

## ВІДГУК

*офіційного опонента, доктора технічних наук, професора*

*Паламарчука Ігоря Павловича*

*на дисертаційну роботу Вишнівського Віталія Миколайовича*

*«Енергоефективна камерна сушарка з комбінованим нагрівом теплоносія»,  
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю*

*144 – теплоенергетика*

На розгляд подано дисертаційну роботу, що складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Основний зміст дисертації викладено на 132 сторінках друкованого тексту, який містить 70 рисунків та 5 таблиць; список використаних джерел складається із 72 найменувань, серед яких 50 належить закордонним виданням та лише 7 опубліковані у минулому сторіччі; 3 додатки розміщені на 5 сторінці.

### **1. Актуальність теми дисертації**

Процеси сушіння є одними із найбільш розповсюдженими практично у всіх агропромислових та промислових виробництвах, зокрема, у галузях сучасних процесів переробних і харчових виробництв, хіміко-фармацевтичних технологій, будівельній індустрії, паливно-енергетичних областях, деревопереробних виробництвах. В усіх відзначених виробництвах пріоритет надається їх енергоефективності та екологічній безпеці, що складає основні напрямки розробок, які були представлені до рецензування. Серед основних проблем реалізації даних процесів та технологій залишаються наявність у багатьох представлених галузях застарілого сушильного обладнання, експлуатація якого щорічно призводять до нераціональних витрат великої кількості енергоресурсів та значному забрудненню оточуючого середовища водяними парами, які відносяться до парникових газів. Тому розробка конструктивно-технологічних схем реалізації процесів сушіння продукції та матеріалів з ефективними схемами конвертації енергії та виходом на практичне застосування відкриває широкі перспективи розвитку означених процесів та обладнання та має безумовну **актуальність** і практичну цінність.

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

Виконана робота відповідає Закону України від 12 жовтня 2010 р. №2623 – 14 «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки», основні положення її були викладені у межах держбюджетних тематик 1.7.1.879 «Наукові засади підвищення енергоефективності теплотехнологій при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів» (ДР 0112U002650), 1.7.1.897 «Інтенсифікація тепломасопереносу при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів та розроблення енергоефективного сушильного обладнання». Доробки дисертанта складають проведення та опрацювання результатів експериментальних досліджень.

### **3. Загальна характеристика роботи.**

Хочу відзначити наявність у дисертації глибокого та ґрунтовного експериментального аналізу досліджуваних процесів сушіння та обладнання для його реалізації.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, які чітко за змістом та кількістю відповідають основним висновкам дисертації; наведено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, зазначений особистий внесок здобувача, представлені апробації результатів досліджень.

*До зауважень при викладенні вступу можна віднести те, що останні 2 пункти наукової новизни більше стосуються практичної цінності роботи.*

**Перший** розділ роботи містить достатньо глибокий критичний аналіз існуючих технологій, процесів та обладнання для сушіння у різних галузях промислового, сільськогосподарського виробництва та переробки. Досить докладно представлені основні параметри процесів сушіння при використанні камерних та тунельних апаратів; при реалізації теплообміну конвективним, радіаційним та комбінованим шляхом. Показані основне сушильне обладнання, на базі якого проводились експериментальні дослідження. Даний аналіз дозволив представити основні напрями досліджень, а саме, аспекти застосування камерних сушильних установок, інфрачервоного, конвективного та комбінованого енергоносія для підвищення енергоефективності процесу сушіння.

*До зауважень при викладенні 1 розділу можна віднести:*

- *часто прослідковується просто констатація фактів щодо визначення тунельної сушарки (стор.37), мікрохвилі (стор.47);*
- *не думаю, що потрібний такий детальний опис існуючих технологій та обладнання для сушіння, зокрема, аналіз основних параметрів процесу сушіння при використанні тунельних апаратів, їх докладну класифікацію, графічну інтерпретацію перебігу сторонніх досліджень;*
- *на представлену цифрову та графічну інформацію інших науковців потрібно давати посилання, зокрема, що представлені на рис.1.8, у підрозділі 1.2*

У **другому** розділі традиційно представлені експериментально-вимірювальна база досліджень, дана характеристика об'єкта та предмета досліджень, показані основні методологічні аспекти оцінки головних факторів досліджуваних процесів сушіння; представлено методи обробки результатів досліджень. планування наукових досліджень та методологічні аспекти його реалізації.

*До зауважень при викладенні 2 розділу можна віднести:*

- *традиційно даний розділ потрібно розпочинати формулюванням програми проведення теоретичних та експериментальних досліджень,*

*що дало би змогу системно підійти до вирішення поставлених у дисертації завдань;*

- *висновків після методичного розділу можна не давати, так як вони не несуть елементів наукової новизни;*

У **третьому** розділі дисертант представляє удосконалений експериментальний стенд для дослідження процесів конвективного сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів. При використанні даного модернізованого обладнання були проведені Вишнівським дослідження кінетики процесу сушіння капусти білокачанної, що дозволило відпрацювати режими із застосуванням комбінації інфрачервоного та конвективного сушіння на експериментальному стенді та у тунельній сушарці. Зокрема, була проведена оцінка зміни вологовмісту та температури всередині шару продукції, зміни швидкості сушіння за різних температур теплоносія. Дослідження кінетики процесу сушіння капусти білокачанної на вдосконаленому стенді з інфрачервоним випромінюванням дозволили виявити вплив інфрачервоного випромінювання та конвективного сушіння на тривалість сушіння капусти білокачанної; оцінити зміни параметрів якості білокачанної капусти за даної обробки, використовуючи такі параметри, як коефіцієнти набухання і відновлюваності капусти білокачанної залежно від режимів сушіння.

Такими ж ґрунтовними виявились проведені дисертантом дослідження кінетики процесу сушіння кукурудзи амілопектинової та її насіння. У процесі експериментальних досліджень були опрацьовані вплив температури теплоносія на тривалість сушіння насіння кукурудзи різних сортів, що були використані на підприємствах населених пунктів Городківка, Яланець, Вільшанка, Клембівка, Шарапанівка, Заболотне; визначенні зміни параметрів схожості кукурудзи амілопектинової від температурних режимів сушіння.

Також дисертант Вишнівський В.М. провів комплекс досліджень основних параметрів тепломасообмінних процесів при сушінні колоїдних капілярно-пористих матеріалів, що дало змогу оцінити кінетику сушіння кукурудзи при температурних режимах 50, 60, 70 та 80 °С.

Обробка отриманих даних була здійснена за методами В.В. Красникова, В. А. Данилова при використанні. У результаті дисертантом була побудована узагальнена крива кінетики сушіння; отримана залежність числа Ребіндера від вологовмісту матеріалу, що обґрунтовує ефективність запропонованих режимів.

*До зауважень при викладенні 3 розділу можна віднести:*

- *на мій погляд, представлені розробки стосовно удосконалення експериментального стенду для дослідження процесів конвективного сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів, як і опис самого стенду, дуже органічно вписалися б у 2 розділ;*
- *висновки після розділу не систематизовані, переважно не підкріплені цифровою інформацією за результатами досліджень, яких було проведено дисертантом більш, ніж достатньо.*

У **четвертому** розділі представлено результати досліджень параметрів процесу сушіння картоплі, гарбуза та яблук при використанні модернізованої камерної сушарки. Саме з опису розробок даного устаткування дисертант розпочав розділ, зокрема, з представлення новітніх перетворювачів електричної енергії в теплову, які мають кращу енергетичну ефективність та є досить ефективними нагрівальними елементами для конвективних сушарок. За результатами випробування енергоефективної камерної сушарки з комбінованим нагрівом теплоносія були проведені дослідження кінетики сушіння у камерній сушарці; отримані криві швидкості даного процесу при застосуванні комбінованого конвективно-радіаційного та конвективного способів теплопередачі.

З метою проведення техніко-економічної оцінки досліджуваних процесів дисертант провів розрахунок витрат теплоти на випаровування 1 кг вологи у залежності від температури відпрацьованого сушильного агента. В якості критерія оцінки також була використана залежність зміни числа Ребіндера від вологості картоплі та гарбуза. У результаті були побудовані діаграми погодинних витрат енергії на випарену вологу при завантаженні сушарки на 50% на 100% при  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а також величини погодинних витрат енергії за весь процес.

*Серед зауважень до 4 розділу можна віднести наступне:*

- *знову, на мій погляд, представлені розробки стосовно удосконалення камерної сушарки, були б доцільні у 2 розділі, що значно його підсилили б та заповнили новітнім науковим змістом;*
- *не зрозуміло, чи представлені на рис.4.17 результати є власними: потрібна посилка на джерело, так як висновки інших науковців необхідно розміщувати у 1 розділі.*

**Висновки** до дисертації містять узагальнені наукові та практичні результати, отримані автором у процесі виконання дисертаційної роботи. Усі поставлені задачі чітко прослідковуються в основних висновках, як кількісно, так і якісно.

*До зауважень при викладенні основних висновків можна віднести наступне:*

- *на мій погляд, забагато пунктів представлено для остаточної оцінки результатів досліджень, що свідчить про похибки у систематизації даної наукової роботи;*
- *пункти 2, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12 містять елементи констатації фактів, не достатньо повно підкріплені цифровою інформацією, яку дисертант реально отримав у численних експериментальних дослідженнях;*
- *відчувається нестача якісної інтерпретації отриманих результатів.*

**Мова дисертації** українська, стиль викладення логічний, послідовний, з використанням загальноприйнятої науково-технічної термінології.

Дисертація оформлена відповідно до вимог ДАК України.

## **5. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових досліджень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Дисертація є логічною і аргументованою науковою працею, яка виконана з урахуванням сучасного рівня технологій сушіння продукції сільськогосподарського виробництва при застосуванні конвективної, терморадіаційної та комбінованої теплопередачі процесів, розробленої відповідної техніки для їх реалізації.

Мета роботи та задачі для її досягнення повністю відповідають представленим результатам досліджень. Висновки і рекомендації, що сформульовані дисертантом, підтверджуються матеріалами експериментальних досліджень, патентами на корисні моделі, публікаціями у наукових виданнях, у тому числі й закордонних. На підставі вищевикладеного обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, які містяться в дисертації, не викликає сумнівів.

## **6. Достовірність та новизна наукових положень, отриманих у дисертації**

*Достовірність і обґрунтованість результатів* досліджень та отриманих висновків забезпечена використанням сучасних експериментальних установок для сушіння, зокрема, модернізованих апаратів тунельного та камерного типів; методик досліджень, методів математичного моделювання та статистичної обробки експериментальних даних з використанням комп'ютерних програм; що підтверджені апробацією отриманих результатів на наукових конференціях різних рівнів.

*Наукова новизна отриманих результатів* полягає у наступному:

- на основі експериментальних досліджень графоаналітичним методом оцінена кінетика процесу сушіння капусти білокачанної шляхом комбінованої конвективно-терморадіаційного теплообміну, що дозволило зменшити тривалість сушіння та поліпшити якісні характеристики продукції;
- обґрунтовано основні тепломасообмінні параметри сушіння амілопектинової кукурудзи, зокрема, оптимальну температуру для забезпечення рівномірності прогрівання матеріалу з метою поліпшення якісних характеристик продукту, про що засвідчили проведені експериментальні дослідження на схожість даної продукції залежно від режимних параметрів сушіння;
- експериментальним та теоретичним шляхом були отримані коефіцієнти сушіння із узагальнених кривих сушіння та швидкості сушіння, залежності для визначення тривалості процесу; що дозволило визначити адекватність поведених досліджень, яка не перевищила 5%;
- при використанні в якості критерію оптимізації досліджуваного процесу числа Ребіндера була проведена техніко-економічна оцінка проведених у дисертації досліджень за характером змін витрат енергії на випаровування вологи у процесі сушіння.

## **7. Практичне значення результатів дисертаційної роботи**

Практичну цінність даної роботи відображають наступні чинники:

- модернізовано дослідний конвективно - сушильний стенд розроблена камерна сушарка з комбінованим нагрівом теплоносія;
- розроблені режими сушіння у модернізованій камерній сушарці з комбінованим нагрівом теплоносія;
- проведена оцінка впливу товстопліткових нагрівальних елементів на енергоефективність процесу сушіння та проведена їх успішна апробація у камерній сушарці з комбінованим нагрівом теплоносія;
- проведена оцінка витрати теплоти на випаровування 1 кг вологи у залежності від температури відпрацьованого сушильного агента.

Апробація результатів досліджень підтверджується актами впровадження розробленої сушильної установки та рекомендованих енергоефективних режимів обробки чаполочі пахучої (*Hierochloe odorata*, зубрівки).

## **8. Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях.**

За матеріалами дисертації Вишневського В.М. опубліковано 12 наукових робіт, у тому числі: 5 статей у наукових спеціалізованих виданнях України, перелік яких затверджено МОН України; 1 стаття представлена у виданні, яке включено до міжнародної наукометричної бази SCOPUS; 2 статті у наукових виданнях України; 4 тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Вважаю, що вказані публікації повністю відображують дисертаційну роботу та відповідають її змісту.

## **9. Основні загальні зауваження до змісту дисертаційної роботи**

За змістом та оформленням дисертаційної роботи поданих для рецензування, можна відзначити наступні зауваження.

1. Зауваження до окремих розділів представлено у загальній характеристиці роботи.

2. Прослідковується порушення системності представлених результатів досліджень, зокрема, напрошуються певні узагальнення при аналогічних дослідженнях кінетики сушіння, оцінці якісних характеристик різної продукції; представлення нагрівних елементів (підрозділ 4.1) не потрібно відокремлювати від структурного аналізу модернізованої камерної сушарки (підрозділ 4.2).

3. Мають місце у 1 розділі наявність визначень певних структурних складових досліджуваної тепломасообмінної системи, що не допускається у наукових роботах на відміну від навчально-методичних.

4. Спостерігається певна нерівномірність представлення результатів наукових досліджень за розділами дисертації, основна частина яких зосереджена у 3 розділі.

5. Представлені висновки наприкінці кожного розділу відзначаються загальним викладенням інформації, що нерідко не супроводжується цифровим обґрунтуванням.

### **Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам**

Дисертаційна робота Вишневського Віталія Миколайовича на тему «Енергоефективна камерна сушарка з комбінованим нагрівом теплоносія», відповідає паспорту спеціальності 144 – теплоенергетика.

Наведені у відгуку зауваження не зменшують загальне позитивне враження про виконану автором роботу.

Представлена дисертаційна робота Вишневського В. М. є самостійною завершеною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати стосовно підвищення енергоефективності процесу сушіння досліджуваних сортів кукурудзи та капусти, збереження якісних характеристик даної продукції за конвективного та інфрачервоного теплообміну в окремість та у комбінованому застосуванні.

За актуальністю обраної теми, обсягом та змістом виконаних досліджень, ступенем обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірністю і новизною, а також повнотою їх викладення в опублікованих працях дисертаційна робота відповідає необхідним вимогам МОН та ДАК України, а її автор, Вишневський Віталій Миколайович, заслуговує на присвоєння йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – теплоенергетика.

### **Офіційний опонент –**

доктор технічних наук,  
професор кафедри процесів і обладнання  
переробки продукції АПК Національного  
університету біоресурсів і природокористування  
України Міністерства освіти і науки України

01.06.2023

І.П. Паламарчук

