

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВЕРХОЛАНЦЕВА ВАЛЕНТИНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 664.72:664.8

**ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ОХОЛОДЖЕННЯ
ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ**

05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та
фармацевтичних виробництв

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства освіти і науки України, м. Мелітополь.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Кюрчев Сергій Володимирович,
Таврійський державний агротехнологічний університет,
кафедра технології конструкційних матеріалів,
завідувач кафедри.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор, академік Академії інженерних наук України
Чурсінов Юрій Олексійович,
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, кафедра технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції, завідувач кафедри.

кандидат технічних наук, ст. викладач
Янович Віталій Петрович,
Вінницький національний аграрний університет, кафедра процесів і апаратів харчових виробництв ім. проф. П.С. Берника, ст. викладач кафедри.

Захист відбудеться ” 9 ” червня 2016 р. о ” 14⁰⁰ ” годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.854.02 у Вінницькому національному аграрному університеті за адресою: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, 2 навч. корп., ауд. 2604.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного аграрного університету за адресою: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3.

Автореферат розісланий ” 6 ” травня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

С.А. Шаргородський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За останні роки країна отримує досить високі валові збори зерна, однак помітно скоротилися його державні закупівлі, знизилася роль заготівельних елеваторів. Зерно нерідко зберігається безпосередньо в господарствах у виробника в очікуванні сезонного підвищення цін. Через слабку оснащеність технічної бази господарств, а часом, незнання технологій зберігання мають місце нераціональне формування партій зерна, зниження його якості і втрати зерна при зберіганні. В нашій країні в нових ринкових умовах сільгосптоваровиробник зацікавлений продавати зерно не відразу після збирання, а в момент максимальних цін на нього. У зв'язку з цим господарства змушені зберігати зерно у себе, створювати інфраструктуру зерносховищ і умови для якісного зберігання.

Завдяки роботам Агронома Є. О., Дем'яненка М. П., Казакова Є. Д., Клеєва І. О., Козьміної Н. П., Макарова В. В., Сергунова В. С., Некрасова Б.П., Трисвятського Л. О., Уколова В. С., Чурсінова Ю.О., Станкевича Г.М., Лукіна Г.Д., Кирпи М.Я. та багатьох інших дослідників різних країн створено обладнання для переробки зерна.

Тому проектування процесів та оснащення для зберігання зерна у зерносховищах, удосконалення способу максимального збереження його вихідних властивостей, що базуються на охолодженні продукції у зерносховищі перед його реалізацією або подальшою вторинною переробкою сировини є актуальним і важливим завданням в процесах виробництва хлібобулочних виробів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота містить результати досліджень, виконаних автором у межах науково-дослідної роботи кафедри обладнання переробних і харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету відповідно до програми №1 науково-дослідних робіт на 2010 – 2015 роки " Розробка технологій і технічних засобів для переробки і зберігання сільськогосподарської продукції" державний реєстраційний номер (0111U002551).

Метою роботи є мінімізація втрат зернокруп'яної сировини та забезпеченні необхідних вихідних показників якості пшениці, шляхом використання процесу охолодження при зберіганні, вдосконаленні зерносховища, та обґрунтуванні ефективних теплофізичних параметрів досліджуваного процесу. Відповідно до поставленої мети були поставлені та вирішені такі задачі дослідження:

- на основі аналізу існуючих способів зберігання зерна визначити та обґрунтувати напрямки його вдосконалення;
- розробити експериментальну модель зерносховища з реалізацією в цьому досліджуваного процесу охолодження;
- розробити методика та програму досліджень, установки для визначення необхідних параметрів теплообміну;
- обґрунтувати фізичну модель взаємодії зернової маси з холодоносієм та розробити функціонально-параметричну схему досліджуваного процесу;
- обґрунтувати раціональні межі зміни основних технологічних та якісних параметрів низькотемпературної обробки зерна пшениці;

- визначити та оцінити техніко-економічну доцільність використання зерносховища із застосуванням процесу охолодження зерна;
- провести апробацію процесу охолодження зерна пшениці у зерносховищі та впровадити дану розробку у сучасних господарствах.

Об'єкт дослідження – технологічний процес зберігання пшениці із застосуванням охолодження у зерносховищах.

Предмет дослідження – закономірності зміни технологічних та якісних параметрів процесу охолодження зерна в зерносховищі під час зберігання.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях фізики, методах диференціальних обчислень та теорії імовірності, математичного моделювання, прикладного програмування. Експериментальна частина досліджень проводилася згідно існуючих методик та галузевих стандартів на спеціально розробленій експериментальній установці з використанням методів математичного моделювання, математичного планування багатофакторного експерименту.

Обробка результатів досліджень проводилася за допомогою IBM – сумісного ПК з використанням табличного процесора Microsoft Excel, програмного забезпечення MathCad, 3D Max та MATLAB.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому:

- на підставі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень отримано математичну модель процесу охолодження зерна у зерносховищі, яка дозволяє дослідити закономірності зміни його основних теплообмінних параметрів;

- набула подальшого розвитку фізична модель взаємодії зернової маси з холодоносієм, для аналітичної інтерпретації тепловологообміну залежно від технологічних параметрів обробки;

- встановлено закономірності зміни показників шпаруватості, вологості, та щільності, що дають можливість прогнозувати вміст клейковини у зерновій масі залежно від режимів її зберігання;

- отримано рівняння тепло-вологообміну, що дозволяє обґрунтувати ефективні робочі режими при взаємодії технологічних середовищ, яке описує зміни параметрів охолоджуючого вологого повітря.

Практичне значення отриманих результатів міститься в:

- обґрунтуванні режимних параметрів охолодження при зберіганні пшениці;
- обґрунтуванні і експериментальному підтвердженні доцільності зберігання пшениці в охолодженому стані в Україні;

- отримані залежностей, що описують показники якості пшениці, які, найбільш впливають на виробництво хлібобулочних виробів;

- проектуванні зерносховища із застосуванням охолодження, на підставі патентів України на корисну модель № 72178 "Пристрій для охолодження й сушіння сільськогосподарських продуктів активним вентиляванням", № 72101 "Спосіб вентилявання сільськогосподарської продукції в сховищах", № 72541 "Сховище для зберігання сільськогосподарської продукції" ;

- впровадженні проектного зерносховища до фізичної особи підприємства "Шевчик" (с. Терпіння, Мелітопольського району, Запорізької області) та у товаристві з обмеженою відповідальністю "Агро-сервіс" (м. Мелітополь, Запорізької облас-

ті) для виробництва хлібобулочних виробів;

– результатів наукового дослідження та розробці лабораторної установки, що використано в навчальному процесі Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь, Запорізької обл.) при викладанні дисципліни "Обладнання складів".

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Постановка задач та їх аналіз виконані з науковим керівником. У публікаціях із співавторами частка усіх співавторів однакова. Авторами проаналізовано науково-технічну та патентну літературу з технології зберігання зерна. Виконано експериментальні дослідження з описом процесу охолодження та показників якостей зерна, тобто дослідження вологості, клейковини та індексу деформації клейковини. Розроблені методики математичної обробки отриманих результатів. Проведено планування багатофакторного експерименту. Сформульовано основні положення та висновки. Постановка завдань, обговорення та обґрунтування результатів досліджень і опису процесу охолодження проводились сумісно з науковим керівником дисертації. У наукових працях, які виконані в співавторстві, дисертанту належить планування і підготовка дослідної роботи, виконання експериментів, аналіз та обробка результатів.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на наукових конференціях, а також було заслухано та обговорено на: щорічних конференціях професорсько-викладацького складу Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь, 2010–2015 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції "Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі" (Харків, 2012, 2013р); VII Міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку" (м. Донецьк - Святогірськ, 2011 р.); XV Міжнародній науковій конференції "Удосконалення процесів та обладнання харчових виробництв та хімічних виробництв" (Одеса 2014р. 8-12 сентября); Міжнародній науково-практичній конференції "Фінансово – економічні проблеми розвитку сільських територій" 6-7 травня 2014р. м. Мелітополь; Всеукраїнській науково – практичній конференції молодих учених і студентів "Інновацій і технології розвитку у сфері харчових виробництв готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємства: наукові пошуки молоді" м. Харків, 2014 р.; Міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні технології харчових виробництв" м. Вінниця (26-27 березня 2015р.); V всеукраїнській науково-практичній конференції "Інноваційні технології в АПК" 19-21 травня 2015 року, Луцьк; IX Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та молодих науковців "Перші наукові кроки" м. Кам'янець-Подільський, 2015р.; Міжнародній науково-практичній конференції, 8-11 вересня 2015р. "Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності" Харків-Мелітополь-Кирилівка; XV Міжнародній науково-практичній конференції: "Наукові перспективи XXI ст.. Досягнення і перспективи нового століття" (Росія, м. Новосибірськ, 16-17.10.2015р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 25 наукових праць, серед них: 2 статті у зарубіжних виданнях, 11 статей, надрукованих у тематичних збірні-

ках, які входять до переліку наукових фахових видань, затверджених ДАК України, 9 тез доповідей на наукових конференціях. За результатами досліджень отримано 3 деклараційні патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 175 найменувань та 8 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 200 сторінок машинописного тексту (основна частина складає 145 сторінок), містить 22 таблиці та 49 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, сформульовані мета і завдання досліджень, наукові положення, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі “Аналіз конструктивно-технологічних аспектів процесу зберігання зерна”. Проаналізовано основні способи та проблеми технології зберігання зерна, переваги та недоліки існуючих способів інтенсифікування процесу охолодження зерна. Розглянуто питання перспективності, розвитку, проблем впровадження, переваг та недоліків. Обґрунтовано принципову схему та конструкції експериментального обладнання.

На основі проведеного аналізу нами пропонується сховище для зберігання сільськогосподарської продукції (рис.1.), що містить повітропідвідні канали 1, прошарки 2 зовнішніх стін 3, прошарок горища 4, простір сховища над продукцією 5 й продукцію 6. Над каналами 1 встановлені перфоровані ґрати 7, які можуть перекриватися поворотними заслінками 8, що встановлені на осях 9. Зовнішні стінки 3 у нижній частині мають жалюзійні отвори 10 для регулювання подачі повітря або крізь прошарки 2 зовнішніх стін і горища 4, або крізь продукцію.

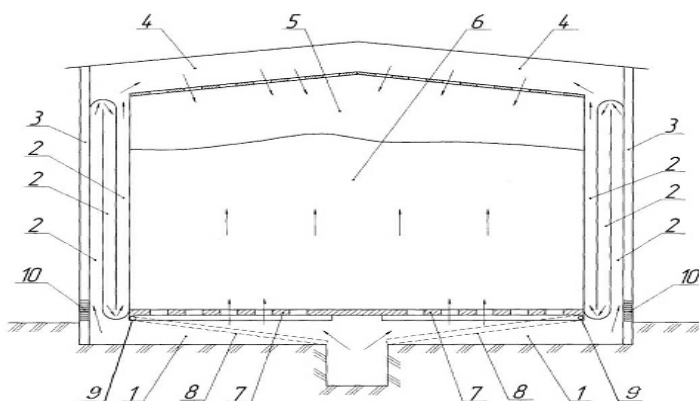


Рис. 1. Згальний вигляд сховища для зберігання сільськогосподарської продукції:

1 – повітропідвідні канали; 2 – прошарки; 3 – зовнішні стіни; 4 – прошарок горища; 5 – простір сховища над продукцією; 6 – продукція; 7 – перфоровані ґрати; 8 – поворотні заслінки; 9 – вісі; 10 – жалюзійні отвори.

Дана конструкція дозволяє уникнути значних втрат зерна, зберегти якість зерна, а також знизити витрати на зберігання. Потік повітря, який проходить крізь

зернову масу, справляє різнобічний технологічний вплив на зерно. Під його дією змінюються газовий склад повітря у міжзернових проміжках, температура і вологість зерна та інтенсивність фізіологічних і мікробіологічних процесів у зерновій масі.

У другому розділі “Методика проведення досліджень та визначення якісних параметрів стану об’єкта обробки” описано методики експериментального моделювання, які були застосовані в роботі: методики визначення фізико-механічних і теплофізичних параметрів процесу охолодження, вологості зерна, площі поверхні зернини, узагальнення чисел подібності процесу охолодження, визначення вмісту клейковини.

Для дослідження процесу охолодження пшениці використовували лабораторні установки, а саме, експериментальні зерносховища. Для кожного із зерносховищ був вибраний температурний діапазон, завдяки якому можливо спостерігати зміну показників якостей пшениці. У процесі охолодження використовували однаковий вхідний матеріал, тобто пшениця на початку експерименту була закладена з однаковими показниками.

Новизна технічного рішення із застосуванням охолодження у зерносховищі захищена трьома патентами на корисні моделі України №72101, №72178, №72541.

Основними елементами експериментальної установки є зерносховища, у яких, завдяки охолоджувачам, відбувався безпосередньо процес охолодження.

Експериментальну частину роботи виконано на базі лабораторій Таврійського державного агротехнологічного університету на кафедрі «Обладнання переробних і харчових виробництв».

За допомогою програми 3D Max можливо зробити 3D-моделювання, анімації, імітації та візуалізації. 3D Max забезпечує доступ до нових ефективних інструментів, підвищує продуктивність і спрощує робочі процеси, що дозволяє більш ефективно працювати зі складними компонентами у високому дозволі

На підставі виконаних експериментальних досліджень нами було зроблено наглядне уявлення процесу охолодження пшениці у зерносховищі в програмі 3D Max (рис. 2, 3).

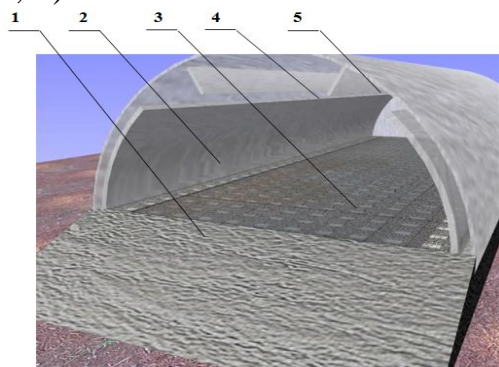


Рис. 2. 3D моделювання зерносховища:
1 – фундамент; 2 – перегородки;
3 – решето; 4 – повітровідводич;
5 – криша.

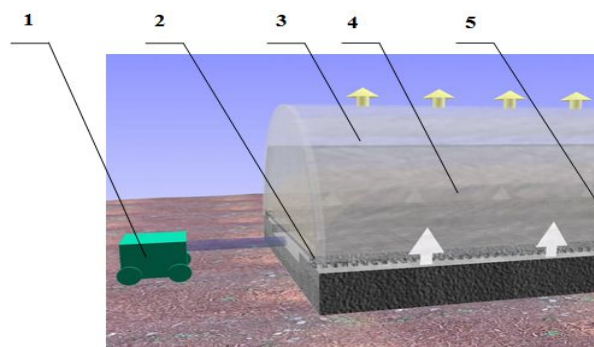


Рис.3. Процес охолодження у 3D моделюванні: 1 – охолоджувач;
2 – криша; 3 – стіни; 4 – зернова маса;
5 – охолоджувальне повітря.

За допомогою цієї програми можливе наглядне зображення застосування ви-

находу у практиці та виявити, що необхідно урахувати під час виробництва, а також зосередитися на окремих деталях під час планування будови або модернізації зерносховища.

У третьому розділі “Теоретичні засади процесу зберігання зернової продукції в охолоджувальних умовах”. Математичний опис процесу охолодження зерна та холодоносія складено у вигляді рівнянь зміни параметрів досліджуваного процесу на виході при наступних припущеннях: рушійною силою процесу теплообміну при охолодженні прийнято різниця температури зерна та холодоносія, різниця парціальних тисків на поверхні матеріалу та холодоносія; градієнтами параметрів процесу по висоті і поперечному перерізу нехтуємо. Охолодження зерна приймаємо безградієнтним.

Процес охолодження у даному випадку описується диференціальними рівняннями:

$$m_v \cdot C_p \frac{dt_2}{d\tau} = G_v \cdot C_p \cdot (t_1 - t_2) - \alpha \cdot f_F \cdot (\bar{t} - \bar{\Theta}) - k_T \cdot \Sigma F \cdot (\bar{t} - t_B), \quad (1)$$

$$m_z \cdot C_z \frac{d\Theta_2}{d\tau} = G_z \cdot C_z \cdot (\Theta_1 - \Theta_2) + \alpha \cdot f_F \cdot (\bar{t} - \bar{\Theta}) - \beta \cdot f_F \cdot (P_n \cdot (\Theta) - P_v) \cdot \frac{P}{P_0} \cdot r', \quad (2)$$

$$m_{zo} \frac{dU_2}{d\tau} = G_{zo} \cdot (U_1 - U_2) - \beta \cdot f_F \cdot (P_n \cdot (\Theta) - P_v) \cdot \frac{P}{P_0}, \quad (3)$$

$$-m_v \frac{dd_2}{d\tau} = G_v \cdot (d_2 - d_1) - \beta \cdot f_F \cdot (P_n \cdot (\Theta) - P_v) \cdot \frac{P}{P_0} \cdot 10^3, \quad (4)$$

$$\bar{t} = 0,5 \cdot (t_1 + t_2); \quad \bar{\Theta} = 0,5 \cdot (\Theta_1 + \Theta_2); \quad \bar{d} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2), \quad (5)$$

де m_v – маса повітря в обсязі зерносховища, кг; C_p – питома теплоємність холодоносія, Дж/кг·°С; t_1 і t_2 – температура холодоносія на вході та на виході з зерносховища, °С; G_v – об'ємні витрати повітря у зерносховищі, кг/с; α – коефіцієнт теплообміну між зерном і холодоносієм, Вт / м²·°С; f_F – загальна площа поверхні зерна, які знаходяться у зерносховищі, м²; P_n – парціальний тиск на поверхні зерна; $\bar{\Theta}$ – середня температура холодоносія, °С; Θ_1 і Θ_2 – початкова та кінцева температура повітря; k_T – коефіцієнт теплопередачі від холодоносія до зовнішнього середовища, Вт/м²·°С; ΣF – сумарна площа стінок зерносховища, м²; t_B – температура повітря у зерносховищі, °С; m_z – вага зерна, що знаходиться в зерносховищі, кг; C_z – питома теплоємність зерна, Дж/кг·°С; G_z – витрата зерна, кг/с; β – коефіцієнт масообміну, кг/м²·Па·с; \bar{d} – середній вологовміст холодоносія, г/кг (сухої речовини); d_1 і d_2 – початковий та кінцевий вологовміст холодоносія, г/кг (сухої речовини); P_v – парціальний тиск холодоносія; m_{zo} – вага абсолютно сухого зерна в зерносховищі, кг; G_{zo} – вихід абсолютно збереженого зерна, кг / с; r' – вільна теплота пароутворення, Дж/кг; U_1 і U_2 – вологовміст зернового матеріалу на вході і на виході з зерносховища, кг/кг (сухої речовини).

Таким чином, процеси тепло- і масообміну при запропонованому способі зберігання описується системою.

Відомо, що процес масообміну зернової продукції збільшується зі збільшенням різниці парціальних тисків парів води на поверхні зерно та повітрям, а також від його швидкості потоку в зерновому шарі. Підвищення температури поверхні вологого тіла супроводжується збільшенням насиченої водяної пари, а, отже, і різниці насиченої водяної пари і водяної пари повітрі. Залежність парціального тиску водяної пари на поверхні зерна від температури, апроксимована лінійним виразом:

$$P_n \cdot (\Theta) = a \cdot \bar{\Theta} - c, \quad (6)$$

де a, c – коефіцієнти з розмірністю: Па/°С, Па, відповідно.

Залежність парціального тиску водяної пари повітрі на основі Іd діаграми можна виразити співвідношенням:

$$P_v \cdot (\bar{d}) = b \cdot \bar{d}, \quad (7)$$

де b – емпіричний коефіцієнт, Па · кг/г

Коефіцієнт масообміну поверхні зерна та повітря залежить від швидкості останнього і цю залежність можна апроксимувати виразом:

$$\beta \cdot (V_v) = a + b \cdot V_{ca}, \quad (8)$$

де V_{ca} - швидкість повітря при подачі, м / с.

При зовнішньому вологообміні, коли відбувається випаровування вологи з поверхні зерна, перенесення пари з його поверхні в навколишнє середовище відбувається в основному за рахунок різниці парціального тиску пари на поверхні зерна та навколишнього середовища. Інтенсивність випаровування визначається за такою залежністю:

$$M = k \cdot (p_H - p_H) \cdot \frac{101,3}{b}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}, \quad (9)$$

де M – швидкість випаровування вологи в кг / с з 1 м² поверхні зерно; k – коефіцієнт випаровування, що залежить від швидкості і характеру руху повітря відносно поверхні випаровування; $p_H - p_H$ – парціальний тиск відповідно насиченої водяної пари при температурі води і водяної пари потоці повітря Н / м²; b – барометричний тиск у Н / м².

Таким чином, при збільшенні швидкості повітря, може бути досягнуто зменшення температури вологого тіла. Однак температура зерна у процесі охолодження не повинна перевищувати меж, що гарантують збереження його якості з урахуванням гранично допустимих значень.

Тому швидкість випаровування вологи з зернового матеріалу, з урахуванням закону Дальтона, а також перерозподілу вологи усередині зерна, складе:

$$M = \Psi \cdot k \cdot (p_H - p_H) \cdot \frac{101,3}{b}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}, \quad (10)$$

де Ψ – коефіцієнт, що враховує зниження швидкості випаровування вологи при її перерозподілі під дією поступової обробки внутрішніх шарів зерна до максимально допустимої температури, становитиме.

$$\Psi = \left(1 - \frac{T_{ca(max)} - (T_{ca(max)} \cdot \Delta)}{T_{кип}} \right), \quad (11)$$

де $T_{ca(max)}$ – максимально допустима температура повітря, °С; $T_{кип}$ – температура кипіння води, °С; Δ – коефіцієнт, що враховує відношення товщини поверхнього і внутрішнього шару ядра зерна (рис. 4).

Перегрів ядра зерна припустимий лише у поверхневому шарі $h_{нов}$. Внутрішній шар ядра повинен бути нагрітий до температури, при якій його білкова частина не руйнується.

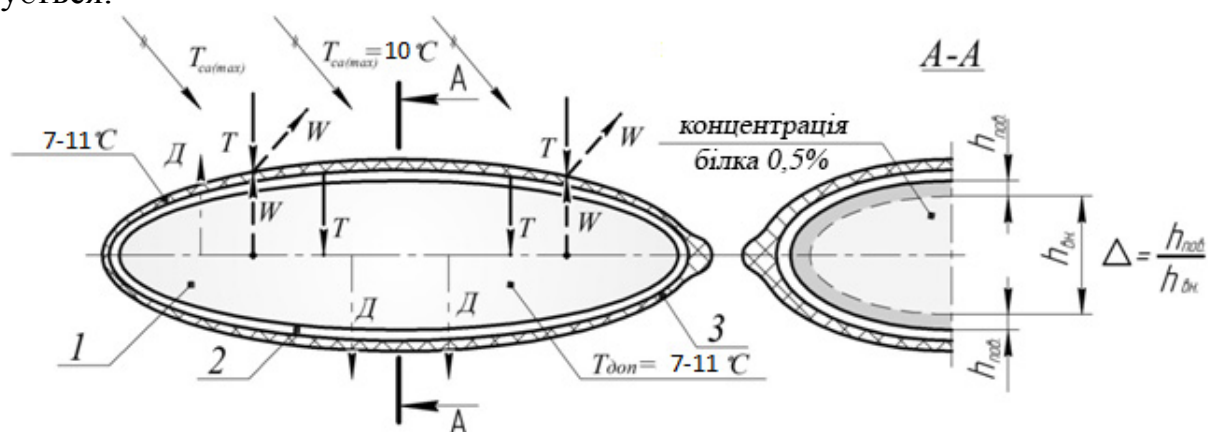


Рис. 4. Розрахункова схема для дослідження зерна у процесі зберігання :

1 - ядро; 2 - повітряна порожнина; 3 - оболонка;

— — — — — - потік холодоносія; ————— - температурний градієнт; — — — — — - градієнт вологовмісту; — — — — — - градієнт тиску

Управління вихідною вологістю матеріалу здійснюється тільки зміною температури повітря.

Враховуючи, що температура на виході з зерносховища t_2 та кінцевий вологовміст d_2 холодоносія швидко набирають постійні значення, то при рішенні рівнянь, можна прийняти $d_2 = \bar{d}$, $t_2 = \bar{t}$ їх постійними в часі і використовувати їх середні значення $\bar{t} = 0,5 \cdot (t_1 + t_2) = 0,5 \cdot (50 + 46) = 48^\circ\text{C}$, $\bar{d} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2) = 7,11 \text{ г/кг}$.

Тоді система спрощується:

$$m_z \cdot C_z \frac{d\Theta_2}{dt} = G_z \cdot C_z \cdot (\Theta_1 - \Theta_2) + \alpha \cdot f_F \cdot (\bar{t} - 0,5 \cdot \Theta_1 + 0,5 \cdot \Theta_2) - \beta \cdot \Psi \cdot f_F \cdot (a \cdot \bar{\Theta} - c - b \cdot \bar{d}) \cdot r', \quad (17)$$

$$m_{zo} \frac{dU_2}{d\tau} = G_{zo} \cdot (U_1 - U_2) - \beta \cdot \Psi \cdot f_F \cdot (a \cdot \bar{\Theta} - c - b \cdot \bar{d}), \quad (18)$$

Для отримання теоретичних кривих охолодження зерна необхідно знайти складові математичної моделі виходячи з особливостей пропонованого обладнання для зберігання сільськогосподарської сировини.

Питому теплоємність зерна у залежності від його вологості можна визначити за емпіричною залежністю:

$$C_z = 1,45 + 0,0274 \cdot W, \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}, \quad (19)$$

де W - вологість зерна, %.

Коефіцієнт тепловіддачі між поверхнею зерна і холодоносія визначається з відомого теплового рівняння :

$$\alpha = \frac{Q}{F \cdot \Delta t} = \frac{Q \cdot \rho_m \cdot d_{\text{э}}}{6 \cdot G_{\text{СЛ}} (T_c - T_{\text{ж}})}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}, \quad (20)$$

де Q - кількість переданого в одиницю часу тепла; F - ефективна поверхня теплообміну, м²; $G_{\text{СЛ}}$ - маса частинок у шарі, кг; ρ_m - щільність матеріалу, кг / м³; $d_{\text{э}}$ - еквівалентний діаметр зерна, м; $\Delta t = T_c - T_{\text{ж}}$ - середній температурний напір, °С.

Щільність вологого повітря визначають як величину, зворотну питомому обсягу:

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{1 + 0,001}{V_0}, \text{ кг/м}^3, \quad (21)$$

де v – питомий об'єм вологого повітря, м³ / кг; V_0 – об'єм вологого повітря на 1 кг сухого повітря.

Питомий об'єм вологого повітря визначався за формулою:

$$v = \frac{V_0}{1 + 0,001 \cdot d}, \text{ м}^3/\text{кг}, \quad (22)$$

де d – вологовміст повітря, г / кг.

У четвертому розділі “Експериментальне обґрунтування технологічних режимів процесу охолодження зерна у зерносовищі”. Найявність свердловин у міжзерновій масі впливає на численні фізичні і фізіологічні процеси. У зерновій масі є міжзернові простори - свердловини, заповнені повітрям. Свердловини складають значну частину обсягу зернової насипи і роблять істотний вплив на інші її фізичні властивості і фізіологічні процеси. Якщо розглянути одиницю об'єму зерна пшениці - 1м³, то кількість зерен у ньому становить 25 млн. штук (маса 1000 шт. - 30 г), а значить і така ж кількість локальних повітряних об'ємів у зазорах між зернами, сполучених між собою.

Величина шпаруватості зернової маси залежить у основному від факторів, що впливають на натуру зерна. Так, зі збільшенням вологості зменшується сипучість, а, отже, і щільність укладання. При тривалому зберіганні у зв'язку з ущільненням (осадкою) зернової маси її шпаруватість зменшується. Таким чином, знаючи обсяг, займає зернової маси, і її шпаруватість, легко встановити обсяг повітря, що знаходиться в свердловинах. У результаті самосортування шпаруватість різних ділянок зернової маси може бути неоднаковою. Це призводить до нерівномірної забезпеченості повітрям окремих ділянок зернової маси та іншим небажаним явищам.

За допомогою програми MATLAB представимо наглядно залежність коефіцієнта теплопровідності від шпаруватості (рис.5), вологості (рис.6), щільності (рис.7).

Згідно графіка зображеного на рис.5 ми бачимо, що найбільш приближеним до експериментального графіка є лінійний графік з залежністю $y = -0.0025 \cdot x + 0.26$. На рис.5 спостерігається, як, знаючи дані, можливо, не розраховуючи поточні точки, отримати дані шпаруватості або коефіцієнта теплопровідності.

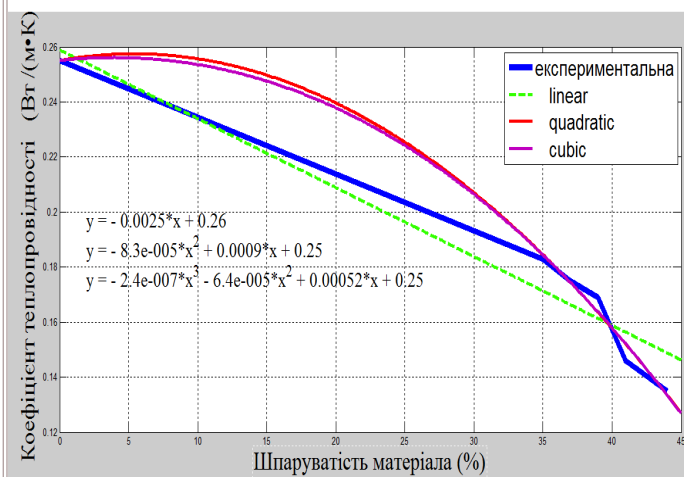


Рис. 5. Залежність коефіцієнта теплопровідності λ (Вт/(м·К)) від шпаруватості матеріалу (%).

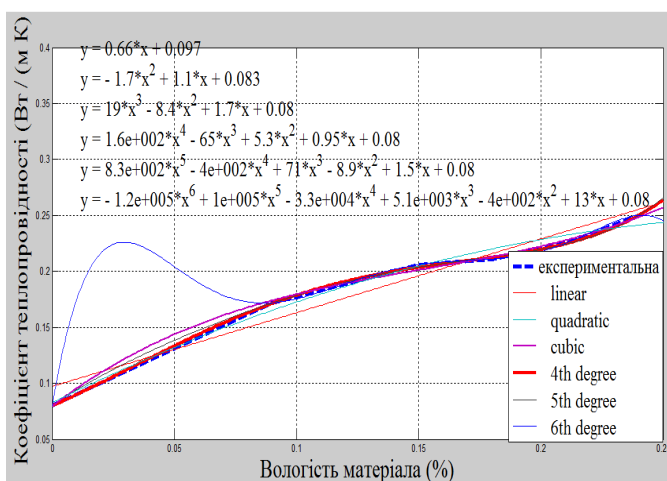


Рис. 6. Залежність коефіцієнта теплопровідності λ (Вт/(м·К)) від вологості матеріалу (%).

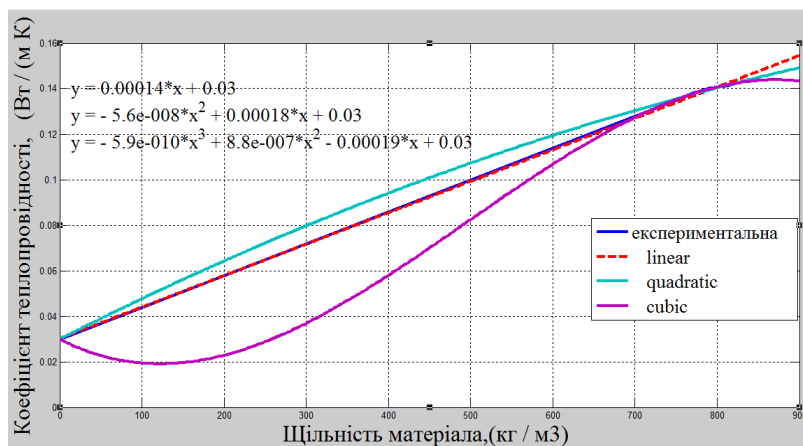


Рис. 7. Залежність коефіцієнта теплопровідності λ (Вт/(м·К)) від щільності матеріалу ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Теплофізичні характеристики одиничного зерна залежать від його вологості і температури, а характеристики зернового шару, крім того, від форми і розміру зерен, щільності їх укладання. А також залежить від його вологості і температури зерна. Зі збільшенням вологості питома теплоємність зерна зростає.

На графіку (рис.6) ми бачимо, що найбільш приближеним до експериментального графіка є графік четвертого рівня з залежністю $\lambda = 1.6e + 0.02 \cdot x^4 - 65 \cdot x^3 + 5.3 \cdot x^2 + 0.95x + 0.08$.

Щільність зерна в цілому і його анатомічних частин має важливе технологічне значення. Зазвичай, зерно, яке має добрий налив має більш високу щільність, ніж зерно, яке не дозріло. Щільність зерна і його частин залежить від їх хімічного складу. Найбільшу щільність мають крохмаль і мінеральні речовини, тому із збільшенням їх частки росте щільність зернівки, і, навпаки, збільшення кількості білка (1, 34 - 1, 37) і ліпідів (0, 89 - 0, 99) знижують щільність зерна.

Проаналізувавши графік (рис.7), ми зробили висновок, що лінійний графік є найбільш приближений до експериментальних досліджень, та отримали рівняння $\lambda = 0.00014 \cdot x + 0.03$.

При обробці результатів експериментальних досліджень отримані апроксимації у вигляді наступних рівнянь:

для шпаруватості

$$\lambda = -0.0025 \cdot x + 0.26, \quad (23)$$

для вологості

$$\lambda = 1.6e + 0.02 \cdot x^4 - 65 \cdot x^3 + 5.3 \cdot x^2 + 0.95x + 0.08, \quad (24)$$

для щільності

$$\lambda = 0.00014 \cdot x + 0.03, \quad (25)$$

які надають кількісну оцінку отриманих результатів, внаслідок чого отримані аналітичні залежності дозволяють виконати розрахунок процесу теплопереносу.

Отримані аналітичні залежності є основою для визначення кількості тепла та дослідження стосовно процесу охолодження.

При зберіганні повинна зберігатися якість і кількість зерна. Це означає захист зерна від несприятливих погодних умов, цвілевих грибів та інших мікроорганізмів, зволоження, високих температур, гризунів, птахів, сторонніх запахів і забруднень.

Показники якості зерна необхідні для ведення торгівлі. Від якості зерна залежить якість продукту, одержуваного при його переробці, і втрати під час зберігання.

Підвищення вологості заготовлюваного зерна у результаті комбайнового збирання вимагає застосування нових методів для забезпечення його збереження.

Одним з таких методів є зберігання зерна в охолодженому стані.

Найбільшу небезпеку для зерна, що зберігається, представляє тепловий нагрів. Ця проблема стає особливо гострою у зв'язку зі збільшенням місткості зерносховища. Навіть при достатній теплоізоляції зерносховищ підвищення температури зерна відбувається у процесі дихання.

Для експерименту ми використовували два зерносховища (склад №1, склад №2), де застосовували охолодження, і третій склад (№3) без охолодження. У зерносховищі №1 підтримували температуру зерна в межах від 0°C - 7°C , а в зерносховище №2 температуру зерна перебувала в діапазоні від 7°C - 14°C .

При дослідженні брали за основу національний стандарт України про технічні умови пшениці ДСТУ 3768: 2010, завдяки якому визначені необхідні показники, які впливають на якість пшениці після зберігання, і для хлібопекарських

виробів, тобто на якість хліба.

У ході дослідів було встановлено, що найбільш ефективним і економічним є зберігання зерна у другому зерносховищі при температурі, яка знаходиться в діапазоні від 7°C - 11°C .

Хлібопекарські якості пшениці оцінюються в основному за кількістю та якістю клейковини. Вміст клейковини у зерні пшениці коливається від 14 до 50% і вище. Вона складається з набряклих білків - гліадин і глютену.

Спираючись на відомості, отримані з літературних джерел, і результати проведених досліджень, нами була зроблена спроба встановити залежність між клейковиною пшениці (фактор y) і термінами зберігання (фактор x_1), середньою температурою у зерносховищі (фактор x_2). Визначення зв'язку проводили за допомогою теорії кореляції, методи якої найбільш повно і з достатнім ступенем точності відображають наявність або відсутність математичної залежності.

Була розглянута множинна нелінійної кореляції і складена розрахункова таблиця даних, отриманих у результаті експерименту, а для зручності обчислень - розрахункова таблиця.

Вихідні дані, отримані в результаті експерименту, задовольняють вимогам проведення статистичного аналізу.

Аналізуючи результати дослідження можемо побудувати поверхні криволінійної залежності (рис.8.) математичної моделі клейковини пшениці для другого зерносховища, та ліній рівнів криволінійної залежності.

Математична модель криволінійної залежності дає можливість отримати теоретичні значення для конкретних умов зберігання зерна. Порівнявши теоретичні та експериментальні значення дослідів можна зробити висновок, що відхилення величини незначні, тобто отримана математична модель адекватна і дає можливість з достатнім ступенем точності прогнозувати вихід зерна залежно від температури зберігання.

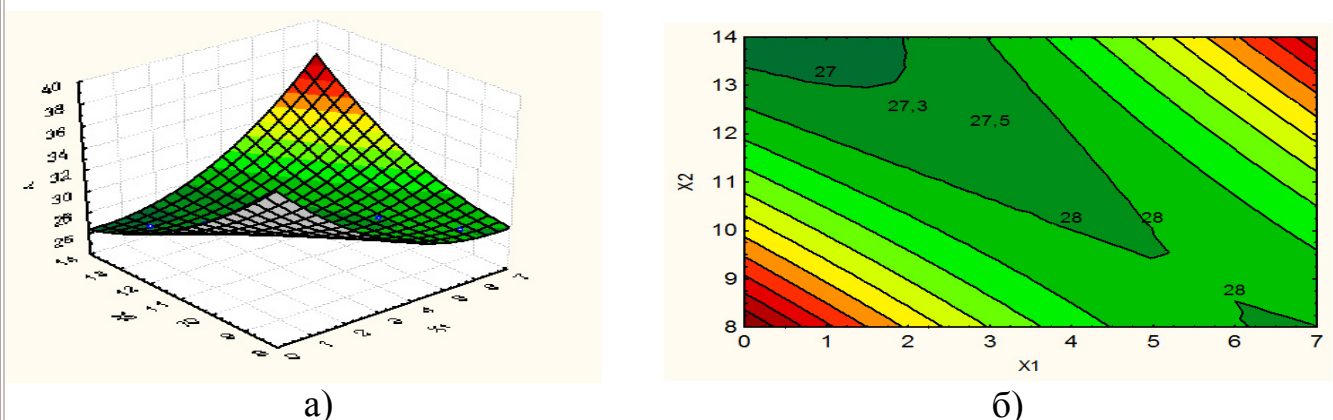


Рис.8. Поверхня (а) і лінії рівнів параболічної залежності (б) – клейковини пшениці для зерносховища № 2: x_1 – термін зберігання; x_2 – середня температура зерна у зерносховищі; Y – клейковина пшениці.

Для даних другого зерносховища можна зробити висновок, згідно отриманих числових характеристик клейковина пшениці в другому зерносховищі (Y) коливається: $27,53 \pm 0,40$, тобто 27,13 - 27,93%. При цьому спостерігається сильний

зростаючий зв'язок від терміну зберігання (фактор x_1), і сильний спадний зв'язок від середньої температури зерна в зерносховищі (фактор x_2). Для побудови множинної лінійної і нелінійної моделі коефіцієнтів визначені за допомогою пакету MathCad. Функціональна інтерпретація даних характеристики матиме криволінійну залежність $-Y = 60,54 - 4,7x_1 - 4,3x_2 + 0,15x_1^2 + 0,34x_1x_2 + 0,13x_2^2$

На рис 8. видно як змінюється клейковина при зміні температури і терміну зберігання.

При оптимізації, згідно з отриманими даними, можна зробити висновок, що найбільш сприятливим терміном зберігання є 6 місяців при температурі не більше $8,4^\circ\text{C}$, клейковина при цьому складе 27,8%.

Якість клейковини визначається її фізичними властивостями: пружністю, розтяжністю, еластичністю, здатністю до набухання. Ці цінні властивості клейковини зумовлюють високу газоутворюючу здатність пшеничного тіста, що забезпечує високий об'ємний вихід хліба та його хорошу пористість.

У стандарті клейковина, її кількість і якість визначає клас зерна.

Представимо поверхню і лінії параболічної залежності на рис.9.

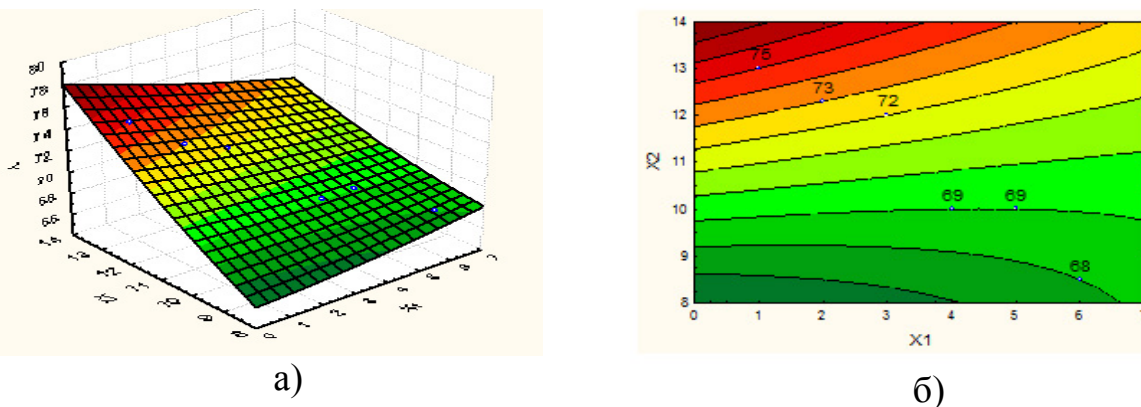


Рис. 9. Поверхня (а) і лінії рівнів параболічної залежності (б,) - індексу деформації клейковини пшениці для зерносховища № 2: x_1 - термін зберігання; x_2 - середня температура зерна в зерносховищі; Y - ІДК пшениці.

Зерно пшениці з клейковиною III групи непридатне для хлібопечіння. На кількість і якість клейковини впливають такі фактори: сортові особливості; технологія обробітку пшениці (попередники, строки сівби, рівень азотного живлення); погодні умови в період дозрівання зерна і збирання врожаю; несприятливі дії, які зерно відчуває при вирощуванні (ураження шкідливим клопом-черепашкою), зберіганні (проростання і самозігрівання) і обробці (перегрів при сушінні.)

Для даних другого зерносховища можна зробити висновок згідно отриманих числових характеристик, ІДК пшениці по другому складу (Y) коливається: $71,0\% \pm 2,76$, тобто 68,24 - 73,76%. При цьому спостерігається сильний спадний зв'язок з терміном зберігання (фактором x_1), і сильний зростаючий зв'язок з середньою температурою зерна у зерносховищі (фактором x_2). Рівняння даної моделі нелінійної залежності набудуть вид для криволінійної характеристики $-Y = 57,32 + 1,61x_1 + 0,55x_2 + 0,0235x_1^2 - 0,18x_1x_2 + 0,067x_2^2$.

Для тривалого зберігання вологість зерна додатково знижують. Вологість зерна - один з найбільш важливих показників його якості, який визначають відразу ж після прийому. Вода робить сильний вплив на саме зерно і мікроорганізми на його поверхні. На вологому зерні швидше розвиваються мікроби, збільшується число кліщів, комах, відбуваються інші зміни

Для даних другого зерносховища можна зробити висновок згідно отриманих числових характеристик: вологість пшениці (Y) коливається: $12,47 \pm 0,56$, тобто 11,97-13,03%, при цьому спостерігається сильний спадний зв'язок з терміном зберігання (фактор x_1), і сильний зростаючий зв'язок зі середньою температурою зерна у зерносховищі (фактор x_2).

На рис. 10. відображемо зміни вологості при зберіганні із застосуванням охолодження.

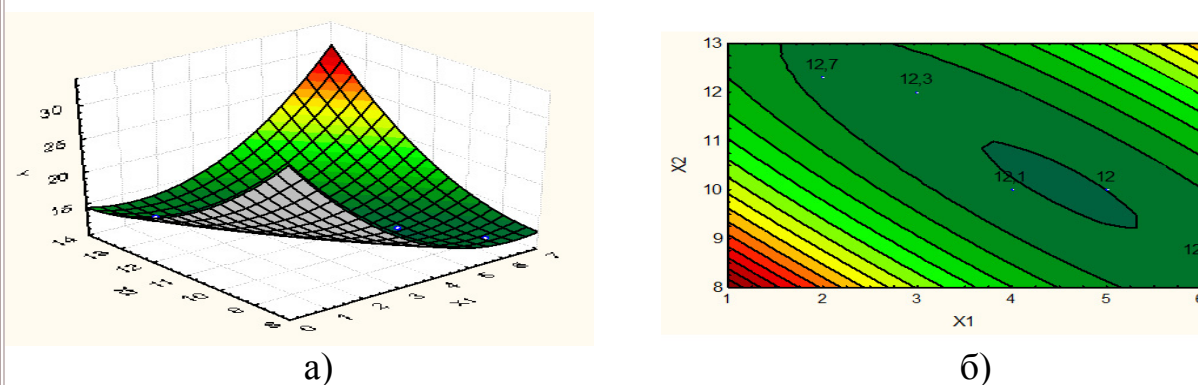


Рис. 10. Поверхня (а) і лінії рівнів параболічної залежності (б) - вологість пшениці для зерносховища № 2: x_1 - термін зберігання; x_2 - середня температура у зерносховищі; Y - вологість пшениці.

Рівняння моделі нелінійної залежності мають вигляд для для криволінійної характеристики $Y = 108,71 - 13,46x_1 - 13,15x_2 + 0,53x_1^2 + 0,86x_1x_2 + 0,46x_2^2$.

У п'ятому розділі "Техніко – економічний та функціонально – вартісний аналіз розроблених процесів та обладнання". Представлено результати техніко-економічного аналізу оснащення процесу охолодження. Термін окупності капітальних вкладень для кожного із учасників зменшується від 2,87 років при використанні обладнання тільки одним господарством, до 1,66 років при максимально можливій кількості учасників. Наведені рекомендації, що до впровадження охолодження у зерносховищі у господарстві. Результати теоретичних та експериментальних досліджень було використано та впроваджено у ФОП «Шевчик» та ТОВ «Агро-сервіс».

Висновки

1. На основі огляду існуючих технологій та процесів зберігання зерна встановлено, що одним із напрямків забезпечення довготривалого зберігання зернової маси є синтез методів активного вентилявання та охолодження у їх раціональному поєднанні при забезпеченні сталих характеристик клейковини, індексу клейковини та вологості в оброблюваній продукції.

2. Запропоновано принципову схему та розроблено експериментальну модель сховища для зберігання сільськогосподарської продукції, яка реалізує ідею комплек-

сної технологічної обробки зернової маси за рахунок ефективного розподілу охолодженого потоку повітря, що проходить крізь сировину, регулюючи його газовий склад у міжзернових проміжках, температуру, вологість та інтенсивність фізико-мікробіологічних процесів в оброблюваній продукції.

3. Визначені методики та програму досліджень, які передбачають структуру та алгоритм теоретичних та експериментальних досліджень для визначення оптимальних технологічних і раціональних параметрів розробленого обладнання із врахуванням комплексу означених процесів. Розроблено установку для визначення коефіцієнта теплопровідності сільськогосподарських матеріалів, а також сформовано комп'ютерну імітаційну модель розробленого зерносховища та протікання в ньому процесу зберігання зернової маси.

4. На основі аналізу теоретичних досліджень процесу охолодження зерна у розробленому зерносховищі розроблено функціонально-параметричну схему досліджуваного процесу та отримано остаточне рівняння тепловологообміну, що описує зміни параметрів охолоджуючого повітря. Встановлено межі ефективного робочого режиму розробленого обладнання за якими ентальпія становить 18000...20000 Дж/кг за вологості оброблюваної продукції 10...12 %.

5. Обґрунтовано фізичну модель взаємодії зернової маси з холодоносієм у процесі її активного вентилявання, а саме аналітичну інтерпретацію її зовнішньому та внутрішньому вологообміну в залежності від технологічних параметрів обробки, що дозволило визначити раціональні межі дослідження технологічних та якісних параметрів процесу зберігання зернової сировини та проаналізувати статистичний характер вихідних значень отриманих результатів в залежності від способу зберігання зернової сировини.

6. За допомогою математичної програми MATLAB встановлено функціональні інтерпретації отриманих експериментальних розподілів показників шпаруватості, вологості та щільності, що дають можливість прогнозувати вміст клейковини в зернової масі залежно від технологічних режимів її зберігання.

7. За результатами багатofакторного експерименту одержано математичні моделі у вигляді множинної регресії другого порядку, які адекватно описують досліджуваний процес зберігання зернової продукції. Аналіз отриманих моделей дозволив отримати оптимальні технологічні параметри роботи досліджуваного обладнання: вологість оброблюваного матеріалу 12,5...14 %; об'ємна подача повітря 5200...5700 м³/год та температура робочого теплоносія 7...11 °С. За даних технологічних режимів вміст клейковини, при довготривалому зберіганні, становитиме 24 % за енерговитрат 9,15 кВт/т.

8. Проведено якісну оцінку хлібопекарських властивостей зерна залежно від способу його зберігання яка засвідчила, що при довготривалому зберіганні доцільно використовувати регульований температурний режим, що сприяє стабільному збільшенню об'єму та покращенню органолептичних показників хлібобулочної продукції

9. При порівнянні теоретичних та експериментальних досліджень виявлено розбіжність, яка становить 5,2...9,13% для робочого режиму, що дозволило прийняти побудовану математичну модель процесу як адекватну для опису технологічних характеристик розробленого зерносховища.

10. Комплексна техніко-економічна оцінка розробленої технології та обладнання для зберігання зернової продукції засвідчила, що впровадження розробленого сховища з активним низькотемпературним способом обробки, порівняно з існуючим устаткуванням, дає змогу отримати річний економічний ефект у 157156 грн., за терміну окупності 2,22 року. Оцінка рівня досліджуваної технології та розробленого обладнання за основними показниками конкурентоспроможності відзначила його вищий рейтинг, порівняно із типовими схемами.

Основний зміст дисертації опубліковано в роботах

1. Верхованцева В.О. Визначення ефективності застосування методу охолодження зерна [Текст] / В.О. Верхованцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, Т.1. – С. 326 – 330.

2. Ялпачик В.Ф. Обґрунтування режимів та способів зберігання зерна [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.О. Верхованцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, Т.6. – С. 98 – 104.

Особистий внесок здобувача: проведення літературного аналізу, підготовка матеріалів до публікації.

3. Верхованцева В.А. Обоснование параметров зернохранилища [Текст] / В.А. Верхованцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 12, Т.3. – С. 185 – 189.

4. Ялпачик В.Ф. Изменение влажности пшеницы при хранении в зернохранилище с применением охлаждения [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.О. Верхованцева // Научно - практический журнал Хранение и переработка зерна №7 (184) июль 2014. – С. 43 – 45.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.

5. Ялпачик В.Ф. Економічна оцінка ефективності використання способу охолодження зерна [Текст] / В.Ф. Ялпачик, О.В. Кравець, В.О. Верхованцева // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ, 2014. – Вип. 45. – Том 2. – С. 199-202.

Особистий внесок здобувача: проведення економічної оцінки способу охолодження зерна, підготовка матеріалів до публікації.

6. Ялпачик В.Ф. Исследование влияния условий хранения на изменения клейковины пшеницы [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.А. Верхованцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – Вип. 14, Т.3. – С. 128 – 131.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.

7. Ялпачик В.Ф. Планування експериментальних досліджень процесу охолодження зерна [Текст] / В.Ф. Ялпачик, М.І. Стручаєв, В.О. Верхованцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, Т.1. – С. 3 – 8..

Особистий внесок здобувача: розробка методики експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації.

8. Ялпачик Ф.Ю. Методика експериментальних досліджень у процесі охолодження пшениці [Текст] / Ф.Ю. Ялпачик, В.О. Верхоланцева // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету – Вінниця: ВНАУ, 2015. – Випуск 1(89), Том 2. – С. 159 – 163.

Особистий внесок здобувача: проведення повнофакторного експеримента, підготовка матеріалів до публікації.

9. Kiurchev S Linear and nonlinear relationship of wheat storage characteristics [Текст] / S. Kiurchev, V. Vercholantseva // Canadian Scientific Journal, ISSUE 1. 2015: VOLUME 2, 10 – 15pp.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.

10. Кюрчев С.В. Визначення параметрів оптимізації процесу охолодження зерна [Текст] / С.В. Кюрчев, В.О. Верхоланцева // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2015. – Вип. 163. – С. 228 – 239.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.

11. Кюрчев С.В. Конструктивные особенности установки для сушки и охлаждения зерна активным вентилированием [Текст] / С.В. Кюрчев, В.А. Верхоланцева // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип.5, Т.1. – С. 108 – 113. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>

Особистий внесок здобувача: обґрунтування конструктивних особливостей пристрою для сушіння та охолодження зерна активним вентиляванням, підготовка матеріалів до публікації.

12. Кюрчев С.В. Особенности хранения зерновых запасов [Текст] / С.В. Кюрчев, В.А. Верхоланцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, Т.3. – С. 189 – 194.

Особистий внесок здобувача: аналіз стану проблеми, підготовка матеріалів до публікації.

13. Кюрчев С.В. Исследование рабочего процесса при вентилировании зерна в зернохранилище [Текст] / С.В. Кюрчев, В.А. Верхоланцева // Ежемесячный научный журнал Международного научного института «EDUCATION». – Новосибирск: Международный научный институт «EDUCATION», 2015. – №9(16). – С. 75 – 76.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, моделювання процесу, підготовка матеріалів до публікації.

14. Ялпачик В.Ф. Аналіз способів зберігання [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.О. Верхоланцева // Тези доповідей VII міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку» 7-9 вересня 2011 р. – Донецьк-Святогірськ, 2011 – С. 125 – 128.

Особистий внесок здобувача: проведення літературного аналізу, підготовка матеріалів до публікації.

15. Верхованцева В.О. Спосіб вентилявання сільськогосподарської продукції у сховищі [Текст] / В.О. Верхованцева // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: Міжнародна науково-практична конференція. – Харків : ХДУХТ, 2012, Ч. 1. – С. 313 – 314.

Особистий внесок здобувача: наведено спосіб вентилявання сільськогосподарської продукції у сховищі, підготовка матеріалів до публікації.

16. Ялпачик В.Ф. Сховище для зберігання сільськогосподарської продукції [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.О. Верхованцева // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: Міжнародна науково-практична конференція. – Харків : ХДУХТ, 2013, Ч. 1. – С. 398 – 399.

Особистий внесок здобувача: запропоновано сховище для зберігання сільськогосподарської продукції, підготовка матеріалів до публікації.

17. Ялпачик В.Ф. Пристрій для охолодження і сушіння сільськогосподарської продукції активним вентиляванням [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.О. Верхованцева // Тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно – ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» 26 березня 2014 року – Харків: ХДУХТ, 2014, Ч. I. – С. 312.

Особистий внесок здобувача: запропоновано пристрій для охолодження і сушіння сільськогосподарської продукції активним вентиляванням, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.

18. Кравець О.В. Економічне обґрунтування впровадження інноваційних технологій у переробній галузі аграрного сектору [Текст] / О.В. Кравець, В.О. Верхованцева // Тези міжнародної науково-практичної конференції 6-7 травня 2014 «Фінансово-економічні проблеми розвитку сільських територій»: зб. матер. конференц. – Мелітополь, 2014, – С. 126 – 128.

Особистий внесок здобувача: дослідження та аналіз стану ринка, підготовка матеріалів до публікації.

19. Верхованцева В.О. Вплив коефіцієнта теплопровідності на щільність пшениці [Текст] / В.О. Верхованцева // Тези I Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології харчових виробництв» 26 - 27 березня 2015 року – Вінниця: ВНАУ, 2015. – С. 20 - 22.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.

20. Ялпачик В.Ф. Експериментальна установка для зберігання зерна з використанням процесу охолодження [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.О. Верхованцева // Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців «Перші наукові кроки -2015» 23-24 квітня 2015– Кам'янець-Подільськ, 2015. – С. 26.

Особистий внесок здобувача: обґрунтування експериментальної установки для зберігання зерна з використанням процесу охолодження, підготовка матеріалів до публікації.

21. Кюрчев С.В. Вплив коефіцієнта теплопровідності на вологість зерна [Текст] / С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева // Тези V всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні технології в АПК», Луцький НТУ, травень 2015р – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – С. 60 - 62.

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.

22. Ялпачик В.Ф. Визначення індексу деформації клейковини пшениці за допомогою програми MathCad [Текст] / В.Ф. Ялпачик, С.В. Кюрчев, В.О. Верхованцева // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: Міжнародна науково-практична конференція, 8-11 вересня 2015р.: [тези] / редкол.: Кюрчев В.М., Черевко О.І. [та ін..]. – Харків: ХДУХТ, 2015. – С. 345 –346..

Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.

23. Патент на корисну модель 72101 U Україна, МПК (2006.01) A01F 25/08. Спосіб вентилявання сільськогосподарської продукції в сховищах / В.О. Верхованцева, В.Ф. Ялпачик, О.В. Гвоздев (Україна). - №72101; заявл. 03.01.2012; опубл. 10.08.2012, Бюл.№15.

Особистий внесок здобувача: проведено патентний пошук та запропоновано спосіб вентилявання сільськогосподарської продукції в сховищах.

24. Патент на корисну модель 72178 U Україна, МПК (2006.01) A01F 25/08. Пристрій для охолодження й сушіння сільськогосподарських продуктів активним вентиляванням / В.О. Верхованцева, В.Ф. Ялпачик, О.В. Гвоздев (Україна). - №72178; заявл. 27.01.2012; опубл. 10.08.2012, Бюл.№15.

Особистий внесок здобувача: проведено патентний пошук та запропоновано новий пристрій для охолодження й сушіння сільськогосподарських продуктів активним вентиляванням.

25. Патент на корисну модель 72541 U Україна, МПК (2006.01) A01F 25/08. Сховище для зберігання сільськогосподарської продукції / В.О. Верхованцева, В.Ф. Ялпачик, О.В. Гвоздев (Україна). - №72541; заявл. 03.01.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл.№15.

Особистий внесок здобувача: проведено патентний пошук та запропоновано нову конструкцію сховища для зберігання сільськогосподарської продукції.

АНОТАЦІЯ

Верхованцева В.О. Обґрунтування режимних параметрів охолодження зернової сировини у процесі зберігання – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Вінницький національний аграрний університет, Міністерство освіти і науки України, Вінниця, 2016.

Дисертаційна робота присвячена обґрунтуванню процесу охолодження пшениці при зберіганні у зерносховищі. У роботі викладено нове вирішення науково-прикладного завдання, що полягає у збереженості показників якості, шляхом вико-

ристання охолодження та розробки необхідного оснащення.

Запропоновано конструктивну схему пристрою для охолодження пшениці при зберіганні. Сформульовано комп'ютерну імітаційну модель розробленого зерносховища та протікання у ньому процесу зберігання зернової маси. Обґрунтовано фізичну модель взаємодії зернової маси з холодоносієм у процесі. Досліджений вплив температури на показники якості охолодженої пшениці, а саме, вологість, клейковина, індекс деформації клейковини, які впливають на виробництво хлібобулочної продукції. Розроблена комплексна техніко-економічна оцінка процесу охолодження у зерносховищі. Результати досліджень впроваджені у виробництво.

Ключові слова: охолодження, зерно, пшениця, зберігання, процес, клейковина, вологість, зерносховище, температура.

АННОТАЦІЯ

Верхоланцева В.А. Обоснование режимных параметров охлаждения зернового сырья в процессе хранения - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. Винницкий национальный аграрный университет, Министерство образования и науки Украины, Винница, 2016.

В диссертационной работе изложено новое решение научно-прикладного задания, которое заключается в сохранении качественных показателей пшеницы при хранении в зернохранилище путем использования процесса охлаждения.

Обоснована актуальность темы. На основе изучения технологии хранения, способов хранения выделены основные факторы, влияющие на процесс охлаждения при хранении пшеницы в зернохранилище. Анализ конструкций существующих зернохранилищ позволил выделить металлическое зернохранилище, как перспективное при хранении. Выполнена постановка задач, сформулированы основные положения, которые составляют научную новизну и практическое значение работы.

Предложена конструктивная схема хранилища для хранения сельскохозйственной продукции, с помощью которой осуществляется процесс хранения пшеницы с применением охлаждения, позволяющий проводить эффективное распределение охлаждаемого потока воздуха.

Для проверки и дополнения математической модели разработана экспериментальная установка для исследования процесса охлаждения пшеницы. Проанализированы и обоснованы существующие температурные параметры. Разработана установка для определения коэффициента теплопроводности сельскохозйственных материалов, а в данном случае для зерновых культур.

Представлена имитационная модель в 3D Max разработанного зернохранилища с протеканием в нем процесса хранения зерновой массы, а так же разработана функционально - параметрическая схема исследуемого процесса и получено уравнение тепловлагообмена. Определены границы эффективного рабочего режима и разработанного оборудования, при которых энтальпия находится в пределах 18000...20000 Дж/кг при влажности обрабатываемой продукции 10...12%.

Представлена аналитическая интерпретация физической модели взаимодействия зерновой массы с холодоносителем в зависимости от технологических параметров обработки.

Исследовано влияние коэффициента теплопроводности на физико-механические характеристики зерновой массы: влажность, скважимость, плотность зерна. Получены оптимальные технологические параметры работы исследуемого оборудования: влажность обрабатываемого материала 12,5...14%, объем подачи воздуха 5200...5700м³/год и температура рабочего теплоагента 7...11°C.

Представлены изменения показателей качества пшеницы: влажность, клейковина, индекс деформации клейковины в период хранения. В зависимости от количества хозяйств, которые кооперативно планируют использовать оборудование, срок окупаемости капитальных вложений для каждого из участника от 2,87 года при использовании оборудования только одним хозяйством до 1,66 при максимально возможном количестве участников. Годовой экономический эффект состоит 156004грн., при сроке окупаемости 2,87 года.

Внедрения и производственная апробация хранения зернового сырья методом долгострочного охлаждения подтверждены в ФЛП «Шевчик» и ООО «Агро-сервис», а также внедрены в учебный процесс по дисциплине «Оборудования складов» в Таврическом государственном агротехнологическом университете.

Ключевые слова: *охлаждение, зерно, пшеница, хранение, процесс, клейковина, влажность, зернохранилище, температура.*

ANNOTATION

Verkholantseva V. A. Justification of mode parameters of grain cooling during storage - Manuscript.

Thesis for the degree of the candidate of the engineering sciences in specialty 05.18.12 – processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical productions, Vinnytsia National Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnytsia, 2016.

The dissertation is devoted to the justification of the wheat cooling process during storage in the granary. The paper presents a new solution of a scientific and applied problem which is the preservation of quality levels due to cooling and necessary equipment development.

The structural diagram of the device for wheat cooling during storage has been proposed. Computer simulation model of the designed granary and the process of grain mass storing has been developed. The physical model of the interaction between the grain mass and the refrigerant was justified. It was established, that the temperatures changes a cooled wheat quality, its moisture, gluten and gluten deformation index which influence on the production quality of bakery products. The temperatures were studied. The complex technical and economic assessment of the cooling process in the granary has been developed. The research results are introduced into production.

Keywords: cooling, grain, wheat, storage process, gluten, moisture, granary, temperature.

Підписано до друку 29.04. 2016р. Формат 60×84/16.
Замовлення № 345 від 29.04. 2016
Обсяг 1,0 ум. друк. арк. Тираж 100.

Адреса редакції видавця та поліграф підприємства:
72312 м. Мелітополь, ТДАТУ, пр-т Б. Хмельницького, 18
Типографія Таврійського державного агротехнологічного університету.