ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента

Васильковської Катерини Вікторівни

на дисертацію **Мельника Олександра Сергійовича** на тему

«**Обґрунтування раціональних конструктивних параметрів та режимів роботи гідропонної установки»**,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

133 Галузеве машинобудування

(галузь знань 13 Механічна інженерія)

1. Актуальність обраної теми, її зв'язок з науковими програмами

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності аграрного виробництва в Україні та світі шляхом збільшення врожайності сільськогосподарських культур, покращення їх харчової цінності та якості, а також зниження собівартості продукції та оптимізації використання виробничих площ. Ці завдання мають ключове значення для забезпечення рентабельності агропромислового комплексу.

У цьому контексті, використання гідропонних установок є перспективним напрямком, що дозволяє досягти значного скорочення терміну вирощування широкого спектру культур та підвищення їх врожайності за умов мінімальних капітальних, експлуатаційних витрат та використання виробничих площ.

Незважаючи на активну розробку та вдосконалення гідропонних систем, спрямованих на підвищення ефективності подачі поживного розчину, зменшення габаритів та енергоспоживання, існуюча проблематика потребує подальших наукових досліджень. Зокрема, підвищення ефективності виробництва гідропонної продукції неможливе без розробки науково обґрунтованої методики проєктного розрахунку гідропонних установок та відповідного удосконалення їхнього робочого процесу.

Таким чином, розроблення багатоярусних конструкцій гідропонних установок та проведення комплексних теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на виявлення функціонального впливу параметрів робочих органів, є актуальним завданням. Це дозволить суттєво підвищити ефективність функціонування гідропонного обладнання та сприятиме подальшому розвитку інноваційних методів вирощування сільськогосподарських культур.

Дисертація Мельника О.С., метою якої є підвищення ефективності вирощування рослин гідропонним методом шляхом розробки конструкції та обґрунтування параметрів багатоярусної установки спрямована на вирішення вищезазначених проблем.

Актуальність теми та її зв'язок з науковими програмами підтверджується тим, що основну частину одержаних результатів отримано в рамках виконання ініціативних науково-дослідних робіт: «Інтенсифікація процесів механічної обробки сільськогосподарської сировини за вібраційного впливу» (№ РК 0117U004700, період виконання 2017-2022 рр.) та

«Високоефективне обладнання для здійснення масо- та теплообмінних процесів у харчовій та переробній галузі» (№ РК 0122U002098, період виконання 2022-2026 рр.).

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наукові положення, висновки та рекомендації, наведені в дисертації, є достовірними і належним чином обґрунтованими. Автором проведені теоретичні та експериментальні дослідження з використанням розроблених та відомих методик, використані літературні джерела.

Висновки дисертації є достатньо обґрунтованими та підтверджені необхідною кількістю експериментальних досліджень, що проведені як в лабораторних, так і виробничих умовах.

У першому пункті загальних висновків автор наводить розробку конструкції багатоярусної гідропонної установки, що характеризується значно меншими непродуктивними витратами поживного розчину порівняно із базовими конструкціями гідропонних установок, а також мінімізацією експлуатаційних витрат за рахунок відсутності спеціальних пристроїв для поливу вирощуваних рослин. Перший пункт цілком відповідає першій задачі досліджень щодо розробки схеми багатоярусної гідропонної установки для вирощування салату та мікрозелені.

У другому та третьому пунктах наведено результати теоретичного аналізу та розробки математичних моделей, які описують динаміку масообміну в субстраті при крапельному живленні рослин мінеральним розчином з урахуванням здатності випаровування листової частини рослини. З використанням цих моделей розроблено структурні схеми живлення рослин з контурами концентрації живильного розчину та сонячного опромінення, що регламентують процес автоматичного керування подачі та споживання живильних речовин рослинам закритого ґрунту. Третій пункт також включає дослідження технічної системи «сипуче середовище–лоток» та отримання математичної моделі, що функціонально описує зміну коефіцієнта заповнення площі прямокутного лотка посівним матеріалом залежно від кута нахилу та кількості коливань лотка. Встановлено, що теоретичне значення коефіцієнта заповнення площі лотка змінюється в межах від 0,1 до 1,27 за зміни кута нахилу лотка від 0,262 рад (15 град.) до 0,785 рад (45 град.) та кількості коливань лотка 1, 2, 3, 4 рази. За кількості коливань лотка рівному 3 рази, значення коефіцієнта заповнення площі лотка знаходиться в межах від 0,7 до 0,9 за зміни кута нахилу лотка від 15 до 45 град. Дані пункти відповідають задачам 2 та 3 досліджень щодо розробки математичної моделі процесу мінерального живлення рослин та математичного моделювання процесу переміщення посівного матеріалу по гладкій поверхні прямокутного лотка.

Четвертий пункт присвячений результатам експериментальних досліджень. Встановлено, що за зміни часу опромінення та інтенсивності опромінення рослин, відповідно, в діапазоні від 8 до 24 год та від 10 до 30 Вт/м² площа листкової поверхні рослин салату збільшується в середньому

в 1,7…3,2 рази, а за зміни інтенсивності опромінення рослин в діапазоні від 10 до 30 Вт/м² маса листя рослин салату збільшується приблизно в 3,6…3,9 рази. Значне збільшення площі листкової поверхні рослин салату (майже в 1,6 рази – від 500 до 850 см²) спостерігається за дози опромінення, яка більша за значення 350 Вт год./м², при цьому в межах зміни дози опромінення від 480 до 720 Вт год./м² приріст площі листкової поверхні рослин салату незначний – в середньому на 40…50 см². Експериментально встановлено, що за зміни кута нахилу лотка в діапазоні від 10 до 30 град та кількості коливань лотка в діапазоні від 1 до 5 раз, коефіцієнт заповнення площі лотка насінням сочевиці збільшується в середньому в 1,2…1,5 рази. Функціональна зміна вологості насіння в межах збільшення від 14 до 18% призводить до зменшення коефіцієнта заповнення площі лотка насінням сочевиці, але суттєво не впливає на зміну значення коефіцієнта заповнення. При цьому за кількості коливань лотка рівному 3 і 4 рази, різниця значень незначна та становить у середньому 5…10%. Даний пункт відповідає четвертому пункту задач досліджень щодо проведення експериментальних досліджень.

У п'ятому пункті для досягнення високоефективної комплексної автоматизації гідропонного технологічного обладнання було розроблено структурну модель автоматизованого регіонального гідропонного виробничо-логістичного об’єднання та блок-схему алгоритму автоматизованого синтезу й аналізу варіантів його функціонування. Запропоновано перспективні напрями удосконалення гідропонних систем і розроблено методологію розрахунку ключових параметрів запропонованих гідропонних установок, представлену у формі математичних залежностей. Цей пункт відповідає п’ятій задачі досліджень щодо пропозиції структурної схеми та математичного опису системи автоматизованого функціонування гідропонного обладнання.

Шостий пункт відображає річний економічний ефект від впровадження комплексу багатоярусних гідропонних установок в умовах виробництва, який становить 747171 грн. за терміну окупності 1,2 роки. Цей пункт відповідає шостій задачі досліджень щодо визначення економічної ефективності застосування розробленої багатоярусної гідропонної установки.

Усі пункти висновків логічно випливають з результатів досліджень, приведених автором у дисертації.

3. Повнота викладу результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 11 наукових працях, у тому числі 6 статях у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування, 1 патенті України на корисну модель, 1 свідоцтві про реєстрацію авторського права на твір, 4 тезах доповідей у збірниках доповідей науково-практичних конференціях.

Наведені публікації відображають основний зміст дисертації.

4. Наукова новизна одержаних результатів та їх значення для науки та виробництва

Розроблено математичну модель, яка описує функціональну зміну процесу мінерального живлення рослин під час вирощування гідропонного салату в теплиці на основі аналізу масообміну складових компонентів коренежиттєвого середовища рослини записану в параметричній і операторній формі. Розроблено емпіричні моделі, які описують і характеризують зміну показників якості розвитку рослини салату в теплиці (площі листкової поверхні та маси листя) залежно від параметрів їх опромінення. Набули подальшого розвитку математична модель функціонального процесу переміщення посівного матеріалу по гладкій поверхні прямокутного лотка під час вирощування мікрозелені гідропонним способом із врахуванням обертання лотка в протилежні сторони, а також математичний опис системи автоматизованого функціонування сучасного гідропонного обладнання із застосуванням методів механіко-математичного моделювання та числового розв'язку задач з використанням програмного забезпечення для персонального комп'ютера. Також набула подальшого розвитку емпірична модель функціональної зміни коефіцієнта повноти заповнення поверхні прямокутного лотка посівним матеріалом залежно від вхідних факторів параметрів процесу.

Результати експериментальних та теоретичних досліджень щодо розробки структури та алгоритмів роботи автоматизованої системи керування режимними параметрами гідропонної установки використовуються у навчальному процесі Вінницького національного аграрного університету при викладанні навчальних дисциплін «Мехатроніка і мобільна робототехніка» та «Система точного землеробства». Розроблена багатоярусна гідропонна установка проходила виробничу перевірку на базі ПСП «Агрофірма Нападівська» (с. Нападівка, Вінницький район, Вінницька область). Результати досліджень підтвердили технологічну ефективність застосування розробленої багатоярусної гідропонної установки в виробничих умовах під час вирощування салату в теплиці. Підприємство ТОВ «Агромаш-Калина» (м. Калинівка, Вінницька область) отримало конструкторську і технологічну документацію для виготовлення дослідних зразків гідропонних установок для виробничих випробувань і серійного виробництва.

5. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

Обсяг роботи складає 219 сторінку комп'ютерного тексту, зокрема, 17 сторінок додатків та 19 сторінок списку використаних джерел, який містить 200 найменування. Основна частина дисертації викладена на 177 сторінках тексту і містить 87 рисунків та 9 таблиць.

У вступі, у відповідності з вимогами, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і задачі досліджень, представлено

наукову новизну і практичне значення одержаних результатів наукових досліджень.

У першому розділі «Аналіз технологій та обладнання для гідропонного вирощування сільськогосподарських культур» на основі аналізу існуючих технологій та обладнання для гідропонного вирощування сільськогосподарських культур виявлено їхні основні недоліки: значні

листя – лінійною, при їх прямій кореляції.

7.6. Представлені результати моделювання процесу мінерального