

## РЕЦЕНЗІЯ

**КОНДРАТЮКА Дмитра Гнатовича,**

к.т.н., доцента, доцента кафедри агроінженерії та технічного сервісу

на дисертаційну роботу **Замрія Михайла Анатолійовича**

**«Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для сушіння насіннєвої маси люцерни»**, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

### **1. Актуальність теми і зв'язок із науковими планами і програмами**

Для успішного вирішення післявоєнної продовольчої безпеки України передбачено, в найближчий період, значно поліпшити якість та збільшити кормову базу галузі тваринництва.

З цією метою необхідно розширити посіви багаторічних трав, насамперед, таких як конюшина, тимофіївка та люцерна. Щоб домогтися значного збільшення площ під посівами цих сільськогосподарських культур, необхідно мати достатню кількість якісного насіння.

Проте існуючі технології збирання люцерни не забезпечують необхідних показників якості збирання – безповоротні втрати насіння люцерни можуть становити 56-60%. Високими залишаються також якісні втрати насіння люцерни.

Викликано це тим, що в умовах кліматичної зони насіннєва маса люцерни під час збирання має підвищену вологість, яка навіть за порівняно невеликої вологості 18-20% дуже швидко призводить до її самонагрівання та значного зниження кондиційних показників.

Важливим резервом збільшення виробництва насіння люцерни є вдосконалення наявних технологій збирання та післязбиральної доробки насіннєвої маси люцерни на стаціонарі шляхом її сушіння у сушильних установках, що забезпечить додатковий обсяг зібраного насіння.

Однак режими сушіння насіннєвої маси люцерни в умовах підвищеної вологості ще недостатньо вивчені, а більшість господарств не забезпечені сушильним обладнанням. Існуючі технології сушіння та сушильне обладнання потребує

подальшого вдосконалення.

У зв'язку з цим, розробка нових сушильних установок для сушіння насінневої маси люцерни та дослідження впливу параметрів і режимів роботи обладнання для підвищення технологічної ефективності збирання люцерни є важливим науковим завданням.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційну роботу виконано у Вінницькому національному аграрному університеті, а основну частину одержаних результатів отримано в рамках виконання госпдоговірної та ініціативної науково-дослідних робіт: «Дослідження конструктивно-режимних параметрів енергоефективного обладнання для сушіння сільськогосподарських матеріалів» (№ РК 0122U201558, період виконання 11.2022-11.2023 рр.) та «Високоєфективне обладнання для здійснення масо- та теплообмінних процесів у харчовій та переробній галузі» (№ РК 0122U002098, період виконання 03.2022-03.2026 рр.).

## **3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Дисертаційна робота має чітку логічну структуру та повною мірою охоплює всі етапи наукового дослідження – від аналізу існуючих конструкцій сушарок та постановки задач до розробки нових підходів, математичного моделювання, експериментальної перевірки та формулювання висновків і рекомендацій. У кожному розділі простежується послідовність наукового мислення, цілеспрямованість дослідження та відповідність між поставленими завданнями, проведеними дослідженнями і зробленими висновками.

У вступі автор чітко визначив мету, завдання, об'єкт, предмет дослідження, а також обґрунтував актуальність тематики у межах галузі знань 13 «Механічна інженерія» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

У першому розділі наведено аналіз способів сушіння насінневої маси люцерни на стаціонарі, конструкцій робочих органів сушильних установок та наведено аналіз

відомих результатів теоретично-експериментальних досліджень процесів сушіння.

У другому розділі наведено опис розробленої сушильної установки та теоретичний аналіз технологічних процесів сушіння насінневої маси люцерни без відокремлення листостеблової маси.

У третьому розділі наведено програму, опис експериментальних установок і методику проведення експериментальних досліджень.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень із визначення фізико-механічних характеристик і теплофізичних властивостей насінневої маси люцерни та з визначення основних показників процесу сушіння насінневої маси люцерни в шарі без відокремлення листостеблової маси.

У п'ятому розділі запропоновані рекомендації виробництву для вибору раціональних параметрів і режимів роботи сушильного обладнання і розрахований економічний ефект від застосування розробленої сушильної установки. Окремо відзначено приклади практичного застосування результатів дослідження на базі фермерського господарства та машинобудівного підприємства, а також включення матеріалів дисертації до навчального процесу ВНАУ за ОПП «Агроінженерія».

Висновки дисертації структуровані, відповідають меті й завданням дослідження, чітко формулюють нові наукові положення, підтверджені експериментально і теоретично. Рекомендації мають прикладний характер і є придатними для використання у промисловості, аграрному секторі економіки, а також у навчальному процесі.

Загалом, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій є високим. Дисертаційна робота демонструє комплексне вирішення науково-практичної проблеми та має значну цінність як для подальших наукових досліджень, так і для виробничого впровадження.

#### **4. Наукова новизна одержаних результатів**

На основі проведеного комплексу наукових досліджень обґрунтовано основні параметри процесу сушіння насінневої маси люцерни в багатошаровому просторі сушильної установки без відокремлення листостеблової маси.

Вперше розроблено:

- детерміновані математичні моделі, які описують функціональну зміну постійної та спадаючої швидкості сушіння насінневої маси люцерни залежно від параметрів процесу сушіння;

- емпіричну модель функціональної зміни вологовмісту в шарі насінневої маси люцерни без відокремлення листостеблової маси залежно від зміни висоти шару та часу сушіння.

Набули подальшого розвитку:

- залежність, яка описує функціональну зміну втрати тиску повітря в шарі насінневої маси люцерни залежно від параметрів процесу сушіння;

- залежності для визначення часу та питомої витрати повітря в процесі сушіння насінневої маси люцерни залежно від параметрів теплоносія.

Уточнено емпіричні моделі, які описують функціональну зміну:

- втрати тиску повітря в шарі насінневої маси люцерни залежно від зміни висоти шару, швидкості руху повітряного потоку, коефіцієнт пористості шару;

- швидкості сушіння насінневої маси люцерни залежно від зміни висоти шару, швидкості руху повітряного потоку.

## **5. Достовірність отриманих результатів і висновків**

Достовірність отриманих результатів дослідження з обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для сушіння насінневої маси люцерни забезпечується коректним формулюванням мети, задач та послідовним вирішенням науково-технічних питань, що постають у ході дисертаційної роботи. Надійність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується відповідністю використаної методології специфіці поставленої задачі, повнотою теоретичного аналізу та експериментального вивчення об'єкта дослідження, а також застосуванням комплексу методів, що адекватно відображають особливості процесу сушіння на розробленому сушильному обладнанні.

## 6. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Результати еспериментальних та теоретичних досліджень процесу сушіння насінневої маси люцерни впроваджено у навчальний процес у Вінницькому національному аграрному університеті при викладанні навчальної дисципліни «Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів». Виробничі випробування були проведені на базі ФГ «Бухнівське». Експериментальні дослідження процесу сушіння насінневої маси люцерни проведено з застосуванням сушильної установки з метою виявлення закономірностей, які визначають функціональний характер зміни основних показників, які регламентують даний процес.

Експериментальні дослідження з визначення вологовмісту  $W_{в.ш}$  (кг вол./кг абс. сух. реч.) у шарі насінневої маси люцерни провели на основі реалізації планованих двофакторних експериментів на трьох рівнях варіювання вхідними факторами з трикратною повторністю кожного експерименту.

На основі проведеного аналізу встановлено, що за зміни висоти шару насінневої маси люцерни в межах 0,3–1,5 м та тривалості сушіння в межах 2–12 год функціональні апроксимовані значення вологовмісту в шарі суміші (за умови відокремлення від неї листостеблової маси) знаходяться в діапазоні від 0,15 до 2,39 (кг вол./кг абс. сух. реч.).

Встановлено, що інтенсивність просушування нижніх шарів (0,3–0,9 м) є меншою, ніж у верхніх шарах (0,9–1,5 м). Наприклад, за часу сушіння 2 год при зменшенні висоти шару від 0,9 до 0,3 м вологовміст зменшується на 0,22 кг/кг, тоді як при зменшенні висоти шару від 1,5 до 0,9 м – на 0,34 кг/кг. Аналогічні закономірності підтверджуються й за часу сушіння 7 та 12 год, коли різниця зменшення вологовмісту між нижніми та верхніми шарами є ще більш відчутною.

Отримані результати дозволяють прогнозувати значення вологовмісту за будь-якого поєднання висоти шару та часу сушіння. Так, наприклад, при висоті шару 0,8 м та часу сушіння 7 год показник становить 1,07 кг вологи/кг абсолютно сухої суміші.

До ТОВ «Агромаш-Калина» (м. Калинівка, Вінницька область) передано

конструкторську та технічну документацію, що дозволяє виготовити сушильне обладнання для проведення виробничих випробувань і серійного виробництва.

## **7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях**

Дисертація має чітку та логічну структуру. Основні висновки та рекомендації логічно випливають із результатів, представлених у розділах роботи.

Проведено перевірку дисертації на наявність академічного плагіату, результати якої свідчать про високу індивідуальність наукового дослідження. Протягом усього тексту дисертації простежується авторський стиль викладу.

Усі основні положення та найважливіші результати дисертації, подані до захисту, опубліковані у необхідному обсязі у фахових виданнях України. Основні положення дисертаційної роботи представлені у 8 наукових працях, у тому числі 2 статті, які опубліковані у журналах, які індексуються міжнародною науково-метричною базою Scopus, 2 статті у наукових фахових виданнях України (категорії Б); 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір, 3 тези у збірниках доповідей наукових конференцій.

Таким чином, вимоги щодо кількості та якості наукових публікацій повністю виконано.

## **8. Недоліки та зауваження щодо змісту дисертаційної роботи**

8.1. У тексті дисертації формулювання мети дослідження подано декілька разів у різних структурних частинах роботи, що створює певну надлишковість викладу та потребує більш чіткого розмежування між формулюванням мети, її уточненням і конкретизацією завдань.

8.2. У поясненні до залежності (1.1) (с. 38) зазначено, що  $V$  — це швидкість повітря у вільному перерізі, однак термін «вільний переріз» у контексті фільтрації через пористе середовище потребує додаткового уточнення, оскільки його фізичний зміст може трактуватися неоднозначно.

8.3. У першому абзаці на с. 8 наведено оцінку зміни швидкості сушіння при

збільшенні висоти шару з 0,3 до 1,5 м, однак кількісна інтерпретація цього зменшення викладена не достатньо однозначно, що ускладнює коректне сприйняття встановленої закономірності.

8.4. У роботі використано поняття «середня швидкість сушіння у першому періоді», що потребує уточнення з позицій класичної теорії сушіння, оскільки перший період традиційно характеризується сталою швидкістю процесу.

8.5. При визначенні швидкості сушіння використано розмірність, що в окремих фрагментах роботи може бути інтерпретована як одиниця виміру вологості, що потребує чіткого розмежування понять «вологість» і «швидкість зміни вологовмісту» та уніфікації позначень.

8.6. У тексті дисертації застосовано окремі терміни («етапи сушіння», «падаюча швидкість»), які доцільно було б узгодити з усталеною термінологією теорії сушіння («періоди сушіння», «період спадної швидкості»).

8.7. У третьому абзаці на с. 7 наведено взаємозв'язок між температурою нагрівання бобів та їх щільністю, однак механізм такого взаємозв'язку не отримав достатнього фізичного пояснення в тексті.

8.8. З матеріалів дисертації не повною мірою зрозуміло, за яких початкових умов (вологість матеріалу, параметри зовнішнього середовища) доцільно застосовувати підігріте повітря, а в яких випадках можливе ефективне використання атмосферного повітря.

8.9. Висновки до розділу 1 потребують більш чіткої аргументації з позицій встановлення наукових передумов для подальших теоретичних та експериментальних досліджень.

8.10. Перший абзац після залежності (2.35) (с. 70) сформульовано недостатньо коректно з точки зору логіки переходу від аналітичного виразу до його фізичної інтерпретації.

8.11. У роботі наведено рівняння регресії у натуральних значеннях факторів, однак для повноти статистичного аналізу доцільним було б подати також рівняння у закодованих змінних, що дозволило б наочніше оцінити відносний вплив кожного фактора на критерій оптимізації.

8.12. Обґрунтування вибору факторів багатофакторного експерименту, а також рівнів і інтервалів їх варіювання потребує більш розгорнутого пояснення з позицій теоретичних передумов і технологічних обмежень процесу.

## 9. Висновки до дисертаційної роботи

Дисертаційна робота, присвячена обґрунтуванню параметрів та режимів роботи обладнання для сушіння насінневої маси люцерни охоплює теоретичний аналіз, математичне моделювання та експериментальну перевірку, містить науково обґрунтовані результати досліджень та має як теоретичне, так і практичне значення. Представлений матеріал свідчить про актуальність проблематики, обґрунтованість викладених здобувачем наукових положень і висновків, новизну отриманих результатів та їх практичне застосування. Представлена робота повністю відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами) та наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), і може бути представлена для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді, а її автор – Замрій Михайло Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Рецензент, к.т.н., доцент, доцент кафедри  
агроінженерії та технічного сервісу  
Вінницького національного аграрного  
університету

Дмитро КОНДРАТЮК

Підпис Кондратюка Д.Г. засвідчую:

Вчений секретар



Тетяна КОРПАНЮК