

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**Зозуляка Ігоря Анатолійовича**, кандидата технічних наук  
на дисертаційну роботу **Замрія Михайла Анатолійовича**  
**«Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для сушіння  
насінневої маси люцерни»**,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

### **1. Актуальність теми.**

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

Однак режими сушіння насінневої 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. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності процесу сушіння насінневої маси люцерни шляхом обґрунтування параметрів та режимів роботи сушильної установки.

Спрямованість проаналізованої роботи свідчить про напрямок досліджень на вирішення актуальної проблеми підвищення ефективності процесу сушіння насінневої маси люцерни шляхом обґрунтування параметрів та режимів роботи сушильної установки.

Об'єктом дослідження є технологічний процес сушіння насінневої маси люцерни в сушильній установці.

Робота структурована та складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури з 122 найменувань на 14 сторінках, 23 додатків на 19 сторінках. Основні результати роботи викладено на 154 сторінках, де містяться 54 рисунки і 14 таблиць. Загальний обсяг дисертації складає 197 сторінок. Основними завданнями є розробка математичних моделей та розробка залежностей для визначення часу та питомої витрати повітря в процесі сушіння насінневої маси люцерни залежно від параметрів теплоносія та дослідження функціональної зміни опору повітря в шарі насінневої маси люцерни залежно від параметрів процесу сушіння.

### **4. Наукова новизна і теоретичне значення дисертації.**

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

Уперше розроблено детерміновані математичні моделі, які описують функціональну зміну постійної та спадаючої швидкості сушіння насінневої маси

люцерни залежно від параметрів процесу сушіння. Також уперше розроблено 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 витрати тиску повітря в шарі насінневої маси люцерни залежно від параметрів процесу сушіння та залежності для визначення часу та питомої витрати повітря в процесі сушіння насінневої маси люцерни залежно від параметрів теплоносія.

Новизна технічних рішень підтверджена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір № 141367 «Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Ескізне креслення «Принципова схема пристрою для сушіння поживної суміші люцерни».

Вважаю наукові результати здобувача ваговим внеском у розвиток створення, теоретичного обґрунтування та експериментальних досліджень параметрів та режимів роботи обладнання для сушіння насінневої маси люцерни.

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

Результати експериментальних 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 «Агротех-Калина» (м. Калинівка, Вінницька область) передано конструкторську та технічну документацію, що дозволяє виготовити сушильне обладнання для проведення виробничих випробувань і серійного виробництва.

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

Проведена перевірка дотримання академічної доброчесності підтвердила відсутність ознак недоброчесного запозичення. Результати аналізу засвідчують високий рівень самостійності виконаного дослідження. Впродовж усього тексту дисертації простежується цілісність викладення, що підкріплює авторський стиль і глибоке розуміння досліджуваної проблематики.

Усі ключові наукові положення та результати, які винесено на захист, оприлюднені у відповідному обсязі у фахових наукових виданнях. Здобувачем опубліковано 8 наукових праць, 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.

## **7. Зауваження та рекомендації до дисертаційної роботи.**

1. Критеріальний аналіз у роботі використано переважно для узагальнення та інтерпретації експериментальних результатів, тоді як його прогностичні можливості реалізовані не повною мірою.

Зокрема, безрозмірні критерії (Re, Nu, Sh, Gu), введені в теоретичному розділі, застосовуються головним чином для підтвердження впливу швидкості фільтрації, температури та структури шару на інтенсивність процесу сушіння, але не використовуються як самостійний інструмент для прогнозування режимів за межами експериментально досліджених інтервалів.

2. У розділі 2.1 конструктивні параметри перфорованого дна контейнера, зокрема вибір діаметра отворів  $\varnothing$  3 мм, подані без окремого розгорнутого інженерного обґрунтування.

У тексті не деталізовано, якими саме міркуваннями – аеродинамічними, технологічними чи експлуатаційними – зумовлений вибір цього параметра, зокрема з точки зору співвідношення між розмірами частинок матеріалу, рівномірністю розподілу потоку сушильного агента та запобіганням втратам дрібної фракції.

3. У п. 2.2 при використанні критеріального рівняння (2.4) зазначено, що його коефіцієнти визначаються дослідним шляхом, однак у тексті дисертації не наведено їх конкретних числових значень та не вказано джерело їх походження.

Це ускладнює однозначну ідентифікацію того, чи йдеться про коефіцієнти, запозичені з відомих літературних джерел, чи про параметри, отримані автором у

межах власних експериментальних досліджень, а також певною мірою обмежує відтворюваність розрахункової частини моделі.

4. Чи однакова за фізико-механічними властивостями (характеристиками) насіннева маса люцерни при збиранні технікою різних виробників та у різні терміни.

5. При описі третього варіанту сушіння (розділ 3.3) вказано, що сушіння здійснювали з послідовно зміною подачі сушильного агента, але не наголошено з якою частотою виконується переключення і чим це обґрунтовано.

6. Математичний апарат роботи орієнтований на аналітико-емпіричний опис процесу, що певною мірою обмежує рівень його теоретичної універсальності.

7. У роботі не наведено розгорнутого аналізу похибок вимірювань.

8. Фізична інтерпретація окремих експериментальних результатів подана занадто стисло. Зокрема, при аналізі залежностей інтенсивності сушіння від швидкості фільтрації сушильного агента та температури (розд. 4) автор обмежується констатацією характеру зміни показників, не завжди детально розкриваючи фізичні механізми, що зумовлюють ці зміни, наприклад: – перехід процесу в режим, лімітований внутрішньою дифузією вологи; – вплив зростання аеродинамічного опору шару на ефективність тепломасообміну; – роль гетерогенності насінневої маси у формуванні нерівномірного температурного поля.

## **8. Висновки до дисертаційної роботи.**

Представлена дисертація є самостійним завершеним науковим дослідженням, у якому отримано теоретично й експериментально обґрунтовані результати. Робота присвячена обґрунтуванню параметрів та режимів роботи обладнання для сушіння насінневої маси люцерни охоплюють теоретичний аналіз, математичне моделювання та експериментальну перевірку, містить науково обґрунтовані результати досліджень та має як теоретичне, так і практичне значення для галузі знань 13 Механічна інженерія. Тематика і зміст дослідження відповідають спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Зауваження, висловлені в процесі рецензування, носять несуттєвий характер

і не знижують наукової новизни, практичного значення та достовірності отриманих результатів.

Усе викладене вище дозволяє стверджувати, що з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, дисертація здобувача Замрія Михайла Анатолійовича на тему «Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для сушіння насінневої маси люцерни» за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування, містить науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, має теоретичне та практичне значення і повністю відповідає усім вимогам. 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, кандидат технічних наук,  
старший викладач кафедри охорони праці  
та біотехнічних систем у тваринництві  
Вінницького національного  
аграрного університету



Ігор ЗОЗУЛЯК

Підпис Зозуляка І.А. засвідчую:

Вчений секретар



Тетяна КОРПАНЮК