

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЛАЗАРЕНКО ВАДИМ ПЕТРОВИЧ

УДК 631.03.05

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ
ЗЕРНА

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ В. П. Лазаренко

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Лазаренко Вадим Петрович. Удосконалення технологічного процесу зберігання зерна. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В роботі на основі проведеного аналізу та синтезу відомих сучасних технологій та технологічних процесів зберігання та переробки зерна запропоновано модернізований та принципово інший спосіб зберігання зерна, з хімічно активним підлогово-вентильованим застосуванням технічних та технологічних засобів при первинній обробці та подальшої переробки зернової продукції.

Зроблено огляд та аналіз відомих способів зберігання та первинної обробки, проаналізовано технічні характеристики засобів механізованих систем приймання, очистки та подальшого зберігання.

Запропоновано удосконалену принципову схему обладнання, та проведено розрахунок конструкційно-технологічний розрахунок раціональних параметрів машин. Виконано ряд теоретичних і практичних перевірок на адекватність прийнятих припущень. Запропоновано інженерну методику з визначення основних параметрів системи вентилявання зернових мас та системи первинної очистки зернової суміші.

Представленні результати теоретичних і практичних досліджень засобів із забезпечення зберігання зерна в закритих об'ємах та приміщеннях з дотриманням з регульованих параметрів.

Ключові слова: зберігання зерна, системи машин, технологічний процес, первинна обробка, система вентилявання.

SUMMARY

Lazarenko Vadim. **Improving the technological process of grain storage.** - Qualification work on the rights of the manuscript. Qualifying work for a master's degree in 208 Agroengineering. - Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

Based on the analysis and synthesis of known modern technologies and technological processes of grain storage and processing, a modernized and fundamentally different method of grain storage is proposed, with chemically active floor-vibration application of technical and technological means during primary processing and further processing of grain products.

An overview and analysis of known methods of storage and primary processing, technical characteristics of mechanized systems of reception, cleaning and subsequent storage.

An improved schematic diagram of the equipment is proposed, and the calculation of structural and technological calculation of rational parameters of machines is carried out. A number of theoretical and practical tests for the adequacy of the accepted assumptions have been performed. An engineering technique for determining the main parameters of the ventilation system of grain masses and the system of primary cleaning of the grain mixture is proposed.

The results of theoretical and practical researches of means on maintenance of storage of grain in the closed volumes and rooms with observance of adjustable parameters are presented.

Key words: grain storage, machine systems, technological process, primary processing, ventilation system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА	
1.1. Організація технологічного процесу зберігання насіння зернових культур.....	7
1.2. Санітарна обробка, активне вентилявання та контроль параметрів зерна.....	8
1.3. Захист зерна від при активному вентилявання (аерації).....	11
Висновки до розділу 1.....	13
РОЗДІЛ 2	
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ ЗЕРНА	
2.1. Теоретичні передумови проектування систем первинно обробки зерна.....	14
2.2. Обґрунтування принципової схеми технологічного процесу зберігання зерна.....	15
2.3. Розрахунок параметрів вентиляційної установки для подачі повітря.....	18
2.4. Умова не потрапляння зерна через жалюзійні отвори підлоги	19
Висновки до розділу 2.....	21
РОЗДІЛ 3	
РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1. Забезпечення довготривалості зберігання зернової маси.....	22
3.2. Результати дослідження технологічного процесу зберігання зерна.....	23
Висновки до розділу 3.....	26
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	28

ВСТУП

Актуальність теми. Виробництво зерна відіграє вагомую роль в забезпеченні продуктами харчування населення країни. Зерно є сировиною для багатьох галузей харчової і переробної промисловості. До них відносяться борошномельна, круп'яна, пивоварна, спиртова, крохмалеві, а також комбікормова галузі. Тому важливо приділяти увагу післязбиральній обробки і знезаражуванню зерна від шкідників хлібних запасів. Для захисту зерна широко використовуються хімічні методи боротьби, які полягають в застосуванні різних пестицидів.

Так само використовують нехімічні методи боротьби, такі як зміна складу повітря в міжзерновому просторі та засоби витіснення компонентів кисню, іншими компонентами, такими як вуглекислий газ, азот і їх суміш, тим самим викликаючи загибель комах за рахунок кисневого голоду. Зберігання зерна відповідальний етап. Для цього використовують силоси з регульованим газовим середовищем, які дуже актуальні для зберігання зерна. Тому направленість даної кваліфікаційної роботи є досить своєчасною та виконана на актуальну тему.

Мета роботи: зростання ефективності зберігання зерна, шляхом застосування хімічно активного вентилявання.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

- Виконати аналіз технологічних процесів та засобів інженерних споруд для зберігання зернових культур;
- Обґрунтувати принципову схему технологічного процесу зберігання зерна;
- Визначити основні конструкційно-технологічні параметри технічних засобів для зберігання зерна;
- Провести теоретичні та практичні дослідження запропонованих рішень

Об'єкт дослідження - технологічний процес хімічно-механічного вентилявання зерна.

Предмет дослідження – залежність технологічних параметрів процесу зберігання від змінних факторів на критерій оптимізації.

Методи виконання роботи. Теоретична частина виконувалась із використанням методів фізико-механічного моделювання, теорії руху матеріальної точки по робочих вібруючих поверхнях, числові багатofакторні методи розв'язку задач із застосуванням ПЕОМ.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Романишин О. Ю., Вплив факторів зовнішнього середовища на збереженість та якість зерна / О. Ю. Романишин, В. П. Лазаренко // Наукові читання–2020: Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. – С. 22-25.
2. Лазаренко В. П. Вдосконалення технології післязбиральної обробки та зберігання зерна / В. П. Лазаренко, М. Л. Заєць // Зб. тез допов. Наук.-практ. конф. I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. – С. 52-54.
3. Заєць М. Л. Аналіз сучасного стану технологій зберігання зерна / М. Л. Заєць, В. П. Лазаренко // Студентські читання – 2020: Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2020». 26 жовтня 2020 р. Житомир: Поліський національний університет, 2020. С. 474-478.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 22 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 29 сторінок комп'ютерного тексту, 9 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

1.1. Організація технологічного процесу зберігання насіння зернових культур

Технологічні лінії створюють на базі елеваторів, які є основою механізованого приймання та післязбиральної обробки зерна на сільськогосподарських підприємствах, а також сушильно-очисних, приймально-очищувальних та молотильно-очисних башт і іншими спорудами, пов'язаними транспортними комунікаціями із зерновим зберіганням, що знаходяться в їх складі (рис. 1.1.).



Рис.1.1. Силоси з активним вентиляванням матеріалу

Технологічні лінії можуть бути універсальними або призначені для прийому та обробки лише однієї-двох культур. У технологічній лінії після визначення якості повинно бути передбачено, як правило, наступна послідовність операцій с зерном: а) механізоване розвантаження зерна; б)

попередня очистка зерна на сепараторах або ворохоочисниках; в) активна вентиляція (атмосферним або штучно охолодженим повітрям) зерна до його обробки; г) висушування вологого зерна до заданої вологості; г) очистка зерна на сепараторах після сушарок, а при необхідності очистка на трієрах або інших зерноочисних машинах; е) зважування[1, с. 21.].

У процесі вдосконалення високого економічного ефекту можуть бути надані такі рішення, які створені на основі раціонального використання сировини та ресурсів, застосування матеріалів з використанням техніки та передових технологій [1, с. 23. 2 с. 35.].

1.2. Санітарна обробка, активне вентилявання та контроль параметрів зерна

Шкідники часто є основною причиною пошкодження зерна. Кількість шкідливих комах зростає, починаючи з того моменту, коли зерно закладають в сховище під час збирання, до терміну реалізації, при зниженні температурного режиму ризику пошкодження падають. Основні показники, що визначають різке зростання шкідників у зерні – переміщення шкідників і збудників від враженого матеріалу до незараженого. І якщо на ці фактори ми не маємо впливу то, пошкодження зернових мас пройде досить інтенсивно. Переміщення хвороб та грибкових збудників проходить швидко, якщо від попереднього матеріалу залишився пил, залишки бактерій. Розмноження шкідників і грибів протікає в досить короткий терміни при високих температурах від 25 ° С до 35 ° С, оскільки вона сприяє інтенсифікації їх переміщення. Потрібно заздалегідь попередити, шляхом знезаражування або термооброкою з низькою температурою. Охолодження зернових мас досить дієвий спосіб впливу, який покращує показники якості зерна, закладеного на зберігання в зерносховище. Хороша санітарна обробка та контроль складають комплексний підхід до підтримки якості зерна. У складних випадках необхідно використовувати знезаражування

зерен шляхом хімічної обробки. Хімічні препарати є дорогавартісний метод, і їх застосування повинно бути обґрунтованим та безпечним для матеріалу. Використання хімікатів можна істотно зменшити, застосовуючи санітарну обробку[10, с. 123. 2 с. 56.].

Попередній обробіток санітарними методами сповільнює переміщення та розвиток шкідників та грибкових паразитів: біля фундаментів ємкостей - сховищ, близько зерна, що зберігається або інших місць, де є зерно або накопичується зерновий пил. Поперемінне застосування способів підвищує ефективність зберігання. Необхідно застосувати даний спосіб для сховищ, транспортних засобів, комбайнів та зернових транспортерів при очищенні їх від залишків зернового вороху, так як на їхніх робочих поверхнях накопичується джерело зараження зернових матеріалів.

Ємкість зерносховища необхідно обробляти одразу після звільнення від зерна. Ефективно виконувати даний технологічний процес при низькому температурному режимі, оскільки це сприяє дезінфекції, залишки зерна необхідно видалити та утилізувати. За 15-20 днів перед засипанням зерна у зерносховища потрібно виконати внутрішню обробку фунгіцидами або допустимим дезінфікуючим розчином та ретельно вимити внутрішню поверхню ємності струменем води від залишків зернового пилу[10, с. 232. 11.].

Аерація зерна олійних культур. Подача охолодженого повітря має на меті застосування для швидкого охолодження (консервації холодом) зерна до потрібної температури, тобто низькі температури зупиняють розвиток і життєдіяльність шкідників та хвороб і не дають їм можливості псувати його якість. Крім того, аерація запобігає некерований рух вологи в межах зернової маси, знижує відносну вологість зерна, що зберігається. автоматична аерація Якщо у вас є електронний автоматичний регулятор, керуючий роботою вентиляторів (ЕБУВ), аерація значно спрощується. Стосовно України можна рекомендувати таку технологію покровоного охолодження зерна в сховищах:

відразу після засипання зібраного зерна в силос встановіть термостат електронного блоку управління вентиляцією (ЕБУВ) на 20-25 ° С і дайте вентилятору попрацювати необхідний час. Повторіть цикл при 10-15 ° С і наступний цикл при 5-8 ° С [10, с. 145. 2 с. 156.].

Контроль зерна проводиться для зменшення ризику його пошкодження шкідниками. В процесі накопичення зерна необхідно лабораторно визначати якість зерна перед засипанням його в міскість для зберігання, оскільки, надмірна вологість, збудники хвороб та шкідники не потрапили в сховище. Під час аерації щодня контролюйте температуру зернової маси за допомогою наявних в складі зерносховища датчиків температури, об'єднаних в термopідвіски. Якщо у вас немає системи контролю температури в зерносховище, ви можете визначити закінчення циклу охолодження за допомогою регуляторів ЕБУВ, які керують роботою вентиляторів. Також ви можете визначити проходження холодного фронту через зерно, вимірявши температуру зерна на поверхні зернового насипу вгорі силосу (при проточною аерації). щомісяця Контролювати температуру зерна в ємкості по всьому об'єму, періодичним взяттям проб із силосів з поверхні та середини. Для виявлення шкідників зерно перепросівають.

З метою безпеки при вході в зерносховище обов'язково дотримуйтеся заходів санітарної безпеки, не допускаючи занесення бруду в сховище в складках одягу. Виявивши незадовільні результати зберігання, потрібно застосувати хімічні препарати для обробки зерна, може бути корисно застосування хімічних протруювачів зерна. З комбінувавши два способи боротьби зі шкідниками охолодження та обробка інсектицидами, повинно покращити збереженість зерна на протязі довготривалого зберігання (9...12) місяців, за вологості зернової маси до 12-14 % [11,. 12 с. 186.].

1.3. Захист зерна від при активному вентиляванні (аерації)

Захист зерна від шкідників і хвороб залежить не стільки від руху повітря через зернову масу, скільки від його низької температури, яка і забезпечує цей захист, в першу чергу, пригнічуючи життєдіяльність організмів. У південних регіонах України, де вирощують озиму пшеницю твердих сортів, комахи найкраще ростуть і розмножуються, а відповідно, і наносять найбільше шкоди, в сухій пшениці, коли температура зерна становить приблизно 30 ° С. Зниження температури зерна з цього, оптимального для шкідників значення істотно сповільнює розмноження шкідників. При досягненні температури зернової маси в 10-13 ° С комахи ще живуть, але практично перестають розмножуватися, а при зниженні до 5 ° С і нижче комахи впадають в сплячку. Як показали дослідження, будь-якого негативного впливу на збережене зерно негативна температура не робить, навпаки, у насіннєвого зерна навіть відмічене підвищення схожості. Це пояснюється тим, що зерно проходить природний, природний цикл зимового охолодження і весняного оздоровлення при продуванні теплим зовнішнім повітрям[12, с. 132. 14 с. 186.]. При зберіганні зерна найбільш ефективним способом зниження енергетичних витрат є експлуатація вентилятора тільки на ту кількість часу (годин), яке необхідно для повного охолодження зерна на задану температуру. Після цього регулятор термостата ЕБУВ переналагоджується, щоб очікувати більш холодної температури зовнішнього повітря. У будь-якому випадку, завжди корисно порадитися з фахівцями зі зберігання зерна, щоб вони дали рекомендації по його вентиляванню. Так, виходячи з середньорічних значень температури і відносної вологості повітря в денний і вечірній час, можна рекомендувати оператору зерносховища, що знаходиться в центральних регіонах крани (Київська, Житомирська, Кіровоградська, Вінницька, Черкаська та Полтавська обл.), Встановлювати свій регулятор на 25-30 ° С відразу після збирання врожаю. Як тільки перший цикл вентилявання - охолодження - буде завершено, регулятор необхідно переустановити на 15-20 ° С для виконання

другого циклу охолодження і на $5-7^{\circ}\text{C}$ - для третього циклу. У будь-якому випадку, який використовується для аерації повітря повинен бути прохолодніше температури зернової маси на $10-15^{\circ}\text{C}$, так як повітря, проходячи через вентилятор, нагрівається на $3-4^{\circ}\text{C}$. Якщо силоси вашого зерносховища забезпечені пристроями з контролю температури зберігається зерна в насипу - термopідвіски, то це найкращий спосіб визначення, на яку температуру налаштувати ваш регулятор або коли черговий цикл охолодження вже завершено (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Утворення зернового бурта в силосі з активним вентиляванням та перемішуванням

Датчики температури, що забезпечують контроль температури зерна по висоті силосу (Термopідвіски), вам необхідні для виявлення локальних вогнищ самозігрівання в зернового насипу, допоможуть своєчасно вжити необхідних заходів щодо попередження псування зерна. Крім усього іншого, датчики температури допоможуть вам заощадити електроенергію, так як вентилятор не буде працювати зайвий час[19, с. 248. 20.].

Висновки до розділу 1

3 Важливим аргументом інтенсифікації первинної переробки зернового вороху є кардинальне прискорення науково-технічного прогресу, широке

впровадження машин та обладнання нового покоління та нових технологій. Це забезпечує високу продуктивність та ефективність виробництва, дозволяє здійснити плавний перехід до більш досконалої форми виробництва, механізованих та автоматизованих поточкових ліній, на цих режимах роботи та параметрах технологічних процесів, керованих автоматичними пристроями та електронно-обчислювальними системами. При вирішенні питання забезпечення техніко-технологічної реконструкції, що відображається на основі сучасних досягнень науки та техніки.

- 4 Але не всі господарства мають можливість придбати досить дорогі обладнання для автоматизованого зберігання збіжжя та використовувати силоси та хімічні препарати для боротьби зі шкідниками, хворобами, застосовувати охолоджувальні установки тощо. Нами запропоновано використовувати напольні установки для зберігання та знезаражування зерна, що дозволять використовувати їх малим господарствам.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ ЗЕРНА

2.1 Теоретичні передумови проектування систем первинно обробки зерна

Використовуючи нехімічні методи боротьби, такі як зміна складу повітря в міжзерновому просторі та засоби витіснення компонентів кисню, іншими компонентами, такими як вуглекислий газ, азот і їх суміш, тим самим викликаючи загибель комах за рахунок кисневого голоду. Зберігання зерна відповідальний етап. Для цього використовують силоси з регульованим газовим середовищем, які дуже актуальні для зберігання зерна.

Через безперервність роботи установки, що підтримує певні характеристики приміщення, метод регульованого газового середовища вимагає великих енерговитрат. Тому, розробка обладнання з меншою витратою енергії і більшою продуктивністю є актуальною в даний час. Склад атмосфери грає істотну роль в зберігання зерна. при недостатній кількості кисню в системі зберігання у комах настає загибель. Станція РГС це комплекс основного і допоміжного обладнання, необхідний для створення і підтримки РГС заданого складу в зернових силосах елеватора.

Адсорбційний поділ повітря відноситься до циклічних адсорбційним процесам, регенерація адсорбенту в яких відбувається за рахунок падіння загального тиску. Даний процес називається коротко цикловою адсорбцією або PSA «Pressure Swing Adsorption». Принцип адсорбційного (Pressure Swing Adsorption) PSA отримання азоту заснований на фізичних явищах адсорбції та дифузії. Адсорбентом є пориста тверда речовина, здатна поглинати молекули різних газів. Кожен з промислових газів в залежності від фізичних властивостей, має свою адсорбційну величину. Тому, для кожного з них застосовується свій адсорбент. Чим більшу вологість має зерно, що зберігається, тим інтенсивніше

відбувається процес його дихання. Залежно від цього експозиція роботи РГС буде змінюватись. Так, для пшениці, жита і вівса вологістю від 13,5-15,5% експозиція зерна буде варіюватися від 7 до 8 годин на добу. Для соняшнику вологістю від 7-8% - 5-6 годин, для кукурудзи, вологістю від 12,5 до 15,5% - 6-7 годин.

Таким чином, завдяки установці РГС підприємству вдасться знизити втрати зерна за рік, що є істотним показником і ймовірно призведе до отримання економічного ефекту.

2.2. Обґрунтування принципової схеми технологічного процесу зберігання зерна

Нами запропоновано дві компоновки технологічних схем підлогово-вентильованого зберігання (рис 2.1. а) та схема насипного конуса (рис. 2.1.б) підтримання мікроклімату в приміщеннях площею від 2500 м² до 3000 м² .

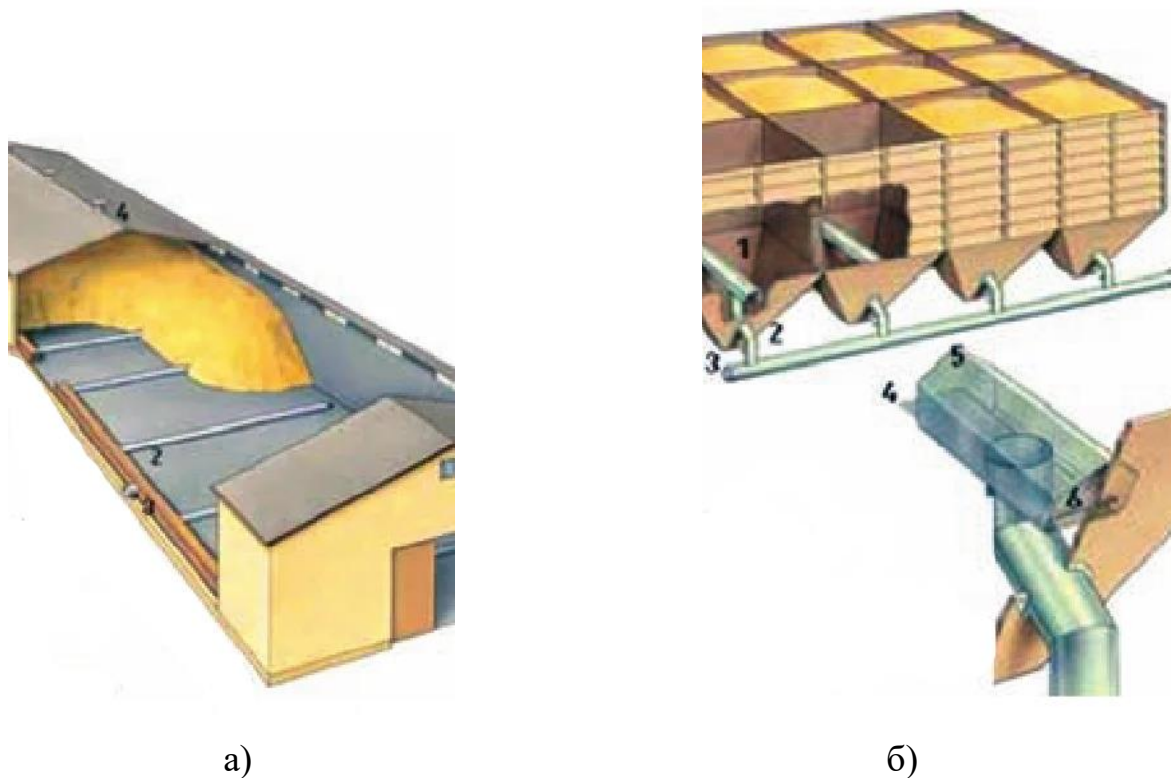


Рис. 2.1. Компоновочна схема підлогово-вентильованого(а) та конусонасипного зберігання зерна (б)

У плосконасипних сховищах зазвичай на підлозі прокладаються вентиляційні канали напівкруглого перетину з перфорованої сталі. Якщо канали

заглиблені в підлозі, то вони накриваються перфорованими сталевими листами. Важливо передбачити зручність очищення і мінімізувати кількість ніш і стиків, де можуть накопичуватися забруднення. Перевагою прокладки вентиляційних каналів нижче рівня підлоги є можливість використовувати транспортні засоби усередині сховища. Це значно полегшує розвантаження. Окремі канали об'єднуються всередині або поза будівлею збірним каналом або виходять назовні кожен окремо. Бажано уникати довгих повітропроводів, а якщо вони неминучі, їх необхідно ізолювати для попередження розсіювання холоду. Відстань між охолоджувальними вентиляційними каналами не повинна перевищувати висоту насипу, а відстань від каналу до стіни сховища не повинна перевищувати половини висоти насипу. Якщо насип має конусоподібну форму, це необхідно компенсувати варіюється частотою перфорації, або треба прикривати поверхню насипу, інакше холодне повітря буде виходити по шляху найменшого опору, і верхівка насипного конуса не буде охолоджуватися. Кращим рішенням є зберігання зерна без насипного конуса.

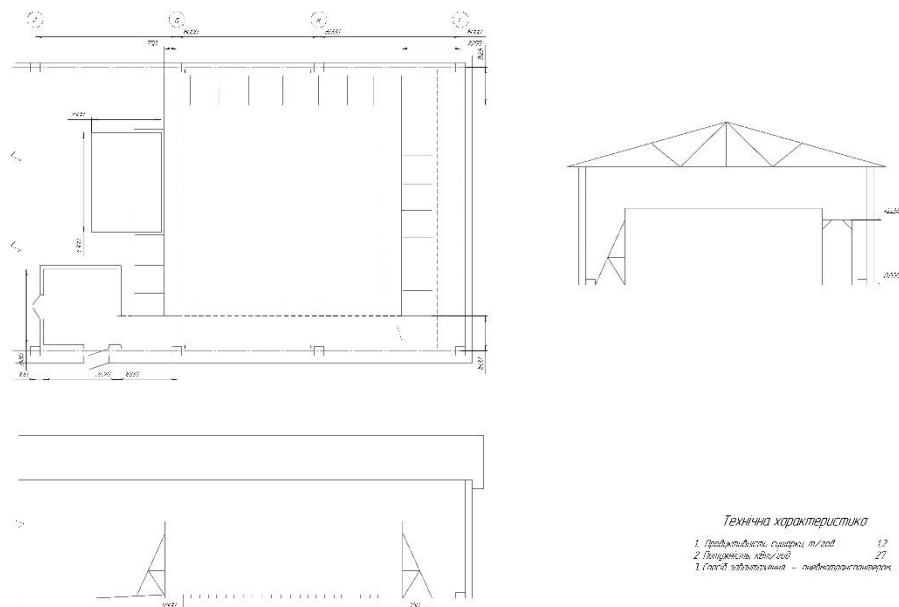


Рис. 2.2. Технологічна схема підлогово-вентильованого сховища

Підлогово-вентильоване сховище має плоску підлогу із вмонтованою системою пневмопроводу, механічного приводу жалюзів (рис. 2.3.), вентиляційної установки, автоматично системи контролю параметрів повітря.



Рис. 2.3. Форма жалюзів при підлоговому вентиляванні

Поверхня настилу в приміщенні повинна бути рівною та бажано бетонованою, яка розрахована під статичне навантаження ваги зерна, так і на динамічні знакоперемінні деформації, що можуть виникнути під час руху автомобілів при розвантаженні матеріалу. Поверхня підлоги має бути стійка до розтріскування та герметичною водночас, легко митись та дезінфікуватись.

Перфоровані поверхні у підлозі повинні задовольняти наступним умовам: пропускати повітря та не дати можливості переміщення зерну до пневмопроводів.

Безпечне зберігання великих об'ємів зернових культур залежить від вологості, температури та тривалості зберігання. При довготривалому зберіганні необхідно знизити температуру зерна, бажано в два етапи спочатку до 15°C , а потім до 10°C .

2.3. Розрахунок параметрів вентиляційної установки для подачі повітря

Необхідний об'єм повітря визначимо із залежності[20, с. 46.]:

$$Q = \frac{G_p}{\mu \cdot \rho_b}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (2.1)$$

де G_p - продуктивність вентилятора, кг/год;

μ - коефіцієнт вагового накопичення, для зернових $\mu=3,5$;

ρ_b - обмна маса зерна, кг/м³.

Визначимо діаметр основного пневмопроводу з виразу[20, с. 49].:

$$d = 0,146 \sqrt{\frac{Q}{v}} \text{ м}; \quad (2.2)$$

де v - середня швидкість подачі повітря вентилятором з урахуванням втрат напору, прийmemo $v = 30$ м/с;

Згідно стандартного сортаменту оберemo трубопровід внутрішнім діаметром $d = 250$ мм при товщині стінки $\delta = 3$ мм [8, с. 312].

Втрати напору в пневматичному проводі визначаються із формули: [20, с. 62.]

$$H_m = H_{BV} + H_{ш} + H_{TP} + H_p + H_{шд}, \text{ Па}, \quad (2.3)$$

де H_{BV} - втрати напору вентилятора, Па;

$H_{ш}$ - втрати при наборі швидкості, Па;

H_{TP} - втрати напору при тертті по стінках пневмопроводу, Па;

H_p - втрати в розгалуженнях трубопроводу, Па;

$H_{шд}$ - втрати тиску при підйомі повітря, Па.

Втрати напору вентилятора визначимо[20, с. 112]:

$$H_{BV} = \zeta_{BV} \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \text{ Па}, \quad (2.4)$$

де ζ_{BV} - коефіцієнт реактивного опору установки, прийmemo $\zeta_{BV} = 1,66$ [20];

Втрати при зростанні швидкості:

$$H_{ш} = iQ, \text{ Па} \quad (2.5)$$

де i - пониження тиску на 1кг/год , приймаємо $i = 1100 \text{ Па/год}$ [20];

Втрати напору при тертті по стінках пневмопроводу розрахуємо з виразу:

$$H_{TP} = Rl(1 + K\mu), \text{ Па}, \quad (2.6)$$

де R - зниження напору на погонний метр довжини пневмопроводу [21],
приймаємо $R=16,1 \text{ Па/м}$;

l – відстань подачі повітряно-газової суміші, м;

K - коефіцієнт, що враховує зміну напрямку трубопроводу , приймаємо
 $K=0,523$;

Втрати в розгалуженнях трубопроводу[20, с. 115]:

$$H_p = \zeta_o \frac{\rho \cdot v^2}{2} (1 + \mu), \text{ Па}, \quad (2.7)$$

де ζ_o - коефіцієнт місцевого опору переходів трубопровода [20], при
радіусі заокруглень $R = 1,5 d$ і $\alpha = 90^\circ \dots 120$ приймаємо $\zeta_o = 0,056$

Втрати напору на подолання опору підйому повітря розраховується:

$$H_{пд} = \rho q \mu h, \text{ Па}. \quad (2.8)$$

де q – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

h – висота подачі повітря, м;

2.4. Умова не порापлення зерна через жалюзійні отвори підлоги

Умова не порापлення зерен через жалюзійні отвори підлоги відбудеться за наступних параметрів:

- розмір отвору ширини вікна менший габаритів зернівки;
- швидкість руху повітря повинна забезпечувати не можливість потраплення їх в зазор жалюзі.

Розглянемо рух зернівки по поверхні жалюзі (рис. 2.4), як переміщення точки під кутом до горизонталі зі швидкістю V , оскільки швидкість переміщення V і умова недостатньої величини зазору отвору то матеріальна частинка не зможе пройти крізь даний зазор. Якщо дана умова не виконаться то зернівка потрапить в прямокутний отвір і зіткнеться з нижньою частиною наступної пластини жалюзі. Допустимимомою умовою є переміщення, коли зернівка контактує з протилежною пластинною жалюзі на рівні центра мас. Тоді цей процес переміщення запишнеться системою рівнянь[21, с. 152.]:

$$\begin{cases} S = l \cdot \cos \alpha - r = V \cdot t; \\ h = l \cdot \sin \alpha + r = \frac{g \cdot t^2}{2}. \end{cases} \quad (2.9)$$

Розв'язавши систему рівнянь (2.9) отримаємо вираз визначення мінімальної швидкості переміщення зернівки за умови не потрапляння в зазор жалюзі:

$$V \geq (l \cdot \cos \alpha - r) \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot (l \cdot \sin \alpha + r)}}. \quad (2.10)$$

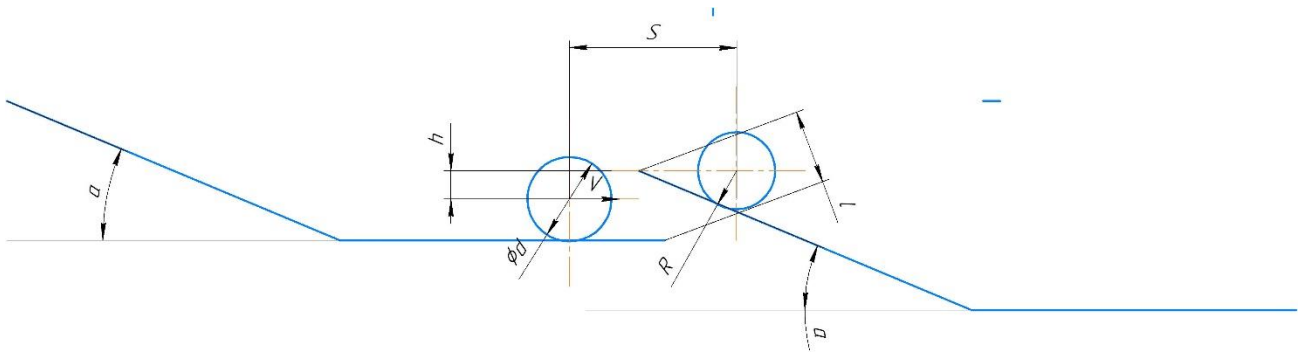


Рис. 2.4. Розрахункова схема руху зернівки по жалюзях підлоги

При зберіганні зерна колосових культур відносна швидкість насіння по жалюзях 0,025...0,035 м/с[22].

Висновки до розділу 2

1. Нами запропоновано дві компоновки технологічних схем підлогово-вентилюваного зберігання та схема насипного конуса підтримання мікроклімату в приміщеннях площею від 2500 м² до 3000 м² .
2. Так, для пшениці, жита і вівса вологістю від 13,5-15,5% експозиція зерна буде варіюватися від 7 до 8 годин на добу. Для соняшнику вологістю від 7-8% - 5-6 годин, для кукурудзи, вологістю від 12,5 до 15,5% - 6-7 годин. Таким чином, завдяки установці РГС підприємству вдасться знизити втрати зерна за рік, що є істотним показником і ймовірно призведе до отримання економічного ефекту.
3. Перфоровані поверхні у підлозі повинні задовольняти наступним умовам: пропускати повітря та не дати можливості переміщення зерну до пневмопроводів. Безпечне зберігання великих об'ємів зернових культур залежить від вологості, температури та тривалості зберігання. При довготривалому зберіганні необхідно знизити температуру зерна, бажано в два етапи спочатку до 15°C, а потім до 10° С.
4. Отримано математичні моделі, які дозволяють визначити конструктивно-технологічні параметри процесу зберігання зерна при використанні запропонованих засобів і обладнання, зокрема продуктивність вентиляторної установки, параметрів жалюзів у плосконасипних сховищах.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Забезпечення довготривалості зберігання зернової маси

Клітинне дихання зерна з подальшим довільним його самозігріванням є причиною псування зібраного зерна. Ці процеси залежать від температури і вологості зерна: чим вище температура і вологість зерна, тим інтенсивніше воно дихає. Самозігрівання викликає втрату сухої маси і сприяє розвитку шкідників і грибків. Відомо, що в зонах з помірним кліматом в холодну пору року виникає значно менше втрат при зберіганні, ніж в літні місяці. Консервування охолодженням та регульованим газовим середовищем дозволяє штучно створити зимові кліматичні умови безпосередньо після збирання врожаю. Через високу вологість і температури небезпека псування зернових особливо висока в зонах з жарким кліматом. Тому в таких зонах особливо важливо застосовувати консервацію охолодженням. Особливості структури і поверхні зерна, а також його низька теплопровідність є найкращими передумовами для охолодження. Оскільки охолоджена зернова маса довго зберігає низьку температуру [2, с. 24].

Вентилятор охолоджувача зерна подає атмосферне повітря (рис.). Повітря охолоджується до необхідної температури і осушується в охолоджувачі повітря - випарнику. При цьому виділяється волога. Далі холодне вологе повітря нагрівається в блоці, що знижує відносну вологість повітря. Блок використовує енергію з холодильного контуру і не вимагає витрат на електроенергію. Сухе холодне повітря підводиться трубопроводом до повітряного розподільника сховища і продувається через зернову масу. Ця технологія може застосовуватися як в підлогових сховищах, так і в елеваторах силосного типу. Відпрацьоване повітря через отвори виводиться в атмосферу, виносячи з собою відібрану у зерна вологу і тепло.

3.2. Результати дослідження технологічного процесу зберігання зерна

Між вмістом води в зерні і відносною вологістю повітря встановлюється рівновага, яка залежить від температури. Ця залежність описується ізотермою сорбції. Зерно злакових культур досить гігроскопічне. Якщо на сухе зерно подається вологе повітря, воно зволожується і з часом псується. Тому аерація атмосферним повітрям допустима тільки при певних погодних умовах. Запропонований технологічний процес не залежить від погодних умов. Установку можна застосовувати навіть в дощ або туман без ризику зволоження зерна.

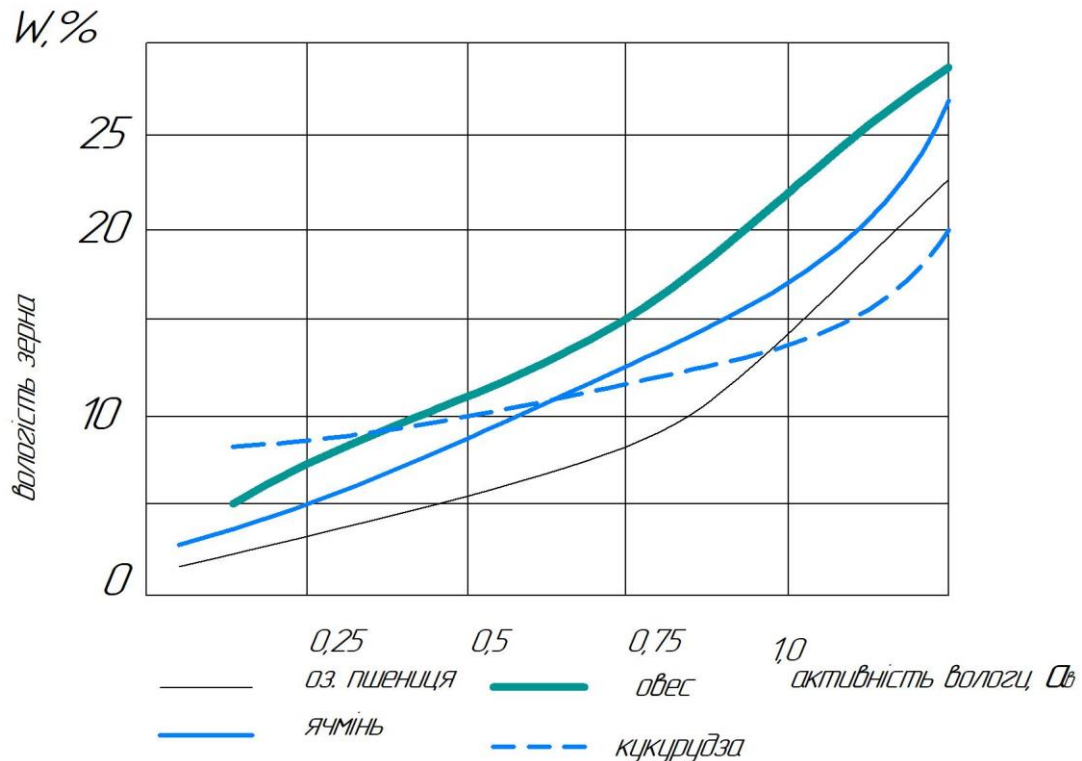


Рис. 3.1. Залежність вологості зерна від активності води

Баланс вологості зерна і повітря представлено на рис. 3.2. зображено ізотерми сорбції для зерна пшениці при різній температурі. Аналізуючи графічну залежність бачимо, що при вмісті води в зерні, що дорівнює 12-14%, активність води між зернами становить приблизно $a_w = 0,5 \dots 0,54$.

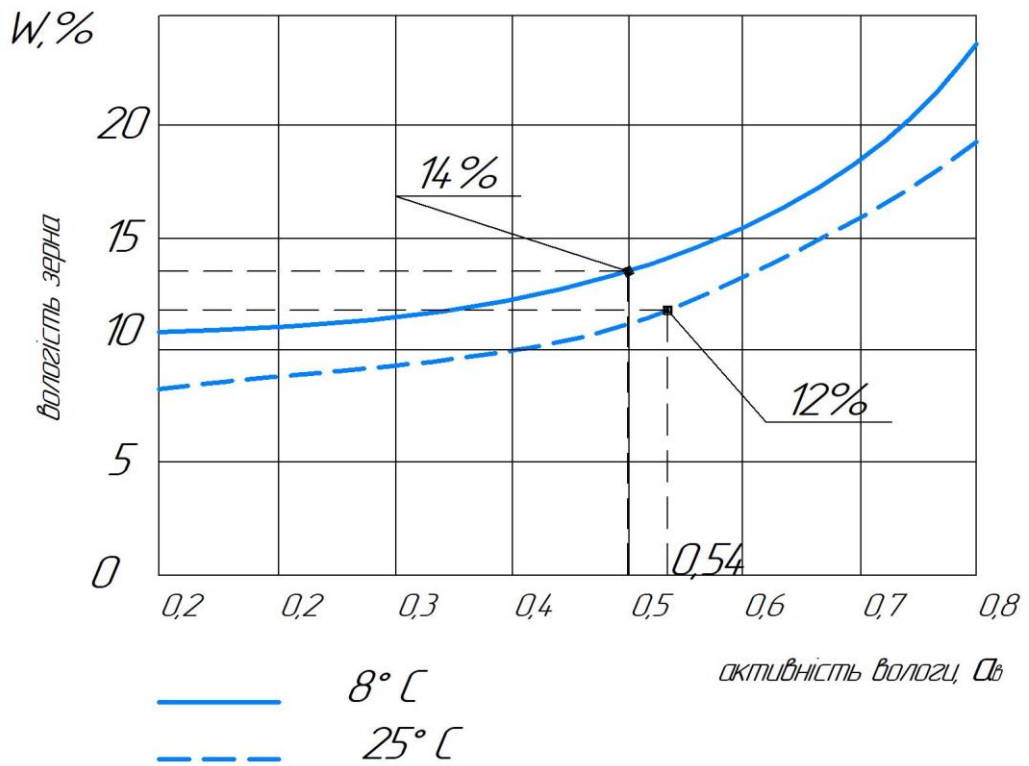


Рис. 3.2. Баланс вологості зерна і повітря

Якщо в такій ситуації буде подаватися повітря з більш високою відносною вологістю, це призведе до зволоження зерна. Результатом стане його псування. Зволоження буде ще більш сильним, якщо температура повітря, що подається вище температури зерна.

Процес охолодження повітря схематично представлений на h-x діаграмі Мольте (рис. 3.3.). Вентилятор охолоджувача зерна всмоктує атмосферне повітря (точка 1 на рис.3.3.). Вентилятор розігріває повітря (точка 2). Потім повітря охолоджується до необхідної температури в охолоджувачі повітря - випарнику (точка 3) і осушується при цьому. В результаті конденсації пари відділяється вода. Хоча абсолютна вологість повітря падає, відносна вологість зростає майже до 100%. Щоб не виникало зволоження зерна в сховищі, холодне повітря проходить стадію вторинного підігріву (точка 4), при цьому знижується відносна вологість повітря. Для підігріву використовується тепло, що виділяється в процесі охолодження, тобто без витрат на електроенергію.

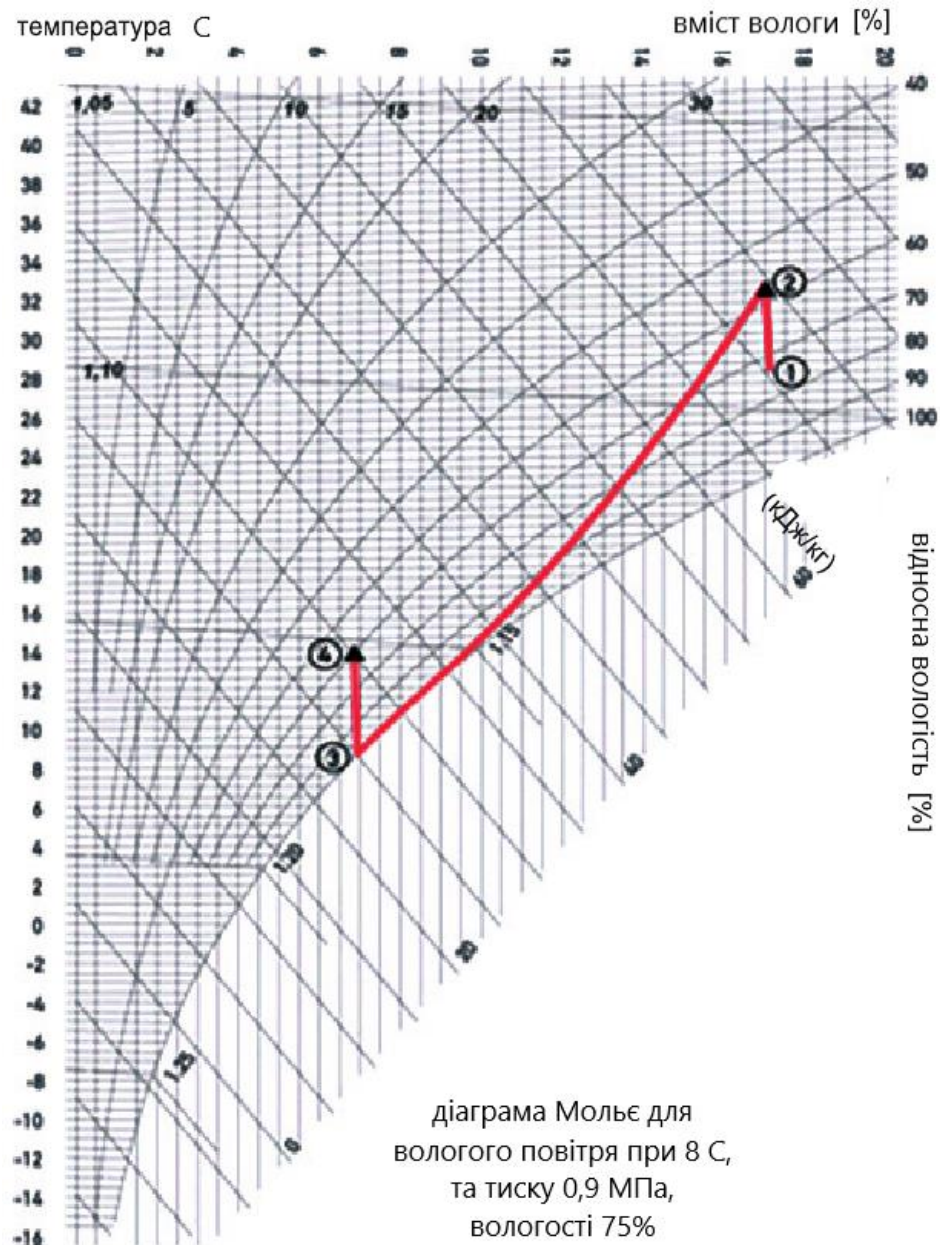


Рис. 3.3. Схема процесу охолодження повітря без додаткових енерговитрат

Відразу після завантаження зерна в сховище необхідно його охолодити до температури нижче 10°C . При низькій температурі шкідники впадають в сплячку, вони не розвиваються і не розмножуються. В результаті не виникає втрат від пошкодження зерна шкідниками. Одночасно зниження температури запобігає розвитку грибків. При використанні технології охолодження зернових культур втрати сухої маси зводяться до мінімуму, запобігає погіршення якості

через пошкодження комахами і розвитку грибків. Якість зерна не знижується в процесі зберігання. Також знижуються витрата енергії на сушіння і час завантаження сушильної установки. Крім того, немає витрат на фумігацію. Якщо провести точну калькуляцію рентабельності, то термін окупності в більшості випадків за 1-2 роки. Таким чином, це дуже вигідне капіталовкладення.

Висновки до розділу 3

1. Описаний технологічний процес може застосовуватися як в підлогових сховищах, так і в елеваторах силосного типу. Відпрацьоване повітря через отвори виводиться в атмосферу, виносячи з собою відібрану у зерна вологу і тепло. Запобігаючи зволоження зерна в сховищі, холодне повітря проходить стадію вторинного підігріву, при цьому знижується відносна вологість повітря. Для підігріву використовується тепло, що виділяється в процесі охолодження, тобто без витрат на електроенергію.
2. Баланс вологості зерна і повітря та аналіз графічних залежностей показав, що при вмісті вологи в зерні, що дорівнює 12-14%, активність води між зернами становить приблизно $a_w = 0,5 \dots 0,54$.
3. При використанні технології охолодження зернових культур втрати сухої маси зводяться до мінімуму, запобігає погіршення якості через пошкодження шкідниками і розвитку грибків. Знижуються витрата енергії на сушіння і час завантаження сушильної установки. Крім того, немає витрат на фумігацію. Якщо провести точну калькуляцію рентабельності, то термін окупності в більшості випадків за 1-2 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Важливим аргументом інтенсифікації первинної переробки зернового вороху є кардинальне прискорення науково-технічного прогресу, широке впровадження машин та обладнання нового покоління та нових технологій. Це забезпечує високу продуктивність та ефективність виробництва, дозволяє здійснити плавний перехід до більш досконалої форми виробництва, механізованих та автоматизованих потокових ліній, на цих режимах роботи та параметрах технологічних процесів, керованих автоматичними пристроями та електронно-обчислювальними системами.
2. Нами запропоновано дві компоновки технологічних схем підлогово-вентилюваного зберігання та схема насипного конуса підтримання мікроклімату в приміщеннях площею від 2500 м² до 3000 м². Так, для пшениці, жита і вівса вологістю від 13,5-15,5% експозиція зерна буде варіюватися від 7 до 8 годин на добу. Для соняшнику вологістю від 7-8% - 5-6 годин, для кукурудзи, вологістю від 12,5 до 15,5% - 6-7 годин.
3. Безпечне зберігання великих об'ємів зернових культур залежить від вологості, температури та тривалості зберігання. При довготривалому зберіганні необхідно знизити температуру зерна, бажано в два етапи спочатку до 15°C, а потім до 10° С. Отримано математичні моделі, які дозволяють визначити конструктивно-технологічні параметри процесу зберігання зерна при використанні запропонованих засобів і обладнання, зокрема продуктивність вентиляторної установки, параметрів жалюзів у плосконасипних сховищах.
4. Описаний технологічний процес може застосовуватися як в підлогових сховищах, так і в елеваторах силосного типу. Відпрацьоване повітря через отвори виводиться в атмосферу, виносячи з собою відібрану у зерна вологу і тепло. Баланс вологості зерна і повітря та аналіз графічних залежностей показав, що при вмісті вологи в зерні, що дорівнює 12-14%, активність води між зернами становить приблизно $a_g = 0,5 \dots 0,54$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кулик М.Ф., Gracey A. Вдосконалення технологій зберігання та використання зерна. – Wilmington.: “WGCC”, 1996. – 240 с.
2. Трисвятский Л.А. и др. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 415 с.
3. Гержой А.П., Самочетов В.Ф. Зерносушение и зерносушилки. – М.: Колос, 1987. – 255 с.
4. Машины та обладнання переробних виробництв / За проф. О.В. Дацишина. – К.: Вища освіта, 2005, – 159 с.
5. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв/ За редакцією О.В. Дацишина. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 488 с.
6. Л.Ф. Скалецька, Т.М. Духовська і А.М. Сеньков, «Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва», Київ «Вища школа», 1994. – 368 с.
7. Обладнання підприємств харчової та переробної промисловості / І. С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. – Вінниця: Нова Книга, 2001. - 576 с.
8. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
9. Пятрушевичус В.И., Любарский В.М. Активное вентилирование травяных кормов. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 96с.
10. Драганов Б.Х. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агропрмиздат, 1990. – 463 с.
11. Чернілевський Д.В., Павленко В.С., Любін М.В. Технічна механіка. Кн.4. Деталі машин. – К.: НМК ВО, 1992. – 360 с.
12. Тихонов Н.І. Зберігання зерна [Текст]: навч. посібник / Н.І. Тихонов, А. М. Беляков; ФГТУ ДПОС «ВІПККА», Каф. інновац. технологій. - Волгоград: Вид-во ВолДУ, 2006. - 108 с.

13. Зберігання зерна і зернових продуктів / Пер. з англ. В. І. Дашевського, Г.А. закладного; Предисл. Л.А. Трісвятській. - М .: Колос, 1978. - 472 с .
14. ДСТУ 3768: 2010 Технічні вимоги пшениці.
15. Кудрявцев Е.М. MathCAD 2000 Pro. / Е.М. Кудрявцев - М .: ДМК «Прес», 2001. - 576 с.
- 16.Eimer M (1998) Konservierung und Lagerung von Raps, Raps, 16. Jahrgang, Heft 7, Verlag Th. Mann, Гельзенкірхен.
17. Humpisch G (2002) Gesunderhaltung von Rapssaat, Raps, 20. Jahrgang, Heft 3, Verlag Th. Mann, Гельзенкірхен.
18. Agena MU (1961) Untersuchungen über die Kälteeinwirkung auf lagernde Getreidefrüchte mit verschiedenen Wassergehalten, Dissertation Universität Bonn.
19. Bakker-Arkema FW, Maier DE, Mühlbauer W, Brunner H (1990) Охолодження зерна в США для підтримки якості зерна, World Grain, 1 січня, Sosland Publishing Co, Kansas City / USA.
- 20.Лебедев П. Д. Розрахунок і проектування сушильних установок. - М .: Держенерговидавництво, 1973. - 320 с.
- 21.Заїка П. М.Теорія сільськогосподарських машин. - Т.3. - Ч.2. - Машини та знаряддя для очиски зерна. – Харків: Око, 2001. – 265 с.
- 22.Кленин Н.И. и др. Сельскохозяйственные машины. - М.: Колос, 1970. – 456с.