

Відгук

офіційного опонента доктора технічних наук Гапонюка Ігоря Івановича на дисертаційну роботу Пазюка Вадима Михайловича «Теплотехнічні основи сушіння насінневого зерна», представленої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

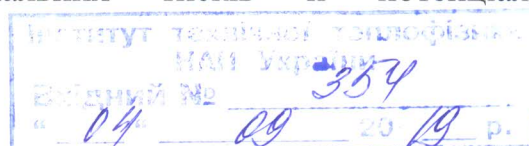
Актуальність теми дослідження.

Частка зернових в структурі здорового харчування людини, за рекомендаціями провідних науковців Західної Європи, перевищує 50 %. Особливості виробництва різних харчових енергоносіїв в поєднанні із демографічними процесами планети у поєднанні із екологічними аспектами обумовлюють зростаюче домінування виробництва рослинної їжі над тваринною. Україна впродовж останніх років вирощує зерно більш як втричі більше від внутрішньодержавної потреби, що дозволяє їй наповнювати половину валютних надходжень державного бюджету від експорту сільськогосподарської продукції. Оскільки зерно зібраного урожаю містить вищу від критичної вологість, тому для приведення його в стійкий стан зберігання зерно сушать.

В структурі енерговитрат агротехнологічного циклу вирощування та післязбиральної обробки зерна, частка витрат з його сушіння сягає 60...75%, а в технології післязбиральної обробки 90 – 95%. Тому досконалість технології сушіння зерна пов'язують із конкурентоспроможністю вітчизняних виробників зерна та зернопродуктів.

У вітчизняній практиці основну частку зерна й насіння сушать у зерносушарках шахтного типу, як вітчизняних, так і закордонних виробників. Коефіцієнт корисної дії більшості вітчизняних сушарок не перевищує 45%, а питомі витрати енергоносіїв з сушіння однієї планової тони зерна продовольчого призначення нерідко перевищують 52 МДж/(1т·1%). Дещо кращий стан з питомими енерговитратами невеликої частки модернізованих вітчизняних та особливо значної частки сучасних іноземних сушарок. Цей факт негативно відображається на експансії іноземних технологій на вітчизняному аграрному ринку.

Дослідженнями вітчизняних і зарубіжних вчених накопичено значний науковий потенціал з питань сушіння насінневого матеріалу, але досі ще потребує уточнень закономірностей тепло-вологообміну малорухомого й рухомого шарів зерна, впливу вихідних параметрів довкілля й особливостей динаміки параметрів течії сушильних газів в шпаринах шарів зерна, закономірностей пошарових в тілі зернини змін структурно-механічних та термолабільних властивостей на різних етапах зневоднення й різного місце розташування зернин в шарах зерна, особливо товщини більшої 0,25 м, впливу перемінного зовнішнього тиску та динамічного тиску течії сушильних газів на рушійний потенціал міжфазової взаємодії, способами управління різницею парціальних тисків й потенціалом відпрацьованих сушильних газів.



Окремим напрямком що потребує нагального вирішення, є питання екологічної складової практики сушіння на рівні екосистеми та здорового харчування. Досі ще мало дослідженими питаннями залишаються термознезараження й термоуправління якісними показниками зерна, як продукту харчування так і насінневого матеріалу. За традиційними технологіями більшу частку насіння овочевих культур сушать довготривалими надміру матеріалоемними способами із частково підігрітим повітрям довкілля, що підвищують ризик його псування та втрат. Тому збереження, а то й покращення якості насінневого матеріалу, підвищення його врожайності відносять до пріоритетних завдань сьогодення.

Проблема раціональної переробки овочевих культур із отримання якісного насінневого матеріалу та порошкоподібних напівфабрикатів, створення технологій та технологічно-апаратурних ліній нерозривно пов'язано із вирішенням проблем енергоефективності та безвідходності виробництва.

Викладене дає змогу зробити висновок про актуальність теми дисертаційного дослідження пошукача Пазюка Вадима Михайловича.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

У дисертації ступінь достовірності та обґрунтованості наукових положень забезпечується кількома чинниками – вдалою і продуманою логікою викладення матеріалу, широтою та різноманітністю опрацьованої здобувачем джерельної бази, використанням сучасних методів досліджень, приладів і комп'ютерних технологій.

Наукові результати узгоджуються із загальновідомими теоретичними положеннями методології сушіння та технології отримання харчових порошків, доповнюючи їх, що свідчить про цінність дисертації.

Дисертаційна робота виконана згідно плану НДР Інституту технічної теплофізики НАН України, за наступними пошуковими тематиками: «Конденсаційний метод сушіння зернових матеріалів з використанням теплонасосної зерносушарки» (0109U002801), «Енергоефективні методи переробки рослинної сировини для отримання функціональних харчових порошків» (0112U000453) автор дисертаційної роботи був відповідальним виконавцем.

Обґрунтованість наукових положень та їх позитивне використання підтверджується апробацією результатів експериментальних досліджень у виробничих умовах.

Здобувач уміє логічно викладати й аналізувати теоретичний матеріал, формулювати виважені висновки, добре орієнтуватися і застосовувати різні методи досліджень.

Дисертація має структуру завершеної науково-дослідної роботи.

Новизна наукових положень, отриманих особисто здобувачем.

Експертиза наукової концепції та позицій наукової новизни, що з неї виходять, дала змогу кваліфікувати роботу В. М. Пазюка за ознаками й

визначити її внесок у вирішення конкретної прикладної проблеми галузі з визначення напряму дослідження в межах проблеми, що розглядається.

Наукова новизна дисертаційної роботи В. М. Пазюка визначається тим, що науково обґрунтовано системний підхід до вирішення проблеми виробництва високоякісного насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур, що дозволяє мінімізувати енергетичні та технологічні втрати, забезпечує раціональне використання ресурсів.

Автором уперше науково обґрунтовано й розроблено методологічні підходи й критерії оцінки кінетики сушіння та якості насінневого матеріалу. Доведено ефективність розроблених енергоефективних режимів для підвищення інтенсифікації процесу за рахунок розробки технологічного процесу із ступеневими режимами.

Вперше на основі комплексних експериментальних досліджень кінетики та схожості насіння зернових культур графічно визначено граничнодопустиму температуру нагрівання матеріалу за допустимої його схожості.

Проведені дослідження із математичним описом процесу сушіння насіння пшениці, ячменю та вівса від дії трьох факторів: температури та швидкості теплоносія, початкової вологості насіння. Отримані рівняння регресії та поверхні відгуку тривалості сушіння, температури нагрівання та схожості насіння.

Автором встановлено закономірності впливу вологовмісту теплоносія на кінетику процесу сушіння насіння зернових та олійних культур. На основі проведених досліджень розроблені сушильні стенди із тепловим насосом та проведене дослідження із сушіння насінневого матеріалу.

Проведені теоретичні дослідження та розвинутий метод Краснікова В.В. для дослідження насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур через узагальнення кривих кінетики процесу та отримання загальної тривалості для насінневих матеріалів.

Проведені дослідження закономірності зміни тепло-масообмінних параметрів із визначення коефіцієнту теплопередачі, критеріїв Ребіндера, Нусельта.

Новизна технічних рішень підтверджена трьома патентами України на винахід.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення дисертаційного дослідження В.М. Пазюка полягає у поглибленні теплотехнічних основ сушіння насінневого зерна із обґрунтуванням процесів управління рушійним потенціалом фазових середовищ перемінним вологовмістом сушильних газів та обґрунтування застосування сушильного обладнання на базі теплового насосу. Розроблені технології сушіння та технологічно-апаратні лінії для виробництва насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур.

Науково обґрунтовано й розроблено ресурсозберігаючі технології із переробки відходів овочевих культур на харчовий порошок при виробництві насіння.

За результатами роботи впроваджені розроблені технології та обладнання на 3-х підприємствах: фермерське господарство “Євгенія” (Кіровоградської обл.), “Люмила-агро” (Вінницької обл.) і на ТОВ “Іжа майбутнього” (м. Київ).

Впровадження результатів роботи підтвержені відповідними актами.

Повнота викладення наукових положень дисертації в опублікованих працях.

Основні положення дисертаційної роботи В.М. Пазюка опубліковано в 45 наукових праць, серед них – 3 монографії, 25 статей (7 статей у наукометричних базах *Index Copernicus*, *SCOPUS*, *WEB OF SCIENCE*, 23 статті у фахових виданнях за переліком МОН України), 10 тез та матеріалів доповідей на міжнародних наукових конференціях, одержано 3 патенти України на винахід та розроблені 4 ТУ України.

У наукових публікаціях Пазюка В.М. відображено основні положення дисертації.

Результати роботи пройшли апробацію на міжнародних і науково-практичних конференціях, дегустаційних нарадах, виставках.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертаційної роботи.

Структура, стиль викладу та мова дисертаційної роботи.

Для роботи є характерним продумана структура, чіткість та логічність розв'язання проблеми, аргументованість підходів щодо вирішення поставлених задач. Дисертаційна робота побудована за традиційною структурою і складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку літературних джерел, який включає 258 найменування і додатків. Дисертаційна робота викладена на 330 сторінках друкованого тексту, містить 56 таблиць, 166 рисунків.

Стиль висловлювання та подача матеріалу досліджень є логічними, послідовними і зв'язаними єдиною цільовою спрямованістю. Стиль викладу матеріалу дисертації, висновків, наукових положень є притаманним науковим дослідженням. Мова дисертації лаконічна, термінологічно відповідає сучасним нормам, коректна та зрозуміла. Оформлення дисертації та автореферату в цілому відповідає вимогам.

Ідентичність змісту автореферату та основних положень дисертації

В авторефераті в стислій формі розкрито актуальність обраної теми, основні наукові результати, які отримано в процесі дослідження, ступінь новизни розробок, основні результати, висновки та рекомендації щодо використання результатів. Автореферат дисертації у повній мірі розкриває основні її положення і є ідентичним за структурою та змістом дисертації.

У розділі 1 „Сучасний стан проблеми енергоефективності процесів сушіння насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур” виконано аналіз сучасного стану виробництва та потреби в насіннєвому матеріалі, розроблена класифікація, що поділяє насіння на зернові, олійні, бобові та технічні культури.

Наведено огляд досліджень з сушіння насіння зернових, олійних, бобових та технічних культур, характеристика методів та сушильного обладнання із рекомендаціями для збільшення інтенсивності процесу.

Викладено бачення пошукача проблем енергоефективності процесів сушіння насінневого матеріалу та розглянуто ним різні технологічні й структурні схеми, а також обладнання з підвищення їх енергоефективності. Власне акцент на вирішенні проблем енергоефективності пошукач зробив на окремому напрямку використання теплонасосних технологій та устаткування.

У розділі 2 „Характеристика насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур як об’єкт сушіння, експериментальні установки та методики досліджень” представлено об’єкт, предмет і методи досліджень.

Для характеристики об’єкта сушіння приведені дослідження фізико-механічних, хімічних, гігроскопічних і теплофізичних характеристик насінневих матеріалів. Відмічено пошукачем гірший стан дослідження у вітчизняних та закордонних джерелах властивостей насіння овочевих культур.

В цьому ж розділі представлено положення теорії тепломасопереносу, а також методика математичного планування за ортогональним планом другого порядку при сушінні насіння зернових культур.

Наведена по шукачем методика математичного планування дозволяє комплексно досліджувати вплив на об’єкт сушіння одночасно кількох значимих факторів з отриманням рівняння регресії та побудови поверхонь відгуку.

Надано опис деяких експериментальних сушильних стендів, що дозволяють досліджувати кінетику сушіння насінневого матеріалу в автоматичному режимі з високою точністю отриманих результатів. Розроблені методики роботи експериментальних сушильних стендів та представлена стандартна методика визначення якісних характеристик насіння.

В розділі 3 „Дослідження кінетики сушіння та якості насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур” дисертації розроблені методологічні підходи й критерії сушіння насінневого зерна. На основі комплексу досліджень процесів тепломасопереносу та результатів математичного моделювання здобувачем отримано залежність тривалості сушіння, температури нагрівання матеріалу та схожості насіння від температури й швидкості руху теплоносія, початкової вологості насіння для елементарного шару. Розраховані значення числа Ребіндера та характер його зміни за різних температурних режимів міжфазової взаємодії для елементарного шару уможливили обґрунтувати доцільність вибору ступеневих режимів сушіння дослідних матеріалів. Слід відмітити, що під ступеневими режимами сушіння пошукач розуміє давно відомі спадні режими. В подальшому він розвинув теорію спадних режимів для елементарного шару зерна за різних швидкості, температури та вологовмісту сушильних газів. Комплекс виконаних досліджень дав змогу здобувачеві обґрунтувати раціональні параметри ступеневого режиму сушіння насінневих матеріалів в елементарному шарі, що забезпечують порівняно із традиційними вищу схожість, меншу тривалість й енергоємність процесу зневоднення.

Пошукачем розроблена методика визначення граничнодопустимої температури нагрівання насіння зернових культур від схожості матеріалу та температури теплоносія.

Виконані пошукачем дослідження із сушіння насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур в елементарному шарі, вказали на доцільність застосування ступеневих режимів для насіння пшениці, ячменю, вівса – 65/50°C; сої – 60/50°C; гарбуза та цукрового буряку – 60/40°C. Експериментальними дослідженнями по шукачем доведено, що ступеневі режими сушіння скорочують тривалість процесу на 30 – 40 %, зменшують енергозатрати до 40% із забезпеченням схожості насіння 98 – 100%.

Зменшення вологовмісту теплоносія з 12 до 10 г/кг_{с. п.} для умов сушіння насіннєвого матеріалу в елементарному шарі дозволило інтенсифікувати процес на 12 – 19%.

У розділі 4 „Дослідження кінетики сушіння насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур на сушильних стендах із тепловим насосом” здобувачем експериментально підтверджено технічну можливість і технологічну доцільність використання теплових насосів в сушильних установках з сушіння зерна різного цільового призначення.

Для сушіння зерна насіннєвого призначення пошукачем обґрунтовано розроблені камерна та шахтна сушильні установки із тепловим насосом.

Дисертантом експериментально підтверджено енергоефективні режими технологічного процесу сушіння насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур для шару зерна перемінної товщини від 0,02 до 0,04 м. Наведені результати експериментальних досліджень із використанням теплових насосів довели можливість інтенсифікувати міжфазовий вологообмін до 37%, зменшити питомі витрати теплоти до 40%, покращити насіннєві властивості насіння за показником схожості до 98 – 100%.

За показником енергії проростання насіння, візуальна оцінка інтенсивності росту насіння гарбузи за конвективного способу сушіння із використанням теплового насосу, також довели переваги спадних режимів газами меншого вологовмісту. Відмінність дослідних від контрольних зразків насіння спостерігалися вже на другий – третій дні зі схожістю 100%.

У розділі 5 „Дослідження тепломасообміну при зневодненні насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур” пошукачем представлені теоретичні дослідження сушіння насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур.

Для опису процесів сушіння ним взято за основу методи Краснікова В.В. та Данілова В.А., що набуло розвитку з побудови узагальнених характеристик сушіння зерна насіннєвого призначення різного хімічного складу.

Застосування пошукачем координат « $W - N\tau$ » при побудові ним графічних залежностей з різних режимів сушіння насіння різного хімічного складу та розмірів насінин, дозволило отримати універсальну криву сушіння.

Для отримання так названих «критичних точок» міжфазового вологообміну, що повній мірі характеризують процес сушіння, пошукачем було запропоновано використовувати криві швидкості сушіння з графічним

диференціюванням узагальненої кривої сушіння першого порядку. Отримані таким для насіння пшениці, сої та ріпаку дві критичні точки, а для насіння гарбуза – три. Це доводить різний вплив вихідних параметрів фазових середовищ та швидкості тепло-вологообміну на перебіг процесу зневоднення.

Пошукачем розвинуто відомі дослідження та теоретичні положення з кінетики сушіння в елементарному шарі та уточнено формулу розрахунків загальної тривалості сушіння Краснікова В.В. Ним також отримано уточнені коефіцієнти пропорційності рівнянь конвективного тепло- і масообміну зерна насінневого призначення, що дозволяють запобігати пересушуванню зневоджуваних тіл й усунути відповідні негативні наслідки цього.

Істотним в роботі пошукача є також те, що застосовані ним апаратурне забезпечення й математичні моделі розрахунків тривалості сушіння елементарного шару різного хімічного складу зерна дозволили зменшити відносну похибку експериментальних даних до 3%, що вказує на достатню точність теоретичних розрахунків та можливість застосування для виробничих умов сушіння.

Виконані пошукачем дослідження з визначення теплофізичних властивостей насінневих матеріалів надають роботі комплексності й необхідності для визначення критерію Ребіндера, що в повній мірі характеризує енергоефективність процесу сушіння з відношення на нагрівання матеріалу та випаровування вологи.

У розділі 6 „Розробка енергоефективних теплотехнологій та обладнання для отримання насіння зернових, олійних, овочевих та технічних культур” викладено логічне продовження проведених ґрунтовних наукових експериментальних досліджень, що реалізуються в практичну площину з реалізації наукових положень пошукача.

Застосуванням теплових насосів дисертант управляв рушійним потенціалом фазових середовищ, а тривалістю відлежування в ємності після нагрівання зневоджуваного матеріалу – запобігав погіршення насінневих властивостей й пересушування. В доповнення до викладеного, низькотемпературними режимами сушіння робочими газами пониженого вологовмісту дисертант не лише запобігав механічному пошкодженню (тріщиноутворення) а також травмуванню термолабільних складових насіння.

Наведені в дисертації технологічні схеми та технологічно-апаратурні лінії мають характер завершеності, можуть вирішувати питання не лише енергоефективності з застосування розроблених режимів й теплових насосів, а бути підґрунтям організаційно-технологічних схем безвідходності виробництва.

Запропоновані технологічні рішення рекуперації теплоти з використанням теплових насосів дозволили дисертанту відкрити новий напрямок модернізації зерносушильної техніки, зменшення енергоємності технологій зневоднення зерна та, що особливо хотілося б окремо виділити, - суттєво покращити екологічні показники на рівні захисту довкілля та зменшення забруднення канцерогенами зневоджуваного матеріалу, особливо харчового призначення.

Разом з тим за змістом та оформленням дисертації є деякі зауваження та побажання:

1. Загальні зауваження та побажання до дисертації

1.1. Щодо назви дисертації пошукача витікає, що або ним розроблено нові теплотехнічні основи сушіння насінневого зерна, або альтернативні. Однак за змістом дисертації видно, що дисертант лише удосконалив існуючі положення та надав розвиток відомим способам й режимам міжфазового тепловологообміну.

1.2. Дисертант в своїй роботі нажаль не відмітив наявність давно відомих висхідних режимів які він називає ступеневі;

1.3. Застосуванням дисертантом відмінних від традиційно-уживаних в науковому та виробничому середовищі термінології, як то «теплоносій», «ступеневі режими», «зв'язана волога», «вільна волога», «теплоносій» тощо, дещо ускладнює практичне використання його наукових здобутків;

1.4. Щодо вибору предмету досліджень пошукач чомусь оминув бобові культури, а насіння сої відніс до олійних культур, не обґрунтувавши цього. Хоча в традиційній класифікації сою відносять до бобових культур, ріпак до олійних, а не технічних культур;

1.5. В розрахунках питомих енерговитрат слід враховувати також втрати теплоти на нагрівання конструктивних елементів сушильного агрегату та енергії течії сушильних газів на подолання аеродинамічного опору.

1.6. Суттєвим внеском дисертаційної роботи могли б служити результати з покращення екологічного стану довкілля та зменшення рівня забруднення зневоджуваного матеріалу, на що дисертант приділив недостатньо уваги.

1.7. В тексті дисертації пошукача нажаль мають місце орфографічні помилки та невдало побудовані речення, окремі рисунки виконані із зауваженнями до їх оформлення, що в сукупності ускладнюють сприйняття матеріалу.

2. Зауваження до першого розділу дисертації

2.1. Зміст розділу дисертації з одного боку переобтяжений статистичними даними виробництва овочевого матеріалу й посівів (сс. 50 – 57), з іншого дисертант вкрай обмежено зупинився на технологіях післязбиральної обробки зерна й насіння та оминув технології зберігання;

2.2. Насіння сої, що відносять до бобових культур, пошукач чомусь відніс до олійної. В подальших розділах дисертації те ж саме;

2.3. В п. 1.1.3 дисертант обійшов стороною класифікацію режимів та способів сушіння, зокрема уповільнених, що важливо при сушінні зерна насінневого призначення;

2.4. На с.60 пошукач аналізуючи різні режими сушіння зерна стверджує про недоцільність спадних режимів, що спричиняють начебто «загартовування зерна». Однак спадні режими це не що інше як в авторській редакції ступеневі режими, які в подальших розділах дисертації пошукач досліджує;

2.5. На с.70 дисертант стверджує, що «застосування вібрації дає змогу зменшити швидкість повітря нижче критичної» однак вібрацією можна в даному випадку змінювати лише аеродинамічний опір шару зерна;

2.6. В колонці 5 табл. 1.6 приведені дані про «час перебування зерна в шарі». Однак зерно не може перебувати поза шару оскільки воно і є складовим цього шару;

2.7. Розділ 1.3 та розділ 1.5 – перекликаються і доцільно було їх поєднати;

2.8. На сс. 98 – 101 викладено матеріал не за темою дисертації;

2.9. В табл. 1.13 (с. 104) автор ґрунтуючись на власних дослідженнях наводить питомі витрати теплоти сушіння насіння із використанням теплових насосів в кількості 3,0 – 3,8 МДж/кг випареного вологи як суттєву перевагу існуючих аналогів. Однак цей показник є співставним сучасним модернізованим зерносушаркам вітчизняного виробництва та провідних моделей іноземних виробників;

2.10. Висновки по розділу пошукач обмежив надмірною енергоємністю існуючих зерносушарок та перспективності сушарок із використанням теплових насосів оминувши стороною аналіз сучасних технологій, використання альтернативних видів енергоносіїв та енергії, впливу зернозневоджувальних технологій на екологічну складову, тощо.

3. Зауваження до другого розділу дисертації

3.1. Дисертант застосовує окремо поняття пористості шару та шпаруватості з різними значеннями (табл. 2.5, с. 122). Однак в чому відмінність цих споріднених показників чи особливості використання нажалі не відмічає;

3.2. На с.124 дисертант за аналізом хімічного складу насіння гарбузи зробив висновок, що воно поєднує в собі властивості зернових, олійних та бобових культур, що є спірним;

3.3. В табл. 2.7 та 2.8, досліджуючи хімічний склад зерна пошукач застосовує показник «вода». Однак, на мою думку, було б доцільніше використовувати термін «вологість».

3.4. В табл. 2.7 для деяких показників відсутні одиниці виміру;

3.5. На с. 132 дисертант стверджує, що «при конвективному сушінні градієнт температури направляє потік вологи..», що є спірним. Оскільки градієнт це напрямок, а не величина;

3.6. Із рис. 2.3 та опису до нього не зрозуміло, яка енергія течії або динамічний тиск сушильних газів та як регулюється в сушильній камері об'ємна продуктивність установки;

3.7. В тексті дисертації вказано, що пошукач визначав абсолютно суху масу зразку досліджуваних зразків зерна при обробці експериментальних даних (ф. 2.31, с. 146). Проте із тесту дисертації не зрозуміло, як він її визначав, як враховував при цьому різні форми зв'язку вологи;

3.8. Із наведеного на с. 151 опису експериментальної установки з тепловим насосом не зрозуміло для чого дисертантом довколишнє повітря спочатку нагрівають в регенеративному теплообміннику, щоб надалі його відразу охолодити у випарнику;

3.9. На с.152 дисертант вказує на необхідності сушіння зерна до рівноважної вологості. Однак значення рівноважної вологості може перебувати в широкому діапазоні від перемінних факторів довкілля. Тому мабуть було б

доцільнішим уточнювати конкретні значення вологості зерна (с. 152) або застосовувати загальнонавживаний термін «критична вологість» зерна.

4. Зауваження до третього розділу дисертації

4.1. При виборі режимів сушіння зернових культур на с. 182 дисертації дисертант встановив на мою думку не дуже вдалі діапазони та інтервали варіювання. Діапазон фіктивної швидкості сушильних газів було б доцільно змістити до 0,01 – 0,7 м/с, їх температуру від температури довкілля до 90°C, а крок варіювання меншим втричі;

4.2. Пошукач розвиваючи ідею ступеневих режимів сушіння на с.198 дисертації не розкриває сутність їх переваги над неперервними, не розмежовує висхідні від спадних, ігнорує фактор темперування зерна, інтенсивність теплового потоку та аеродинамічний опір шару зерна;

4.3. Наводячи на с. 200 переваги ступеневих режимів над неперервними за показником схожості, дисертант нажаль не обґрунтував і не навів жодних пояснень чому саме він вибрав спадні, а не висхідні ступеневі режими, та яка все ж таки тривалість складових цих процесів і як їх встановлювати для різних вихідних параметрів фазових середовищ;

4.4. Твердження дисертанта на с.201, що витрати теплоти сушіння пов'язані лише із тривалістю сушіння є спірними оскільки не пов'язані ні з вологонасиченістю відпрацьованих сушильних газів, ні з параметрами довкілля чи іншими складовими. Крім цього в дисертації не виправлено прикру помилку, що за температури теплоносія 50°C начебто «не відбувається витрати енергії на сушіння матеріалу»;

4.5. Аналізуючи на с. 211 вплив різних режимів сушіння насіння сої на її схожість, автор в табл. 3.15, нажаль наводить значення лише для фіксованої початкової вологості насіння 22% та швидкості сушильних газів 1,5 м/с, а не широкого перемінного діапазону.

5. Зауваження до четвертого розділу дисертації

5.1. У своїх дослідженнях на експериментальному стенді шахтного типу із тепловим насосом щодо впливу товщини насіннєвого матеріалу на тривалість зневоднення (с. 235) пошукач довів його значимість. Однак чому в своїх дослідженнях він обмежився лише діапазоном шару зерна 0,02...0,04 м, що на порядок менше виробничих показників, він не пояснив;

5.2. Прикрим є також те, що в своїй роботі пошукач нажаль не розвинув відомі дослідження з впливу активної поверхні, лінійних розмірів та форми насінин різних культур на особливості міжфазового тепловологообміну за різних параметрів сушильних газів;

5.3. В своїх розрахунках енергоефективності технології та сушарок дисертант ніде не вказав показники відносної вологості відпрацьованих газів та їх вологовмісту, а також втрати енергії (теплової й електричної) не пов'язані зі зневодненням матеріалу;

5.4. Не зрозуміло чому пошукач зображення та описи різних стендових установок розмістив в різних розділах дисертації. Зокрема описи стендових установок із тепловим насосом він помістив не в другому а четвертому розділі;

5.5. Наводячи переваги використання теплонасосів в технологіях сушіння за показником питомих витрат теплоти, пошукач нажаль ігнорує сучасні технології іноземних зерносушарок та публічних результатів науковців НУХТ з удосконалення вітчизняних. А для порівняння чомусь наводить російський стандарт ГОСТ 28293-89 (с.248);

5.6. Подаючи технічну характеристику сушильного стенду камерного типу із тепловим насосом (рис. 4.9) на якому він виконував дослідження, пошукач вказує перемінний діапазон швидкості течії сушильних газів в діапазоні 1,0 – 5,5 м/с для камери розміром 0,8x0,8x0,9 м. Однак як він міг забезпечити такі параметри течії газів у своїх дослідженнях, коли для значно меншої товщини шару зерна 0,2 м для забезпечення фіктивної швидкості течії 0,45 м/с втрати аеродинамічного тиску можуть сягати для насіння окремих зернових культур 0,6 – 0,8 кПа.

5.7. Висновків до розділу пошукач помістив лише один без аналізу результатів виконаних ним вагомих експериментальних досліджень;

6. Зауваження до п'ятого розділу дисертації

6.1. Представлені пошукачем в розділі 5.1 і 5.2 методики досліджень кінетики вологообміну та описання мікрокалориферу ДМК1-01, на мою думку, доцільніше було б помістити в другому розділі;

6.2. В таблицях 5.1 – 5.3 та на рис. 5.1 – 5.9 пошукач нажаль не уточнює для якої товщини шару зерна та параметрів фазових середовищ він навів результати своїх досліджень;

6.3. На с.279 дисертації пошукач допустив редакційно некоректну форму викладення своїх досліджень питомої теплоти випаровування насіння гарбузи;

6.4. Узагальнюючи дослідження конвективного тепломасообміну фазових середовищ, пошукач робить спірний висновок щодо пріоритетності процесів нагрівання зневожуваних тіл над їх зневодненням на початковому етапі сушіння;

7. Зауваження до шостого розділу дисертації

7.1. На рис. 6.1 та 6.2 (с. 289) пошукач представив начебто «енергоєфективну технологію виробництва насіння зернових, олійних та технічних культур». Однак насправді це давно відомі технології післязбиральної обробки насіння із властивими їм недоліками;

7.2. Описана пошукачем на с. 292 п'ятизонна шахтна зерносушарка із зоною відлежування після попереднього тепло-вологообміну, нажаль представлена без параметрів шахт, режимів сушіння й тривалості відлежування;

7.3. На с. 296 дисертації пошукач виклав розрахункові формули шахтної зерносушарки із використанням теплового насосу. Однак усі наведені в роботі формули 6.1 – 6.4 стосуються лише теплового балансу, а матеріального (зневоднення) автор нажаль не помістив. Так само він не помістив розрахункові формули втрат теплоти й енергії сушарки;

7.4. В цих же розрахунках п'яти зонної зерносушарки волого-баланс фазових середовищ IV сушильної зони сушарки пошукач застосував некоректну формулу. А для зони охолодження він нажаль не навів розрахунків;

7.5. Вагомі результати досліджень пошукач нажалі не запропонував для більш широкого застосування технологій сушіння зерна, як управління рушійним потенціалом фазових середовищ, підвищення потенціалу сушильних газів, заданої рекуперації теплоти відпрацьованих сушильних газів та конструкцій зерносушарок з підвищення їх конкурентоспроможності. Окремого нарікання заслуговує обмеженого висвітлення пошукачем можливостей застосування своїх наукових напрацювань з покращення екологічних показників роботи сушарок зі зменшення рівня забруднення довкілля та забруднення зневоджуваного зерна. Так само вкрай обмежено автор подав перспективу використання своїх наукових досліджень із поліпшення якості насіння за рахунок підвищення його життєздатності заданими режимами сушіння із його темперування. Нажалі автор також вкрай мало уваги приділив навчально-методичній стороні застосування своїх напрацювань в навчальному процесі та методиках удосконалення вітчизняних зерносушарок.

Загальний висновок та відповідність дисертації вимогам

Більшість наведених зауважень у певній мірі є дискусійними і не торкаються принципових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі й не знижують її загальної позитивної оцінки.

На мою думку відсутність посилань на відомі наукові результати не слід розцінювати як запозичення, оскільки дані відомості є загальноновживаними та широковідомими, такі як на с. 67 (ефективність режимів сушіння); с. 68 (доцільність прогрівання насіння); с. 71 (наведених режимів сушіння на технічні показники зерносушарок); с. 79 (управління режимами сушіння); с. 83 (формула розрахунку енерговитрат); с. 84 (заходів зі зменшення енерговитрат); с. 127 (низької теплопровідності зерна); с. 159 – 160 (вплив робочих газів на тривалість сушіння); с. 198 (відомі дослідження ступеневих режимів); с. 231 (висновків до 3 та 4 розділу) тощо.

Високої довіри заслуговують отримані дисертантом результати експериментальних даних із застосуванням ним сучасних контрольно-вимірjuвальних приладів й технічних рішень, комплексних систем автоматизованого «он-лайн» контролю поточних показників фазових середовищ із одночасним зніманням 5 – 8 показників за 1/10 секунди та їх автоматичним оцінюванням. Застосування пошукачем сучасного програмного забезпечення з автоматичних обрахунків математичних моделей для широкого діапазону перемінних вихідних параметрів дозволило поглибити сучасні знання конвективного тепло-масообміну та підняти їх на більш високий рівень, розвинути існуючі положення теплотехнічних основ сушіння насінневого матеріалу. А застосування процесів управління рушійним потенціалом перемінним вологовмістом робочих газів дозволили відкрити нішу новому напрямку удосконалення зерносушильних агрегатів та підвищення їх конкурентоспроможності, а також новому способу зменшення питомих енерговитрат сушіння рекуперацією теплоти відпрацьованих робочих газів підвищеного вологовмісту.

Застосування пересічних оцінок похибок та значень експериментальних досліджень за дисперсіями, відтворюваності, оцінками статистичної значимості коефіцієнтів регресії, адекватності математичної моделі (критерії Кохрена, Стьюдента, Фішера) в поєднанні з отриманими рівняннями регресії дозволяють з довірою відноситися до отриманих дисертантом наукових результатів досліджень, в тому числі тепломасоперенесення конвективних моделей із замкнутим середовищем з сушіння зерна насінневого призначення

Розвинута дисертантом методика визначення тривалості та швидкості процесів сушіння насінневого матеріалу є ваговим вкладом в теорію та практику зерносушіння, а запропонована ним методика й розрахунки основних складових процесу багатоступеневої зерносушарки із номограмами встановлення граничних температур нагрівання зерна різного цільового призначення – можуть бути застосовані як для традиційних технологій сушіння, так і сучасних.

Що ще слід відмітити, так це нові підходи пошукача в управлінні заданими показниками енергоефективності (енерговитрати, енергії проростання, термостійкість) конвективного сушіння із використанням критеріїв Ребіндера та Нусельта. В поєднанні із чисельними діапазонами, наведеними пошукачем для зерна насінневого призначення різного хімічного складу, дозволяє їх комплексно застосовувати у математичних моделях шахтних і камерних зерносушарок.

Отримані результати досліджень автором на сушильних установках із тепловим насосом на розроблених енергоефективних режимах із перемінним вологовмістом робочих газів для фактично трьох груп насіння зернових, бобових та олійних культур вказують на істотне підвищення схожості на 8 – 15%. Крім цього чи не вперше автором доведена можливість управляти життєздатністю насіння режимами заданої теплової обробки.

Особливо слід відмітити новаторський підхід автора з використанням теплових насосів, як складову сушарок новітнього зразку з комплексним функціонуванням для управління вологовмісту робочих газів та рекуперації вихідних газів.

По енергозатратам скептично сприймаються наведені дисертантом питомі витрати теплоти в межах 3 – 3,5 МДж/кг вип. вологи., оскільки теплонасосні технології дозволяють значно покращити ці показники порівняно із фактичними показниками реально працюючих зерносушарок. Тому для сьогоденних зерносушильних агрегатів коректніше сприймаються цифри 2,4 – 2,6 МДж/кг вип. вологи. Що співставимо із аналогічними показниками широкого діапазону агрегатів іноземного виробництва і дозволяє забезпечити конкурентоспроможність вітчизняних зерносушарок.

Дисертаційна робота має завершений характер, написана чітко й логічно. Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, отриманих автором, не викликають сумнівів. Автором дотримано правил організації досліджень, використано сучасні методи обробки наукової інформації. Здобувач засвідчив уміння чітко висловлювати думку, системно планувати й вирішувати комплекс

експериментальних робіт, робити логічні висновки. Стиль написання дисертації відповідає сучасним вимогам, прийнятим у науковій літературі.

В цілому дисертаційна робота та запропоновані теплотехнічні основи сушіння насінневого зерна можуть бути реалізовані для практичного застосування та в навчальному процесі для студентів теплоенергетичних (144 - Теплоенергетика) та технологічних (181 – Харчові технології) спеціальностей.

Викладене доводить, що за обсягом і змістом, застосованими методиками досліджень і комплексним вирішенням поставлених завдань, обґрунтованістю висновків, науковою і практичною значимістю дисертаційна робота В. М. Пазюка на тему: «Теплотехнічні основи сушіння насінневого зерна» є завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам п. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ № 656 від 19.08.2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р., № 567 від 27.07.2016 р.).

Автор дисертації – Пазюк Вадим Михайлович на основі публічного захисту заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор
професор кафедри технології зберігання і
переробки зерна Національного університету
харчових технологій



І. І. Гапонюк

