пшеничному та не містить глютену.

Гречане борошно може бути джерелом підвищення фізіологічної цінності хліба. Використання його в суміші з пшеничним борошном збагачує вироби білком, вітамінами, мінеральними речовинами та іншими біологічно активними речовинами, сповільнює черствіння.

Мигдальне борошно збагачене білками і жирами, використовується в безглютеновій випічці. Воно надає виробам ніжну текстуру, легкий горіховий аромат та підвищену поживну цінність. Завдяки високому вмісту корисних жирів та низькому рівню вуглеводів, його часто застосовують у дієтичному та кето-харчуванні.

Хімічний склад різних видів борошна суттєво різниться, що визначає їхнє застосування (табл.1).

Таблиця 1. Хімічний склад основних видів борошна (на 100 г)

Вид борошна	Білки (г)	Жири (г)	Вуглеводи (г)	Клітковина (г)	Калорійність (ккал)
Пшеничне	10.3	1.2	72.0	2.7	340
Житнє	8.5	1.5	68.0	6.1	325
Кукурудзяне	7.2	1.9	75.0	2.4	365
Вівсяне	13.2	7.0	55.0	10.0	390
Гречане	12.6	3.4	62.0	10.0	335
Мигдальне	21.0	49.0	19.0	10.0	580

Джерело: сформовано автором на основі [2].

Клейковина пшеничного борошна утворює міцний каркас тіста, який утримує вуглекислий газ під час бродіння, забезпечуючи високий об'єм хліба. Чим вищий вміст клейковини (28-30% у борошні вищого гатунку), тим пишнішим буде виріб. Житнє борошно, через низький вміст клейковини, потребує закваски, яка активізує ферментацію й покращує пористість.

Водопоглинальна здатність ще один важливий параметр. Цільнозернове борошно вбирає до 70% води від своєї маси, тоді як борошно вищого гатунку лише 50-55%. Це впливає на консистенцію тіста: житній хліб із обдирного борошна виходить липким і щільним. Температура випікання також залежить від борошна – пшеничний хліб потребує 220-240°C для хрусткої скоринки, тоді як кукурудзяний випікається при 180-200°C, щоб уникнути пересушування.

Органолептичні показники – смак, аромат, колір, є першими, на що звертають увагу споживачі. Пшеничний хліб із борошна вищого гатунку має нейтральний смак і світлу м'якушку, тоді як житній – кислинку й темний відтінок. Гречане борошно додає випічці землистий аромат, а кукурудзяне –

солодкуватий присмак.

Фізичні характеристики, такі як об'єм і пористість, залежать від типу борошна (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив різних видів борошна на технологічні властивості хліба

Вид борошна	Підйом тіста	Пористість	Смак та аромат	Термін зберігання
Пшеничне	Високий	Висока	Нейтральний	Середній
Житнє	Низький	Середня	Кислуватий	Високий
Кукурудзяне	Низький	Низька	Солодкуватий	Низький
Вівсяне	Середній	Середня	Горіховий	Середній
Гречане	Низький	Низька	Інтенсивний	Високий
Мигдальне	Низький	Низька	Горіховий	Високий

Джерело: сформовано автором на основі [1].

Пшеничний хліб вищого гатунку має дрібну, рівну пористість, тоді як цільнозерновий – грубшу й менш однорідну. Житній хліб зазвичай щільніший, але довше зберігає свіжість завдяки природним консервантам у складі. Безглютенові вироби часто крихкі й сухі, що є викликом для пекарів.

Термін зберігання – ще один критерій. Хліб із борошна вищого гатунку черствіє за 3-5 днів, тоді як житній може залишатися м'яким до тижня. Цільнозернове борошно скорочує термін придатності через окислення жирів.

Пшеничний хліб є найпоширенішим і варіюється залежно від гатунку борошна. Хліб із борошна вищого гатунку – це класичний білий хліб, який має високий об'єм, дрібну пористість і ніжну м'якушку. Його смак нейтральний, а скоринка хрустка завдяки високій температурі випікання (220-240°C). Борошно першого гатунку додає хлібу кремового відтінку й легкого аромату, але об'єм дещо знижується через меншу силу клейковини. Другий гатунок робить хліб щільнішим, із насиченим смаком і грубшою текстурою – це типовий «сірий» хліб для щоденного вживання. Цільнозерновий пшеничний хліб має середній об'єм, грубу пористість і багатий смак із нотками зерна. Його перевага – висока поживність, але недолік – швидше черствіння.

Житній хліб – це окремий клас хлібобулочних виробів із виразними особливостями. Хліб із обдирного житнього борошна має середній об'єм і щільну, вологу м'якушку із грубшою пористістю. Його смак кислий, аромат насичений, а колір варіює від світло-коричневого до темно-шоколадного залежно від добавок (наприклад, солоду). Житнє борошно потребує закваски, яка активізує ферментацію й підвищує кислотність, що позитивно впливає на термін зберігання (5-7 днів). Обойне борошно робить хліб ще щільнішим і грубшим, із сильним зерновим смаком, тоді як сіяне борошно дає світліший і легший виріб.

Безглютеновий хліб із кукурудзяного, рисового чи гречаного борошна має свої ознаки. Кукурудзяний хліб виходить низьким, із нерівною пористістю й крихкою текстурою. Його смак солодкуватий, а скоринка хрустка, але без додаткових зв'язуючих компонентів (наприклад, яєць чи псиліуму) він розсипається. Рисовий хліб ніжний і легкий, але сухий, із коротким терміном зберігання (2-3 дні). Гречаний хліб, якщо готувати його в чистому вигляді,

щільний і темний, із горіховим ароматом, але без клейковини він не тримає форму. Для покращення структури безглютенового хліба часто комбінують кілька видів борошна (наприклад, рис із кукурудзою) і додають гідроколоїди [1].

Комбінований хліб із суміші борошна дозволяє досягти балансу між смаком, текстурою й поживністю. Наприклад, суміш пшеничного борошна першого гатунку (70%) і гречаного (30%) дає хліб із ніжною м'якушкою, легким горіховим присмаком і середньою пористістю. Поєднання житнього й цільнозернового пшеничного борошна (50/50) створює щільний, ароматний хліб із тривалим терміном зберігання. Такі комбінації популярні серед пекарів, які прагнуть урізноманітнити асортимент.

Вівсяний хліб виготовляється з вівсяного борошна, яке містить β -глюкани – розчинну клітковину, корисну для травлення. Воно також не має клейковини, тому в чистому вигляді дає плаский, щільний виріб із вологуватою текстурою. Комбінація вівсяного борошна (40%) із пшеничним першого гатунку (60%) дозволяє отримати хліб із м'якою м'якушкою, легким зерновим ароматом і середньою пористістю. Термін зберігання 4-5 днів, що більше, ніж у кукурудзяного хліба.

Порівняльний аналіз показує, що пшеничне борошно ідеальне для пишності, житнє – для смаку й тривалості зберігання, а безглютенові види потребують корекції рецептури. Фізичні властивості хліба чітко відображають ці відмінності.

Висновки. Вид борошна є визначальним фактором якості хлібобулочних виробів, впливаючи на їхній смак, текстуру, зовнішній вигляд і термін зберігання. Пшеничне борошно вищого гатунку ідеально підходить для пишних, легких виробів із ніжною м'якушкою, таких як багети чи булочки. Житнє борошно незамінне для щільних, ароматних хлібів із тривалим терміном зберігання, популярних у традиційних рецептах. Цільнозернове й альтернативні види борошна (спельтове, амарантове, вівсяне) підвищують поживність, але потребують корекції технології для досягнення оптимальної структури. Безглютенове борошно (кукурудзяне, рисове, гречане) відкривають можливості для спеціалізованих продуктів, але вимагають додаткових зв'язуючих компонентів, щоб компенсувати відсутність клейковини.

Список використаної літератури

1. Денисова Н. М., Зінюк М. О., Буяльська Н. П. Використання добавок безглютенового борошна в технології виробництва хлібобулочних виробів. *Технічні науки та технології*. 2019. № 3(17). С. 237-240. DOI: 10.25140/2411-5363-2019-3(17)-234-240.
2. Дробот В. І., Михонік Л. А. Технологічні аспекти використання борошна спельти у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси: збірник наукових праць*. 2014. № 2. С. 15–17.
3. Овсієнко С.М., Науменко О.В. Використання нехлібопекарських видів борошна у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*. 2023. Т. 11. № 20. С. 99-110. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-10>.

4. Писарець О. П., Дробот В. І. Вплив комплексних поліпшувачів на технологічний процес та якість виробів з кукурудзяним борошном. *Продовольчі ресурси*. 2014. Т. 2. № 02. С. 40-42.

5. Формування якості хлібобулочних виробів. URL: https://pidru4niki.com/12201113/tovaroznnavstvo/formuvannya_yakosti_hlibobulochnih_virobiv