

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут *Навчально-науковий інститут харчових технологій***

**Кафедра *технології зберігання і переробки зерна***

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«До захисту допущено»

В. о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Тетяна ЯНЮК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025р.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

з спеціальності \_\_\_\_\_ 181 «Харчові технології»

(шифр та назва спеціальності)

на тему: "Дослідження технологічних властивостей зерна кукурудзи"

Виконав: здобувач\_2 курсу, групи ТЗ-2-6М

\_\_\_\_\_ Єрмак Андрій Михайлович

(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_ Янюк Тетяна Іванівна

(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_ Камбулова Юлія Вікторівна

(прізвище та ініціали)

Засвідчую, що в цій дипломній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ - 2025 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій  
Кафедра технології зберігання і переробки зерна  
Освітній ступінь Магістр  
Спеціальність 181 «Харчові технології»  
(код і назва)  
Освітньо-професійна програма Технології зберігання і переробки зерна  
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В. о. завідувача кафедри  
технології зберігання і  
переробки зерна  
Тетяна ЯНЮК  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

### **З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Єрмаку Андрію Михайловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи "Дослідження технологічних властивостей зерна кукурудзи"  
керівник роботи Янюк Тетяна Іванівна, к.т.н., доц.

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затвердені наказом закладу вищої освіти від "06" 11 2025 року № 906-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 10 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи зерно кукурудзи

\_\_\_\_\_ 4.  
Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація;  
перелік умовних скорочень, термінів і одиниць; вступ; літературний огляд;  
об'єкти та методи дослідження; експериментальна частина; технологічна  
частина; розроблення системи управління якістю та безпечністю; загальні  
висновки; список використаної літератури.

\_\_\_\_\_ 5. Перелік графічного матеріалу технологічна схема елеватора (формат А4),

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 06.09.2025

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ	15.10.2025	Виконано
2.	Зміст	15.10.2025	Виконано
3.	Розділ 1. Аналітичний огляд літературних джерел	15.10.2025	Виконано
4.	Розділ 2. Об'єкти та методи досліджень	25.10.2025	Виконано
5.	Розділ 3. Експериментальна частина	01.11.2025	Виконано
6.	Розділ 4. Технологічна частина	05.11.2025	Виконано
7.	Розділ 5. Соціально економічна значущість роботи	13.11.2025	Виконано
8.	Загальні висновки	23.11.2025	Виконано
9.	Список використаної літератури	01.12.2025	Виконано
		01.12.2025	Виконано

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

Андрій ЄРМАК

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Тетяна ЯНЮК

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Єрмак Андрій Михайлович. "Дослідження технологічних властивостей зерна кукурудзи".** Кваліфікаційна робота за спеціальністю 181 – харчові технології, освітньо-професійної програми «Технології зберігання і переробки зерна». Національний університет харчових технологій. Київ, 2025.

Робота присвячена дослідженню технологічних властивостей та закономірностей протікання біохімічних процесів в зерні кукурудзи, яке зберігається в герметичному середовищі при різних умовах.

В роботі визначались основні технологічні властивості та біохімічні зміни, які відбувалися в зерні та міжзерновому просторі. Встановлено, що хімічний склад зерна за весь термін герметичного зберігання змінюється незначно. Досліджено насіннєві властивості зерна кукурудзи, що зберігалось в герметичних умовах. Визначено вплив герметичного середовища на життєдіяльність шкідників.

Вивчено динаміку зміни концентрації газу міжзернового простору. З'ясовано характер зміни об'ємної концентрації вуглекислого газу і кисню в залежності від тривалості та умов зберігання зернової маси. Найбільша кількість вуглекислого газу виділяється у вологому зерні. Визначено мікробіологічні показники зерна, яке зберігалось в герметичних умовах. Здійснено математичну обробку результатів, розраховано коефіцієнт кореляції, отримано рівняння регресії.

Спроектовано підприємство по зберіганню зерна з використанням поліетиленових рукавів. В результаті досліджень з'ясовано, що свіжозібране зерно кукурудзи вологістю 14,4 % можна зберігати в герметичних умовах без втрати його якості протягом 210 діб. Стосовно зерна, вологістю 18,2 %, то було встановлено, що максимальним терміном його зберігання без погіршення якісних показників є 180 діб.

**Ключові слова:** герметичне зберігання, кукурудза, міжзерновий простір, поліетиленові рукави, інтенсивність дихання, біохімічні властивості, анаеробне дихання, мікробіологічне забруднення.

## ANNOTATION

The article is dedicated to the research of the peculiarities of biochemical processes in corn that is preserved in airtight environment with different conditions.

In this work major biochemical changes of grain and intergranular space were defined. It was deduced that changes of chemical composition of grain was insignificant during all the period of storing. Germination abilities of corn that was stored in vaporproof environment were examined. It was defined the influence of vaporproof environment on the vital activity of vermins.

We studied the dynamics of changes of the intergranular space and the response of concentration changes of carbon dioxide and oxygen in subject to keeping time and conditions of storage. Carbon dioxide is mostly gassed in a wet corn on room temperature conditions. Although microbiological factors were examined.

All results were calculated. The correlation coefficient and regression equation were obtained.

We adjusted the enterprise that will be lined in corn storage using polyethylene sleeves.

Our results found that just-cropped corn with moisture 14.4% can be stored in sealed conditions without losing its quality for 210 days. Regarding grain with moisture 18.2%, it was found that the optimal period of storage without deterioration of quality indicators is 180 days.

**Key words:** sealed storage, corn, intergranular space, polyethylene bags, the intensity of respiration, biochemical properties, fermentation, microbiological contamination.

## ЗМІСТ

	Стор.
<b>АНОТАЦІЯ</b>	
<b>ВСТУП</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>10</b>
1.1. Сучасний стан зберігання зерна в Україні	10
1.2. Технології зберігання зерна	12
1.3. Зберігання зерна в поліетиленових рукавах	15
1.4. Застосування штучного холоду для зберігання зерна	21
1.5. Зберігання зерна в контрольованому газовому середовищі	21
1.6. Зміна біохімічних властивостей зерна при анаеробному зберіганні	24
1.7. Висновки	29
<b>РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>31</b>
2.1. Об'єкти досліджень	31
2.2. Методи досліджень	31
2.2.1. Методика визначення складу між зернового простору	31
2.2.2. Методи визначення фізико – технологічних властивостей	34
2.2.3. Методи визначення хімічного складу зерна	34
2.2.4. Методи визначення мікробіологічних показників зерна	35
2.2.5. Математичні методи досліджень	37
2.3. Висновки	37
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА</b>	<b>38</b>
3.1. Дослідження зміни газового середовища	40
3.2. Визначення технологічних та біохімічних показників	44
3.3. Визначення впливу герметичного середовища на життєдіяльність шкідників	48
3.4. Дослідження мікробіологічних показників	49
3.5. Визначення схожості та енергії проростання зерна кукурудзи	55

3.6.	Встановлення кореляційного зв'язку між умовами зберігання і показниками якості зерна кукурудзи	57
3.7.	Математична обробка отриманих експериментальних даних	60
3.8.	Висновки	66
	<b>РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	<b>68</b>
4.1.	Техніко – економічне обґрунтування проекту елеваторного комплексу з використанням поліетиленових мішків для зберігання зерна	68
4.2.	Техніко – економічні розрахунки	69
4.3.	Розрахунок технологічного обладнання	77
4.4.	Опис технологічної схеми	80
4.5.	Охорона праці	82
4.6.	Висновки	90
	<b>РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТА БЕЗПЕЧНІСТЮ</b>	<b>91</b>
5.1.	Короткі відомості про принципи НАССР	91
5.2.	Організація робочої групи НАССР	95
5.3.	Інформація про продукт	97
5.4.	Інформація про виробництво обраного продукту	97
5.5.	Опис блок-схеми технологічного процесу	98
5.6.	Аналіз ризиків при виробництві обраного продукту	101
5.7.	Оформлення НАССР плану для виробництва безпечного продукту	106
5.8.	Висновки до розділу 5	106
	<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>107</b>
	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>108</b>
	<b>ДОДАТКИ</b>	<b>109</b>

Останніми роками в Україні і світі істотно зріс інтерес до новітніх, більш економічно вигідних способів зберігання зерна, що пов'язано з розширенням площ посівів зернових культур, світовою економічною кризою та моральною застарілістю багатьох способів зберігання зерна, що застосовуються в промисловості [12].

Наразі в галузі зберігання зерна та продуктів його переробки на перший план виходять нові проблеми. Із збільшенням кількості фермерських господарств гостро постало питання зберігання невеликих партій зерна. Тому проектується та будуються елеватори невеликої місткості з новими видами технологічного обладнання простого в обслуговуванні та надійного в роботі, а також розробляються та ретельно досліджуються нові способи та методи зберігання зернових мас. На сьогоднішній день широкого розповсюдження набуває зберігання зерна в герметичному середовищі, зокрема в поліетиленових рукавах. Проте на сьогоднішній день недостатньо даних стосовно режимів та умов зберігання різних видів зерна в поліетиленових рукавах в кліматичних умовах України, практично відсутні науково обґрунтовані дані щодо характеру проходження процесу такого зберігання.

Метою даної роботи було встановлення закономірностей протікання фізичних, біохімічних та мікробіологічних процесів в зерновій масі, що зберігається в герметичному середовищі при різних умовах. Основні дослідження проводились в лабораторних умовах в зв'язку з неможливістю значних змін параметрів процесу в промислових масштабах.

**Об'єкт досліджень** – технологія зберігання зерна.

**Предмет досліджень** – технологія зберігання зерна кукурудзи в герметичних умовах.

**Актуальність теми.** В зв'язку з високою врожайністю та відповідно нестачею ємностей елеваторної промисловості для ефективного зберігання такої кількості зерна останнім часом використовуються поліетиленові рукави для зберігання. Дана технологія знаходить своє місце в промисловості, проте недостатньо даних щодо

режимів зберігання, зміни показників якості зерна. Тому актуальним є дослідження процесу зберігання зерна різної якості.

Практичне значення даної роботи полягає у вивченні особливостей процесу зберігання зерна в герметичних умовах та характер зміни якісних показників зерна кукурудзи внаслідок зберігання в герметичній тарі. Одержано результати зміни газового середовища міжзернового простору та зміни показників мікробіологічного забруднення зерна, що зберігалось при різних умовах, та досліджено вплив герметичного зберігання на насінневі властивості зерна.

Робота складається з п'яти розділів, висновків, списку бібліографічних джерел і додатків. Робота виконана на 114 сторінках, ілюстрована 27 таблицями і 5 рисунками.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

#### 1.1. Сучасний стан зберігання зерна в Україні

Виробництво зерна в Україні традиційно належить до стратегічних галузей розвитку не тільки сільського господарства, а й усього народногосподарського комплексу країни. Зернове господарство відноситься до основних пріоритетів розвитку продовольчого сектора економіки країни, є важливим джерелом прибутковості сільськогосподарських підприємницьких структур, адже практично 40% агропромислового виробництва пов'язано з зерновими ресурсами. Це зумовлюється наявністю сприятливих ґрунтово-кліматичних умов для вирощування зернових культур, споконвічною високою хліборобською майстерністю працьовитого українського селянства, вигідним економічним та геополітичним положенням України. Протягом тривалого історичного періоду зернові культури займають близько 50% посівних площ, а за обсягом валових зборів зерна і його виробництва на душу населення Україна завжди знаходилась в числі перших 6-7 країн світу. На долю зерна приходиться більше 1/3 продукції рослинництва і практично 1/3 всіх кормів в тваринництві. [13].

Зерно та продукти його переробки є основою харчування людей. Зерно використовується людиною у вигляді хліба, крупи, макаронів, кондитерських виробів. Ці продукти відзначаються високими поживними та смаковими якостями, містять достатню кількість білків, вуглеводів, вітамінів, амінокислот та мінеральних солей. Зерно – важливий експортний продукт, що має забезпечувати значні надходження валютних коштів. При раціональному зберіганні зерно практично не втрачає своїх якостей і тому придатне для створення державних резервів продуктів харчування та кормів.

В останні роки погіршення економічного стану в Україні негативно вплинуло на виробництво зернових культур. Низька врожайність зернових в нашій країні пов'язана з тим, що Україна знаходиться в зоні ризикованого землеробства, де посушливі роки

чергуються з роками, коли випадає за багато опадів або нормальна їх кількість. В середньому врожайність зернових в нашій країні коливається від 19,6 до 34,9 ц/га.

В останні роки Україна збирала близько 40 млн. т збіжжя, що дозволяло не тільки задовольняти внутрішні потреби, але поставляти зерно на експорт. За експортом зернових Україна зайняла 6 (5) місце.

В загальному об'ємі зернових в нашій країні приблизно 65 % складає пшениця, 14 % - ячмінь, 8,5 % кукурудза на зерно, 5,3 % - жито, 3,5 % - овес, 1,3 % - гречка, 0,8 % - просо, 0,3 % - рис [21].

Зрозуміло, що зберігання зерна є не менш важливою задачею ніж його вирощування. Зберігання зерна – це комплекс робіт і заходів, що здійснюються із зерном з метою його найраціональнішого збереження при мінімальній втраті. Протягом сотень років людство розвиває і вдосконалює методи і способи зберігання зерна. Сучасна технологія передбачає зберігання зерна традиційними способами - в елеваторах, складах, токах та новими, більш сучасними - в охолодженому стані, шляхом консервування хімічними речовинами, зберігання у контрольованому газовому середовищі та в герметичних умовах.

Останнім часом в Україні і світі істотно зріс інтерес до новітніх, більш економічно вигідних, способів зберігання зерна, що пов'язано з розширенням площ посівів зернових культур, світовою економічною кризою та моральною застарілістю багатьох способів зберігання зерна, що вже існують.

Зараз в галузі зберігання зерна та продуктів його переробки на перший план виходять нові проблеми. З поширенням процесу приватизації та збільшенням кількості фермерських господарств гостро постало питання зберігання невеликих кількостей зерна. Тому проектується та будуються елеватори невеликої місткості з новими видами технологічного обладнання простого в обслуговуванні та надійного в роботі. Також зріс інтерес до нових, більш перспективних та економічних методів зберігання зерна. На сьогоднішній день широкого розповсюдження в світі набуває зберігання в герметичному середовищі, зокрема в поліетиленових рукавах. Технологія зберігання зерна в поліетиленових рукавах народилась у Німеччині наприкінці 60-х років минулого століття, але тоді вона не набула широкого

поширення. Відродилася вона в Канаді близько 30 років тому й набула значної популярності в Аргентині. Проте на сьогоднішній день недостатньо даних стосовно режимів та умов зберігання різних видів зерна в поліетиленових рукавах в кліматичних умовах України. Ось чому ця технологія ретельно вивчається і досліджується на території нашої країни. [20].

## **1.2. Технології зберігання зерна**

Зберігання зерна - комплекс заходів, які включають приймання, обробку, зберігання та відвантаження зерна. Відомо, що зернова маса - це складна, багатокомпонентна біологічна система, об'єкт, який важко зберігати. Властивості живої зернової маси не схожі на властивості інших тіл, вони мають іншу основу. Основним компонентом будь-якої зернової маси є зерно (або насіння) визначеного ботанічного роду, назва якого і визначає назву партії зерна або насіння; наприклад пшениця, кукурудза, ячмінь, насіння соняшнику і т.д. До складу зернової суміші можуть входити також зерна (насіння) інших культур, подібних по характеру використання і цінності з зерном основної культури; травмовані при збиранні та транспортуванні робочими органами машин, шнеків, ланцюгових конвеєрів, сепараторів і т.д.; ушкоджені шкідниками, пророслі і морозобійні.

Поряд із сумішшю зерен основної культури до складу зернової маси завжди входить деяка кількість інших компонентів - домішок мінерального й органічного походження (у тому числі насіння бур'янистих і інших культурних рослин, що не відносяться до основного зерна). Кількісна і якісна характеристика цих компонентів визначається рівнем агротехніки і способом збирання врожаю. Наявність домішок у більшій кількості підвищує неоднорідність зернової маси, знижує її стійкість при зберіганні. Останньому істотно сприяють мікроорганізми, що є у зерновій масі, а іноді комахи і кліщі.

Спосіб зберігання зернових мас залежить переважно від їх фізичних та фізіологічних властивостей. Зберігання зерна може бути тимчасовим — від кількох днів до одного-трьох місяців або довгостроковим — від кількох місяців до кількох років. Як тимчасове, так і довгострокове зберігання зернових мас треба

організувати так, щоб запобігти втратам маси (крім біологічних) та зниженню її якості. Зернові маси зберігають насипом або в тарі. Перший спосіб є основним і найпоширенішим. Переваги його такі: повніше використовуються площа та об'єм зерносховища; більше можливостей для механізованого переміщення зернових мас; полегшується боротьба із шкідниками зерна; зручніше організувати контроль за всіма показниками; зменшуються витрати на тару і переміщення зерна. Проте останнім часом набуває все більшого поширення зберігання зерна в тарі [20].

### **Використання елеваторів для зберігання зерна**

Основна задача елеваторної промисловості – створення запасів зерна і продуктів його переробки, а також проведення комплексу заходів для забезпечення тривалого терміну зберігання, збереження і покращення якості при мінімальних кількісних втратах. Елеватор як зерносховище характеризується трьома особливостями: зерно зберігають в силосах, наявність стаціонарних установок (механічних і пневматичних) для переміщення зерна в силоси, як споруда представляє собою самостійну одиницю. Основні функції елеваторів: післязбиральна обробка зерна, зберігання і відвантаження зерна.

Розмір і форма силосів досить різноманітні.

Слід відмітити, що залізобетонні елеватори мають досить багато переваг і недоліків.

Металеві ємності для зберігання відрізняються великою різноманітністю форм, розмірів і конструктивних рішень. Застосовують їх для будівництва невеликих силосних корпусів елеваторів, розширення діючих елеваторів, а також у вигляді окремих силосів.

Собівартість металевих зерносховищ відносно невисока, завдяки використанню для їх монтажу конструктивних елементів заводського виробництва, стандартних матеріалів і деталей, а також через незначні транспортні витрати за рахунок повного використання вантажопідйомного транспорту, швидкому будівництву при малих трудовитратах.

Стіни металевих ємностей виготовляють з звичайної листової сталі без покриття або з антикорозійним покриттям, а також з алюмінієвих листів. Металічні листи різного конструктивного виконання: гладкі, хвилясті, профіліровані. Металеві силоси найчастіше створюють квадратної, циліндричної форми або у формі багатокутника. Розміри і місткість силосів різні в залежності від їх призначення, компонування і умов.

Металеві силоси відрізняються більш складними конструктивними рішеннями. Для забезпечення стійкості стін передбачають установку ребер жорсткості, збільшують товщину стіни, знижують висоту силосу.

Одним з визначаючих факторів при проектуванні сталевих силосів є забезпечення стійкості, на яку значно впливає спосіб їх завантаження і розвантаження. Сталеві силоси значно залежать від температурних змін. При різких змінах температури відбувається постійна зміна напруги в їх стінах. За рахунок того, що ємності металевих елеваторів великі – зерно зберігається різних партій, а такі силоси є доцільними лише на великих підприємствах, які приймають і зберігають великі партії зерна однієї якості. Відбувається корозія металу під дією певних хімічних речовин з зернової маси. Окрім того, будівництво нових металевих елеваторів потребує додаткових площ зайнятих земель сільськогосподарського призначення [4].

Оскільки побудова нових елеваторів – це не завжди доступний захід, що також потребує значних капіталовкладень і цей процес досить тривалий в часі, зараз в Україні і світі знаходять місце нові, більш перспективні, методи зберігання зерна, зокрема, в герметичних умовах поліетиленових рукавів.

### **Зберігання зернових мас в герметичних умовах**

Ефект герметичного пакування створюється за рахунок призупинення сорбції та десорбції вологи насінням та значним зменшенням інтенсивності його дихання. Дослідження показали, що початкова вологість такого зерна залишається практично незмінною в процесі його зберігання.

При зберіганні зернової маси у без кисневому середовищі з вологістю, близькою до критичної, добре зберігаються всі її технологічні властивості. З підвищенням вологості якість зерна погіршується: темніють оболонки, виникає спиртовий і кислий запах, збільшується кислотне число жиру. Партії насінного зерна зберігати можна лише при вологості, що значно нижча за критичну, інакше можлива часткова або повна втрата його схожості.

Анаеробні умови при зберіганні зернових мас створюють одним із трьох способів:

- природним накопиченням вуглекислого газу і втратою кисню під час дихання живих компонентів зернової маси, внаслідок чого відбувається самоконсервування зернової маси;
- введенням у зернову масу газів, які витісняють повітря міжзернового простору;
- створенням у зерновій масі вакууму.

При самоконсервуванні зерна для швидкого настання безкисневого стану дуже важливо, щоб у сховищі був мінімальний запас повітря. Цього досягають при повному його завантаженні зерном і майже повній відсутності міжзернового простору. Сьогодні в області зберігання зерна набувають розповсюдження герметичні гнучкі поліетиленові рукави [20].

### **1.3 Зберігання зерна в поліетиленових рукавах**

Чверть століття тому у світі з'явився цілком новий метод зберігання кормів для тварин – у великих поліетиленових мішках, що нагадували скоріше довжелезні ковбаси. Уже тоді багато говорили про можливість їх застосування для зберігання зерна, однак великого зацікавлення ця ідея ні в кого не викликала, окрім аргентинських фахівців.

Технологія зберігання зерна в поліетиленових рукавах народилась у Німеччині наприкінці 60-х років минулого століття, але тоді вона не набула поширення. Відродилася вона в Канаді близько 30 років тому й набула популярності в Аргентині. Незабаром новий спосіб зберігання зерна перейняли і

країни Північної Америки та Європи. Уже кілька років в Україні також використовують поліетиленові мішки для зберігання зерна.

Суть методу полягає в тому, що у замкнутому середовищі, яким є поліетиленовий рукав, у процесі дихання живих організмів поступово збільшується концентрація вуглекислого газу. Разом із зерною масою сюди потрапляють різноманітні комахи, спори грибів, бактерії. В умовах низького вмісту кисню вони припиняють свою активність, а то й зовсім гинуть. Зерно також зменшує інтенсивність своїх життєдіяльних процесів доти, поки воно знову не стикнеться з киснем повітря [20].

Самі рукави, довжина яких складає до 60 м, виконані з п'яти шарів поліетилену, кожен з яких має свої певні властивості. Це необхідно для того, аби зерно своєю вагою не порвало плівку, а також щоб мішок розтягувався рівномірно.

Згідно з дослідженнями [20], у рукавах зерно може зберігатися протягом двох років. Після цього періоду поліетилен під впливом ультрафіолетових променів руйнується. Зерно ж можна у разі потреби перекласти в інший мішок і зберігати далі.

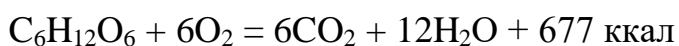
Тривалі експерименти, що проводилися як в Аргентині, так і в інших країнах світу, показали, що впродовж зберігання у мішку не відбувається жодних змін стосовно вологості закладеного зерна. При цьому деякі дослідники говорять про те, що можна закладати й вологий врожай. Проте для наших широт це не найкращий варіант, оскільки в цьому разі термін зберігання буде коротшим. Тому українські фахівці [8, 10] радять все ж таки спочатку підсушити зерно до прийнятих у стандарті норм.

Слід відмітити, що дана технологія економічна і надзвичайно проста. Зерно з візка-навантажувача потрапляє у машину через верхній завантажувальний бункер, де воно під тиском власної ваги потрапляє в мішок. Контроль за розтягненням мішка і його цупкості в процесі наповнення повинен проводитися регулярно. Для цього на мішках є спеціальні смужки. Основний догляд за мішками полягає в тому, щоб своєчасно перевіряти їх на предмет розривів і якості зберігання. Якщо десь

з'явилися пошкодження, їх негайно потрібно ретельно заклеїти спеціальним клейким матеріалом.

### **Основні принципи процесу зберігання зерна в поліетиленових рукавах**

Розглянемо детальніше процес зберігання зерна в поліетиленових рукавах. Для того, щоб зберігання було успішним необхідно створити всередині умови, несприятливі для розвитку шкідників і мікроорганізмів, а також знизити власну активність зерна. Основним принципом герметичного зберігання є поглинання кисню, який складається всередині, до того рівня, при якому зникає або інактивується здатність до розвитку та розмноження паразитів і грибів. При респіраторному процесі всіх компонентів (зерно, шкідники, мікроорганізми) відбувається поглинання кисню і виділення вуглекислого газу. Також герметичне зберігання зерна перешкоджає обміну повітрям і газами між внутрішнім і зовнішнім середовищем і тим самим не створюються умови, сприятливі для розвитку паразитів, що сприяє довготривалому зберіганню зерна. Енергія, як необхідна живих організмів для росту і розвитку, утворюється в результаті респіраторного процесу і складає складну систему хімічних реакцій, які можливі завдяки присутності тих же організмів. Присутність  $O_2$  сприяє аеробному диханню, де повністю розщеплюються вуглеводи; складні речовини, наприклад крохмаль, розкладається на  $CO_2$ , воду і енергію:



При відсутності  $O_2$  деякі організми, такі як дріжджі та бактерії, можуть жити і розвиватись, частково розкладаючи вуглеводи, утворюючи молочну та оцтову кислоти і спирти. Така реакція називається ферментацію, при якій виділяється набагато менше тепла, чим в присутності повітря, і утворюється герметичне середовище з високим ступенем вологості:



Герметичне зберігання продуктів – старовинний метод і з часом він трохи змінився і удосконалився. Зараз цей метод відродився на прикладі поліетиленових мішків і якби цей метод не мав ряду переваг, то він би не використовувався для зберігання окремих видів продукції [20].

Поліетиленові мішки – це окремий різновид герметичного зберігання. Цей процес ретельно вивчається з моменту запровадження з метою визначення впливу вологості при зберіганні на якість зерна.

### **Вплив ефекту герметичності на активність шкідників і мікроорганізмів**

Респіраторна активність шкідників і зерна знижує рівень  $O_2$  і підвищує вміст  $CO_2$  в герметичній місткості. Чим більша активність зерна, тим швидше відбувається поглинання кисню і виділення вуглекислого газу. Oxley у Wickenden (1963), Vogliaccini (2001), вивчили поглинання  $O_2$  и виділення  $CO_2$  у пшениці, упакованої з 13 і 133 жуками-шкідниками (*Sitophilus granarius*) на 1 кг. Вони виявили, що у масі пшениці з 13 жуками на кг, виділення  $CO_2$  відбувалось протягом 20 днів, потім концентрація стабілізувались на рівні 14%, а рівень  $O_2$  знизився з 21% до 2%. У випадку з пшеницею з 133 жуками на 1 кг маси, поглинання  $O_2$  було значно швидшим, зменшившись до 3% за 5 днів і майже до 0% за 10 днів.

Бібліографія, яка відноситься до контролю над жуками-шкідниками в модифікованій атмосфері, достатньо широка і важлива. Ці роботи ґрунтуються на модифікації атмосфери внаслідок додавання газів ( $CO_2$ ,  $N_2$ ) для знищення кисню і створення середовища, несприятливого для розвитку шкідників і грибків. В літературі описано, що концентрація  $CO_2$  і  $O_2$ , термін зберігання, різновид шкідників, ступінь їх розвитку (яйце, личинка, дорослий шкідник), температура і відносна вологість є основними факторами, які впливають на їх смертність.

В атмосфері з низькою концентрацією кисню шкідники будуть знищені на 95 % і більше протягом 10 діб зберігання. В атмосфері, насиченій вуглекислим газом (концентрація кисню менше 5 %), спостерігається підвищена смертність мікроорганізмів [6].

Відносна вологість зерна також впливає на активність шкідників. При низькій відносній вологості відбувається втрата вологи через кутикулу і як наслідок – смерть шкідників. Наприклад, для рисового довгоносика (*Sitophilus oryzae*) відносна вологість 60 % є критичною і в таких умовах він гине.

Температура впливає не тільки на активність шкідників, а й на активність самого зерна. Оптимальна температура для розвитку шкідників в зерновій масі

складає 25-30°C. Чим нижча власна температура зерна, тим менша його біологічна активність. При низьких температурах знижується активність шкідників і зерна, що поліпшує умови його зберігання.

Зберігання зерна в мішках окрім створення середовища, несприятливого для розвитку шкідників, також помітно знижує ймовірність зараження зерна. При зберіганні в мішках одна можливість зараження можлива лише на полях. Інший шлях неможливий, оскільки поліетиленові мішки - річ одноразового використання, тому самі мішки бути зараженими не можуть. Також мішки герметично закривається і проникнення всередину мішка різних шкідників не можлива.

Мікроорганізми (грибки) розвиваються при відносній вологості більше 67 % (в середньому). Така відносна вологість відповідає рівноважній вологості 13,6 % у кукурудзи, 13,7 % у пшениці і 12,0 % у сої при 25°C. Найбільш суттєва шкода яку можуть нанести грибки – виділення мікотоксинів. Не всі види грибків виділяють мікотоксини, проте таке явище можливе при наявності субстрату, рН, концентрації O<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub>та нестачі вологи. Morenoetal упакували зерно кукурудзи з грибками і без них при вологості 15,7 і 17,1 % в трьох різних ситуаціях: погодні умови, герметичне зберігання і контрольована атмосфера (КА 92-88 % CO<sub>2</sub>) В герметичній упаковці і контрольованій атмосфері не спостерігався розвиток грибків, а при зберіганні в погодних умовах , було помічено різке підвищення розвитку грибків. Різні дослідження показують, що атмосфери, насичені вуглекислим газом, стабілізують розвиток грибків і затримують процес синтезу в зараженій *Aspergillus* кукурудзі [11].

### **Переваги і недоліки процесу зберігання зерна в поліетиленових рукавах**

Варто навести основні переваги і недоліки зберігання зерна в поліетиленових рукавах. Найголовнішою перевагою поліетиленових мішків для зберігання зерна є економічна система і незначні інвестиції. Крім економічної переваги, поліетиленові рукави дозволяють зберігати зерно різними способами: відбираючи партії за якісними показниками, по сортах, за вологістю тощо. Така особливість дає повну впевненість у підтримці якості відібраного зерна [20].

Також слід зазначити, що поліетиленові мішки дозволяють упаковувати зерно безпосередньо на полі, що значно спрощує процес, адже дозволяє зекономити час і кошти на транспортних засобах. Часто нестача вільного місця на складах, зерноскладах та елеваторах призводить до тимчасової вимушеної зупинки збору врожаю на певний час. Враховуючи нестійкі кліматичні умови і досить пізні збори деяких культур (зокрема кукурудзи і сої) можна отримати серйозні кількісні втрати.

Слід підкреслити, що завдяки еластичності мішків можна зберігати більшу кількість зерна ніж передбачено на певний рік [14].

Однією з основних переваг мішків є розподілення витрат у часі. Тому більшість фермерів краще витратить невелику суму щороку на купівлю мішків, аніж братиме кредити на побудову традиційних зерноскладів. Крім того час зберігання зерна в мішках може бути аж до 2 років, тому фермер може зберігати зерно тривалий час без суттєвих проблем. До того ж, під час перших двох тижнів шкідники, грибки стають неактивними, тому що середовище в мішку є несприятливим для їх існування. Відповідно зерно не потребує обробки хімікатами, що є очевидною перевагою методу.

Перевагою є також відсутність загрози зараження зерна після його упакування, адже мішки є герметичні [7].

Також слід сказати про деякі недоліки цієї технології. До них можна віднести обмаль даних щодо можливостей її ефективного застосування в умовах нашої країни. Зокрема, на сьогодні відсутні дані щодо зміни складу газового середовища зернової маси в залежності від тривалості та умов її зберігання.

Процес зберігання зерна в поліетиленових рукавах передбачає створення в міжзерновому просторі газового середовища, що забезпечить пригнічення життєдіяльності як самого зерна, так і його шкідників та мікрофлори. Тому сам процес зберігання можливо порівняти із зберіганням зерна в контрольованому газовому середовищі.

#### **1.4 Застосування штучного холоду для зберігання зерна**

Використання штучного холоду при зберіганні зерна – метод екологічно безпечний і дозволяє зменшити енергозатрати в 2-4 рази у порівнянні з традиційним сушінням зерна. Зменшення вологи зерна при його охолодженні відбувається внаслідок підсушування повітря за рахунок виморожування вологи і значного зниження відносної вологості охолодженого повітря. За один цикл охолодження зерна при зниженні його температури на 10 °С вологість зменшується на 0,5...1,0 %. Режим зберігання у охолодженому стані ґрунтується на чутливості всіх живих компонентів зернової маси до зниження температур. Життєдіяльність зерна основної культури, насіння бур'янистих рослин, мікроорганізмів, комах та кліщів при знижених температурах різко знижується чи припиняється зовсім. Своєчасним і вмілим охолодженням зернової маси досягають її повного консервування на весь період зберігання.

Особливого значення набуває тимчасове зберігання в охолодженому стані партій вологого зерна, які не можна висушити швидко. Для таких партій охолодження є основним і майже єдиним способом збереження їх від псування.

Прийнято вважати охолодженими партії зерна з температурою в насипі трохи більшою 10 °С. найбільш та результативним способом зберігання зерна є його провітрювання. Провітрювання (активна вентиляція) – це примусове повільне проходження повітря через непорушний шар зерна. При цьому насамперед переслідують дві цілі - це охолодження зерна та вирівнювання його температури і вологості, з наступним зниженням цих показників до безпечного рівня. Повітря, яке попадає в зерно, має бути сухим та холодним, адже воно повинно ввібрати в себе якомога більше вологи та охолодити зерно [3].

### **1.5 Зберігання зерна в контрольованому газовому середовищі**

Технологія контрольованої атмосфери (КА), методологія її застосування та система обладнання розробляються для запобігання ураженню зернової маси шкідниками, комахами і мікрофлорою, та збереження якості біологічно активних

продуктів, таких як зерно злакових і бобових культур (пшениці, жита, вівса, рису, сорго, проса, ячменю, гороху), насіння олійних культур (соняшника, тощо), кукурудзи, трав'яного борошна та ін.

Контрольована атмосфера може бути визначена як така, що утворюється примусовою зміною нормального складу повітря (78 % азоту, 21 % кисню, 0,03 % діоксиду вуглецю та сліди інших інертних газів), яка забезпечує утворення оптимальної за якісним і кількісним складом у сховищі для збільшення тривалості зберігання і збереження якості продуктів, що швидко псуються. В технології КА використовуються властивості інертного азоту як природного нехімічного фуміганту. Позитивний ефект дії «Контрольованої атмосфери» на основі азоту (97,0 ... 99,0 % об.  $N_2$  + 1,0  $CO_2$ ...3,0 %  $O_2$  ) при зберіганні зерна полягає у сповільненні біохімічних процесів у зерні та в знищенні або пригніченні розвитку та життєдіяльності мікроорганізмів і шкідників комах, присутніх в зерновій масі, і які є головною причиною втрат та псування зерна, через відсутність у міжзерновому просторі сховища в достатній кількості кисню зменшується інтенсивність дихання зерна і відповідно виділення води і вуглекислого газу і тепла, знижується активність ферментів (гідролітичних і оксидаційних), пригнічується розвиток і життєдіяльність кліщів і шкідників комах та аеробних мікроорганізмів (бактерій і грибів). Взагалі ефективність КА залежить від абіотичних факторів – складу газової атмосфери, відносної вологості, температури, тривалості експозиції та загального тиску газу, і біотичних факторів – виду комах, життєвої стадії, рівня зараженості зернової маси, та розподілення в ній комах.

Застосування КА для зберігання зерна виключає використання токсичних хімічних фумігантів, таких як бромистий метил ( $CH_3Br$ ), фосфід водню (фосфін,  $PH_3$ ) та інші, забезпечуючи при збереженні первинної якості, гігієну, чистоту продовольчого і фуражного зерна та продуктів його переробки і екологічну чистоту технології зберігання зерна у КА [5].

Контрольована атмосфера на основі азоту утворюється інжекцією у міжзерновий простір сховища чистого азоту (97,0 – 99,0 % об.  $N_2$ ) до тих пір, доки концентрація кисню не досягне значення від 0,5 % до 2,0 % об. Цей рівень вмісту

кисню є економічно доцільним для герметичних, тобто непроникних для повітря зерносховищ. Таким чином, виділений із повітря азот заміщує кисень у міжзерновому просторі зерносховища до високих концентрацій – 98,0...99,5 %.

Методологія утворення і підтримання контрольованої атмосфери у силосах базується на виробництві азоту «на місці» за допомогою мембранного генератора. Розділення атмосферного повітря мембранами ґрунтується на принципі селективної проникності складових газів через мембрану.

Наукові дослідження і світовий практичний досвід свідчать про високу ефективність належним чином застосованої контрольованої атмосфери для пригнічення життєдіяльності і розвитку всіх видів шкідників комах і мікроорганізмів у зерні, що зберігається. Висока концентрація CO<sub>2</sub> або N<sub>2</sub> в комбінації з низьким вмістом O<sub>2</sub> дає результати про високу смертність дорослих особин комах. Експозиція впродовж 72 години при концентрації O<sub>2</sub> менше 1 % в поєднанні з 95 % CO<sub>2</sub> або з 99 % N<sub>2</sub> призводять до 100 % смертності більшості видів шкідників комах (жуків довгоносиків, червоних борошняних жуків, іржавих зернових жуків, кліщів, молі тощо). Звичайно, смертність комах зростає зі зменшення вмісту кисню, збільшенням тривалості експозиції і підвищенням температури (від 16 °C до 38 °C). Різні види шкідників комах і різні стадії їх розвитку мають різну чутливість до контрольованої атмосфери. Крім того, смертність комах у КА збільшується з підвищенням температури від 16 °C до 29 °C і зменшенням відносної вологості атмосфери сховища, тобто зі зменшенням активності води.

В умовах зберігання в КА з дефіцитом кисню плісняві гриби не були виявлені на насіннєвій кукурудзі, тоді як група *Aspergillus glaucus*, *Penicillium* spp. та *Tamari* були виявлені на всьому насінні, що зберігалось у звичайному повітрі. Ниткоподібні гриби поступово зникають в процесі зберігання зерна в КА. Гриби не культивуються при концентрації кисню в азоті меншій, ніж 1 %, дріжджі можуть вижити при концентрації кисню в азоті 0,5 %. Відсутність кисню стримує діяльність проте не швидко знищує гриби.

При рівні вмісту кисню в атмосфері сховища нижче 2 % загальна сума окислювальних реакцій у зерні, що зберігається, значно зменшується і призводить до більш тривалого збереження смакових і поживних якостей зерна.

Ефект КА для насінневого зерна проявляється у збереженні енергії проростання, сили росту та польової схожості зерна. Кукурудза при зберіганні упродовж 1 року в умовах дефіциту кисню (КА) втрачала схожість з такою ж швидкістю, як і при звичайному зберіганні при вмісті вологи 14 %, проте при вологості 15,5 % і 17,6 % життєздатність зерна (енергія проростання, сила росту, польова схожість) була вищою при зберіганні в умовах дефіциту кисню, ніж при зберіганні в атмосферному повітрі, при однакових значеннях вологості.

Позитивними наслідками впровадження технології зберігання зерна в контрольованому газовому середовищі є:

- збереження первинної якості зерна та підвищення якості продуктів переробки зерна;
- усунення несприятливого впливу небезпечної для здоров'я людей та навколишнього природного середовища хімічної фумігації зерна, зокрема зменшення надходження у природне середовище і, відповідно руйнування озонового шару планети бромистим метилом;
- зменшення енерго – та ресурсоспоживання;
- відсутність залишків пестицидів на зерні та продуктах його переробки;
- підвищення рівня безпеки технологічного процесу зберігання зерна внаслідок запобігання вибуху зернового пилу в інертній азотній атмосфері, зігріванню та самозігріванню зернової маси (особливо насіння соняшника) [10].

### **1.6 Зміна біохімічних властивостей зерна при анаеробному зберіганні**

При зберіганні зерна в зерні відбуваються процеси гідролізу і окислення речовин. Процеси гідролізу протікають під дією ферментів, які відносяться до групи гідролаз. Особливо значним є гідроліз вуглеводів, який відбувається під дією

амілази і мальтози, в результаті якого крохмаль перетворюється на мальтозу і глюкозу, а глюкоза в подальшому використовується при процесі дихання. Одночасно зі зміною вуглеводного комплексу відбуваються гідроліз білків під дією протеаз, а також гідроліз жиру під дією ліпази з утворенням гліцерину і жирних кислот. В нормальному зерні при малій кількості смітних і зернових домішок, при вологості не більше 14,0 % ферментативні процеси протікають досить повільно. Іншим фактором, що впливає на швидкість окиснення є склад повітря. Слід відмітити, що при анаеробному диханні склад повітря між зернового простору змінюється таким чином: зменшується вміст кисню і підвищується вміст вуглекислого газу, а значить що зерно зберігається при так званих умовах консервування газом.

При відсутності  $O_2$  деякі організми, такі як дріжджі та бактерії, можуть жити і розвиватись, частково розкладаючи вуглеводи, утворюючи молочну та оцтову кислоти і спирти. Така реакція називається ферментацію, при якій виділяється набагато менше тепла, чим в присутності повітря, і утворюється герметичне середовище з високим ступенем вологості.



Відомо, що в результаті процесу дихання відбуваються втрати сухих речовин зерна. Оскільки процес дихання в герметичних умовах відбувається з меншим виділенням енергії, то можна сказати, що при такому зберіганні відбуваються менші втрати сухих речовин зерна.

Герметичне зберігання продуктів – старовинний метод і з часом він трохи змінився і удосконалився. Зараз цей метод відродився на прикладі поліетиленових мішків і якби цей метод не мав ряду переваг, то він би не використовувався для зберігання окремих видів продукції.

Слід також відмітити, що при зберіганні зерна як в аеробних так і в анаеробних умовах відбуваються зміни хімічного складу зерна. Характер цих змін залежить значною мірою від типу зернової культури, що зберігається, вологості, умов вирощування, і звичайно ж від умов зберігання. Вологе зерно підлягає глибшим змінам в хімічному складі зернівки, що пояснюється інтенсивнішим

перебігом процесу дихання, що може призвести до самозігрівання та інших незворотних наслідків. Щодо сухого зерна (вологість якого становить менше 14,5 %) то в ньому також відбуваються зміни, але всі процеси в зерні відбуваються більш повільно. Вплив процесу зберігання на хімічний склад зерна – це досить важлива проблема, яка вивчається і досліджується.

### **Зміна мікробіологічних показників**

У числі ряду факторів, що впливають на якість і процес зберігання зерна й продуктів його переробки, істотна роль належить мікроорганізмам. Мікробіологічні показники дозволяють контролювати умови зберігання зерна, оцінювати якість аналізованих продуктів і їх безпеку для здоров'я людей і тварин. Часом неможливо оцінити якість зерна й зернопродуктів без відповідного мікробіологічного дослідження [3].

Доступ повітря в зернову масу має істотний вплив на стан мікробіологічного забруднення і перебіг мікробіологічних процесів. По відношенню до потреби в кисні мікроорганізми поділяють на аеробні, факультативно-анаеробні і анаеробні. Перші не можуть існувати без вільного кисню, а останні розвиваються лише в середовищі, яке не містить кисню, факультативно-анаеробні можуть існувати як в кисневмісному, так і в безкисневому середовищі [3].

Мікрофлора зернової маси представлена майже повністю у вигляді із аеробних мікроорганізмів. Анаеробні мікроорганізми представлені в ній дріжджами та деякими видами грибів і бактерій. Той факт, що мікрофлора зерна представлена аеробними мікроорганізмами дозволяє констатувати, що якщо обмежити доступ повітря в зернову масу, то по мірі зменшення вмісту кисню і накопичення вуглекислого газу буде спостерігатись пригнічення життєдіяльності аеробних мікроорганізмів і зменшення їх чисельності. Поряд з цим процесом відбувається масовий розвиток анаеробних мікроорганізмів. Слід відмітити, що всі анаеробні мікроорганізми не володіють здатністю руйнувати крохмал і клітковину зернівки. Таким чином, з мікробіологічної точки зору зберігання зерна без доступу повітря

забезпечує його захист від розвитку мікроорганізмів. Ось чому, останнім часом набуло значної популярності зберігання зерна в герметичних умовах [20].

### **Зміна вуглеводного комплексу**

Вуглеводи складають головну частину зерна і насіння – приблизно 2/3. Це основний опорний матеріал рослинних клітин і тканин. Вони відіграють велику роль в харчування людини і є основною частиною кормів для тварин. Найважливіші вуглеводи, які зустрічаються в зерні представлені в наступній схемі:

Крохмаль – основна резервна речовина в зерні злакових і по кількості займає перше місце не лише серед вуглеводів, але і серед інших речовин, які входять до складу зерна. Крохмаль – головна із речовин, яка міститься в зерні злакових. Вміст крохмалю в зерні кукурудзи складає від 60 до 75 %. В зерні крохмаль міститься у вигляді крохмальних зерен (гранул) різної форми і розміру. Крохмаль гідролізується амілазами. Особливо багато амілаз в пророслих зернівках. Вони розщеплюють крохмаль з утворенням декстринів і мальтози. Декстрини – це високомолекулярні речовини, які є проміжними продуктами розщеплення крохмалю під дією амілаз і кислот. При розщепленні крохмалю амілазами утворюється не глюкоза а мальтоза, а під дією кислот – глюкоза. На перших стадіях утворюються декстрини, які мало відрізняються від крохмалю розміром молекули і властивостями. При подальшому гідролізі молекулярна маса декстринів знижується, підвищується їх здатність відновлювати розчин Фелінга і від йоду вони забарвлюються в темно-бурий колір, потім – в червоний і врешті перестають давати реакцію з йодом. Розрізняють такі види декстринів: амілодекстрини, еритродекстрини, ахродекстрини, мальтодекстрини [15].

Амілази, які діють на крохмаль, володіють декстриноутворючою дією, тобто мають здатність перетворювати крохмаль на різні декстрини. Амілази містяться в зерні у двох видах – у вигляді вільних амілаз, які можуть бути легко екстраговані із борошна водою, і у вигляді зв'язаних з білками. В зернівці також містяться специфічні інгібітори амілаз. Амілази мають дуже велике значення в оцінці якості зерна і борошна.

Залежність дії амілолітичного комплексу від температури має велике значення при роботі із зерном. Самозігрівання може викликати глибокі зміни активності амілаз, що вплине на хлібопекарські властивості борошна із такого зерна. Слід відмітити, що при герметичному зберіганні зерна відбувається самоконсервування зерна, а це значить, що ніяких небажаних процесів в зерні не відбувається, а значить і не відбувається значна втрата сухих речовин [20].

В процесі зберігання зерна і зернових продуктів амілази руйнують крохмаль, перетворюючи його в декстрини і мальтозу. Причому, для реакцій гідролізу крохмалю необхідна вода і тому, суха маса продуктів гідролізу крохмалю перевищують суху масу вихідного крохмалю. В результаті цього гідролізу вміст цукрів в зерні підвищується, але умови, які сприяють процесу дихання. В результаті цукри розщеплюються і перетворюються на вуглекислий газ і воду.

Цукри мають дуже важливе значення для рослин. У вигляді сахарози рослини утворюють резервні речовини в зерні і також слугують джерелом енергії.

Загальний вміст цукрів в зерні кукурудзи коливається в досить широких межах. Вміст цукрів залежить від багатьох факторів, а саме: типу зерна, умов його вирощування, вологості тощо. Вміст цукрів в зерні кукурудзи становить в межах 2,0...8,5 %. При герметичному зберіганні вміст цукрів збільшується за рахунок процесу дихання і процесу гідролізу крохмалю [16].

Процес післязбирального дозрівання зерна пов'язаний зі зниженням інтенсивності проходження в ньому біохімічних процесів та закінчення синтезу природних біополімерів. Герметичне зберігання забезпечує значне зниження інтенсивності дихання, тим самим знижуючи втрати сухих речовин зерна [10].

### **Зміна ліпідного комплексу**

Ліпіди відіграють важливу роль в рослинному організмі в якості запасної речовини і важливих компонентів протоплазми і клітинних мембран. В ліпідах розчинні деякі пігменти – хлорофіл і каротиноїди, які надають забарвлення зерну і насінню.

Вміст жиру в зерні кукурудзи становить біля 5 %. Поряд з кількісною оцінкою жир існує ще його якісна характеристика. В зерні міститься велика кількість антиоксидантів і тому жири в цілих зернівках досить ефективно захищені від окисної дії кисню повітря. Тому, навіть при зберіганні в умовах доступу кисню дуже рідко спостерігається погіршення якісних показників жиру.

Кислотне число жиру – це найважливіший показник, який характеризує якість жиру. Цей показник вказує на кількість вільних жирних кислот, які залишились не використаними при біосинтезі олії при дозріванні зерна, або на псування зерна, що супроводжується збільшенням кількості вільних жирних кислот. Кислотне число жиру – показник, який найкраще відображає процеси, які зберігають в зерні при його зберіганні. Кислотне число жиру для насіння кукурудзи повинно бути не більше 50 (мг КОН) на 100 г сухої речовини. Кислотне число жиру безпосередньо залежить від вологості, умов зберігання зерна, тому його рівень розглядається як важливий показник якості зерна. Відомо, що при зберіганні відбувається окиснення жирів за рахунок процесу дихання і це негативно впливає на якість жиру. В результаті тривалого зберігання відбувається збільшення кислотного числа жиру в декілька разів, що негативно впливає на якість зерна. Як уже зазначалось, процес дихання зерна в герметичних умовах відбувається менш інтенсивно, а тому і його вплив на якісні показники жиру менш істотні [10].

## **Висновки**

1. Літературний огляд показав, що в галузі зберігання зерна в Україні і світі протягом останніх років набували популярності новітні технології зберігання зерна, зокрема його зберігання в герметичних умовах, у герметичній тарі – поліетиленових мішках.

2. Технологія зберігання зерна в поліетиленових мішках має ряд переваг у порівнянні з традиційними способами та методами зберігання зерна, що застосовуються в нашій країні. На практиці доведено, що метод є економічно більш ефективним, не впливає на показники якості зерна та є зручним у застосуванні.

3. Наукові дослідження і світовий практичний досвід свідчать про високу ефективність при застосуванні контрольованої атмосфери для пригнічення життєдіяльності і розвитку всіх видів шкідників комах і мікроорганізмів у зерні, що зберігається. Ефект КА для насінневого зерна проявляється у збереженні енергії проростання, сили росту та польової схожості зерна.

4. Літературний огляд показав, що зберігання зерна в герметичних умовах - новий, досить перспективний метод зберігання зерна, який протягом останніх років ретельно вивчається і впроваджується в нашій країні. Час зберігання зерна в мішках може становити до 2 років, до того ж під час перших двох тижнів шкідники, грибки стають неактивними, тому що середовище в мішку є не сприятливим для їх існування. Відповідно зерно не потребує обробку хімікатами, що є очевидною перевагою методу.

5. Проте, на сьогодні ще не з'ясовано вплив різних температурних умов на процес зберігання, зміну мікробіологічних показників та кислотного числа жиру під час зберігання, та характер зміни газового середовища міжзернового простору в дослідних зразках кукурудзи, що зберігаються герметично.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Об'єкти досліджень

При проведенні лабораторних досліджень і лабораторних випробувань було використано дві партії свіжозібраного зерна кукурудзи, яке відповідало за основними показниками якості вимогам ДСТУ 4525:2006 [1].

Для створення герметичного середовища використовувалась поліетиленова плівка, герметично запакована після поміщення в неї наважки зерна масою близько 5 кг.

#### 2.2 Методи досліджень

Експериментальна частина наукової роботи було виконано в лабораторних умовах кафедри технології зберігання і переробки зерна Національного університету харчових технологій. Дослідження мікробіологічних показників проводились на кафедрі мікробіології і мікробного синтезу.

##### 2.2.1 Методика визначення складу міжзернового простору

Дослідження процесу дихання зерна кукурудзи та зміни складу газового середовища міжзернового простору проводились на ручному хімічному газоаналізаторі КГА 2-1, принципова схема якого наведена на рис. 2.1

Газооб'ємний метод газового аналізу побудований на принципі вимірювання зміни об'єму проби газу, що аналізується в результаті реакції абсорбції при контакті газу з реактивом, який вибірково взаємодіє тільки з одним компонентом суміші. Поглинальні реактиви зазвичай застосовують у вигляді розчинів. У розчинах залишаються і продукти реакції, а об'єм газової суміші зменшується на об'єм компонента, що прореагував.

Газоаналізатор складається з футляра, що має елементи кріплення, двох поглинальних посудин контактного типу 4 і 6, бюретки 8 у захисному циліндрі 7,

гребінки 2, що з'єднує поглинальні посудини та бюретку, зрівнювальної склянки 10, триходових і серпоподібних кранів 1 і 5.

Скляні частини установки з'єднані між собою еластичними гумовими трубками. Бюретка 8 використовується для вимірювання об'ємів газу. Нижній кінець бюретки 8 з'єднаний за допомогою гумової трубки, одного крану і переходника 9 із зрівнювальною склянкою 10, що використовується для створення розрідження в бюретці під час набирання газової суміші та прокачування суміші крізь поглинальні посудини.

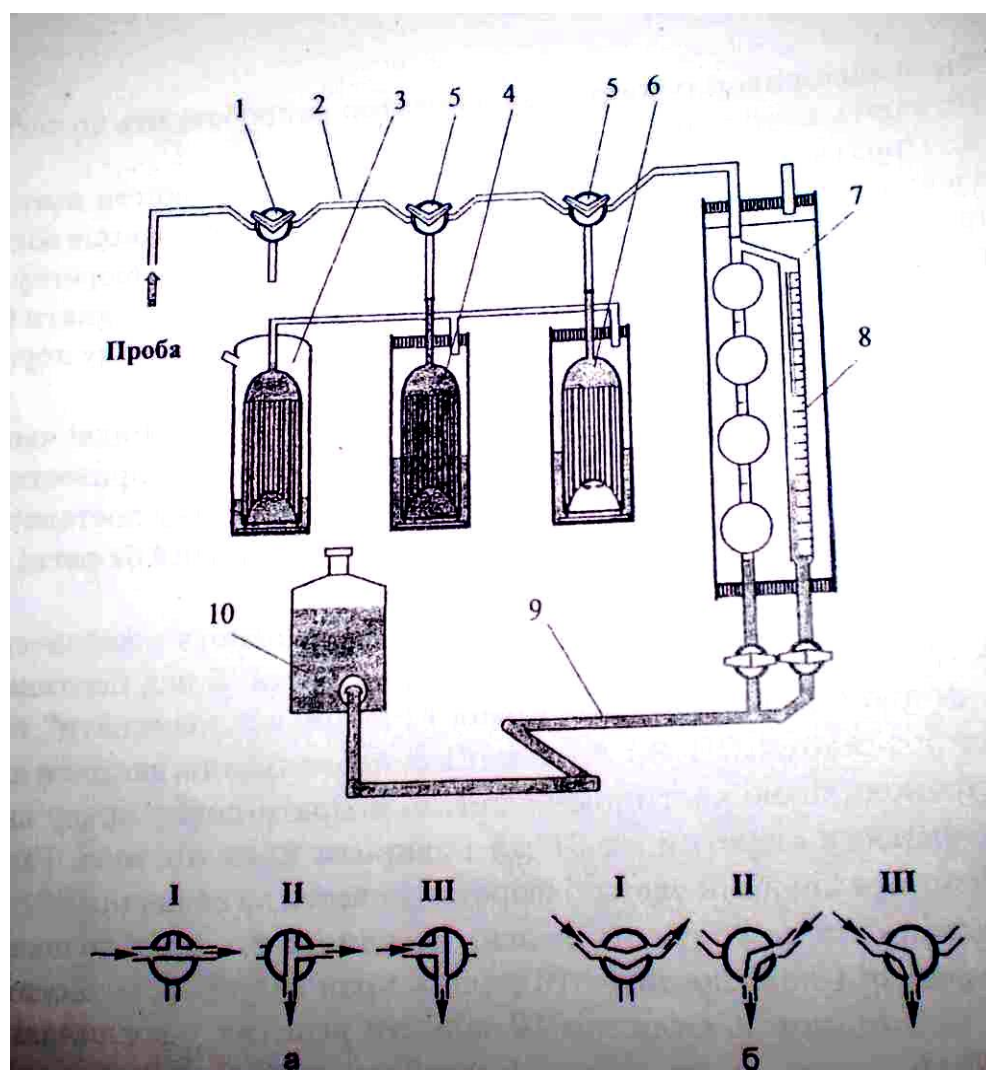


Рис. 2.1 Принципова схема газоаналізатора КГА 2-1

Поглинадльні посудини 4 і 6 для збільшення активної поверхні контакту газової суміші з реактивами заповнені тонкостінними скляними трубками (зовнішній діаметр 4,4 товщина стінки 0,45 мм. ). Внутрішній балон служить для

приймання та поглинання реактивом газу, зовнішній – для приймання реактиву, що витісняється під час набирання газу.

Зрівнювальна склянка 10 наповнена запірною рідиною. Як запірна рідина використовується переважно водний насичений розчин  $\text{CaCl}_2$ , який не висихає і не залишає нальоту на деталях.

Розчин підкислюють  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та додають метилоранжевий барвник, який надає рідині рожевого кольору. Із забарвленою рідиною зручніше проводити всі виміри, а за кольором рідини – контролювати збереження кислотності. У разі випадкового потрапляння лужного розчину з поглинальних посудин у бюретку колір запірної рідини стане жовтим. Така рідина буде поглинати вуглекислий газ, що викривить результати аналізу.

На початку аналізу треба довести рівні реактивів у поглинальних посудинах 4 і 6 до позначок, розміщених на капілярах над посудинами, під кранами 5.

Посудину, в якій треба підняти рівень реактиву, поворотом відповідного крану 5 (при закритих інших кранах) з'єднати з бюреткою 8. Бюретку підняти приблизно до середини висоти штатива і відкрити обидва крани над перехідником 9. Опусканням зрівнювальної склянки 10 створити розрідження в обох частинах бюретки, у результаті рівень рідини у поглинальній посудині 6 почне підніматись. Повільно довести рівень реактиву до позначки, після чого кран 5 закрити.

Коли всі поглинальні посудини підготовлені, поворотом крана 1 з'єднати бюретку з атмосферою. Підняттям зрівнювальної склянки 10 довести рівень запірної рідини в обох частинах бюретки до яких-небудь позначок у верхній її частині. Триходовий кран 1 поставити в положення III, зрівнювальну склянку опустити якомога нижче і спостерігати за рівнем рідини в поглинальних посудинах і вимірювальній бюретці 8. Якщо рівні рідин впродовж 5 хвилин залишаються незмінними, прилад можна вважати герметичним. В разі негерметичності для виявлення місця нещільності газоаналізатор випробовують по частинах і усувають нещільність.

Слід запобігати потраплянню а аналізовану суміш повітря чи іншого газу, що раніше містився в приладі. Поставивши кран 1 у положення I, з'єднати

бюретку 6 з газозбірною лінією та заповнити бюретку газом. Потім з'єднати бюретку з атмосферою (положення II крану) і випустити набрану порцію газу з приладу. Цю операцію повторити тричі. Далі проводиться вимірювання концентрації необхідного газу.

### **2.2.2 Методи визначення фізико-технологічних властивостей**

Вологість зерна визначали методом висушування в сушильній шафі при температурі 130 °С протягом 40 хв з моменту встановлення температури за ГОСТ 9404-88 «Зерно. Метод определения влажности»

Об'ємну масу та кут природного нахилу визначали згідно ГОСТ 28254-89 «Комбикорма, сырье. Методы определения объемной массы и угла естественного откоса»

Визначення схожості і енергії проростання зерна кукурудзи проводили згідно ГОСТ 12038 «Зерно. Методы определения энергии проростания и способности проростания»

### **2.2.3 Методи визначення хімічного складу зерна**

Визначення масової частки крохмалю в зерні кукурудзи проводилось за методом Еверса.

Вміст частки декстринів визначали за методом М.П. Попова та Е.Ф.Шаненко.

Масову частку цукрів визначали за йодометричним методом.

Визначення масової частки спирту здійснювали за методом Мартена.

Визначення кислотного числа жиру проводили згідно ДСТУ 4250:2003 «Продукти з меленого зерна. Визначання кислотного числа жиру».

### **2.2.4 Методи визначення мікробіологічних показників зерна**

Визначення загальної бактеріальної обнасіненості зерна (МАФAM). Виконання аналізу включає три етапи: приготування розведень, посів на агарове середовище і підрахунок колоній, що вирости на чашках .

Приготування розведення. Щоб отримати окремі колонії, проби матеріалу що досліджували попередньо розводимо до  $10^{-1}$  . З цією метою у колбу з 90 мл стерильної води додаємо 10 г продукту, добре перемішуємо.

Посів на агарове середовище. Кожну розведену досліджувану пробу висіваємо на середовища по 2 паралельні чашки Петрі поверхневим способом. Спочатку на чашки розливали 15-20 мл розплавленого агарового середовища. Чашки залишаємо на горизонтальній поверхні для застигання, після чого витримуємо дві-три доби в термостаті при  $30^{\circ}\text{C}$  кришками вниз для висихання середовища та перевірки на стерильність. Підсушування ведеться до того часу, поки з поверхні середовища і кришки не зникнуть краплини конденсованої води [3].

Для посіву використовуємо м'ясопептонний агар. Посів проводиться стерильними піпетками, якими переносили в чашки певний об'єм: 0,1 чи 0,2 мл відповідного розведення. Внесений об'єм стерильним шпателем рівномірно розподіляємо по всій поверхні агарового середовища. Для паралельних посіві використовуємо одну і ту саму піпетку. При переході до розведення іншого зразка беремо іншу стерильну піпетку.

Підрахунок колоній. Різноманітні групи мікроорганізмів володіють різною швидкістю росту. Тому колонії бактерій вираховують через 2-3 вирощування. Для підрахунку обираємо чашки, в яких колонії ізольовані одна від одної. Вважають, що кожна жива клітина при посіві на агарове середовище утворює колонію. Чашки вміщують догори дном на темному фоні і колонії підраховуємо за допомогою лупи для збільшення у 8-10 разів. Кожну підраховану колонію позначаємо на зовнішню сторону чашки олівцем по склу

Прямий посів зерна на визначення внутрішньої мікрофлори зерна. Для прямого посіву стерильним пінцетом безпосередньо з колоса чи обмолоченого зразка відбираємо по 100 зерен нормальних на зовнішній вигляд, дезінфікуємо

протягом 5 хвилин від зовнішньої мікрофлори. Потім стерильним пінцетом рівномірно розкладаємо зерна по поверхні середовища Чапека, розлитого в чашки Петрі, на відстані 1-1,5 см одне від одного і країв чашки. На кожній чашці викладаємо від 10 до 25 зерен (в залежності від розміру). Поміщаємо в термостат з температурою 26-28 °С. Протягом 3-4 діб на світлому середовищі Чапека навколо зернини виростають характерні, чітко окреслені колонії грибів. Підраховуємо кількість уражених зернин і визначаємо відсоток забруднення внутрішньою мікрофлорою [3].

Визначення спороутворюючих бактерій в зерні. 10 г зерна розмішуємо з 90 мл стерильної води (розведення 1:10), нагріваємо на водяній бані 10 хвилин при 90-95°C і готуємо розведення 1:100. З отриманих розведень по 0,1-0,2 мл (стерильними піпетками) поверхневим методом висіваємо в чашки з м'ясопептонним агаром. Посіви ставимо в термостат на 2-3 доби при 25-30 °С, потім підраховуємо колонії спороутворювальних бактерій з урахуванням розведень [3].

Визначення спор грибів на поверхні зерна. Стерильним пінцетом безпосередньо з колоса чи обмолоченого зразка відбираємо по 100 зерен. Рівномірно розкладаємо зерна по поверхні глюкозо-картопляного агару з антибіотиком, розлитого в чашки Петрі, на відстані 1-1,5 см одне від одного і країв чашки. На кожній чашці викладаємо 10-25 зерен (в залежності від розміру). Протягом 3-4 діб на середовищі навколо кожної зернини виростають характерні, чітко окреслені колонії грибів. Їх підраховуємо і визначаємо кількість спор грибів в 1 г досліджувальної проби [3].

Підрахунок кількості клітин і спор мікроорганізмів в 1 г досліджувальної проби. Результати висівів сумують і визначають середню кількість колоній. Кількість клітин мікроорганізмів в 1 г досліджувальної проби:

$$N=a \cdot n / c \cdot V \quad (2.1)$$

де а – середня кількість колоній при посіві розведення; n – розведення вихідного матеріалу; с – наважка досліджувальної речовини, г; V – об'єм суспензії, яка взята для посіву, мл.

### 2.2.5 Математичні методи досліджень

При дослідженні процесу зберігання зерна кукурудзи в герметичних умовах використовували методи експериментально - статистичного моделювання (ЕСМ). Для цього використовували плани експерименту з взаємозалежними змінними.

Даний тип задач відноситься до класу «технологія – властивість» (Т – Q). При їх вирішенні використовують плани повного факторного експерименту (ПФЕ). В зазначених планах вихідна величина  $Y$ , яка характеризує вихідні показники якості продукту, приймається за критерій оптимальності. Вихідні змінні фактори  $X_i$  є регульованими параметрами технологічного процесу.

Для отримання рівняння регресії використовують метод найменших квадратів, що дозволяє отримати незміщені та вірогідні оцінки всіх параметрів експерименту [10]. Аналіз адекватності отриманих рівнянь проводять згідно основних положень дисперсійного аналізу за критерієм Фішера.

Отримані математичні моделі можуть використовуватись при оптимізації виробничих процесів.

### Висновки

1. Для вирішення поставлених задач з метою дослідження процесів, які відбуваються в зерні при зберіганні в герметичному середовищі обрано об'єкти досліджень та складено програму виконання експериментальної частини роботи.

2. Для реалізації наміченої програми досліджень обрано і охарактеризовано загальноприйняті методики, що дозволяють дослідити та проаналізувати процес зберігання зерна кукурудзи в герметичних умовах.

## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Як з'ясовано в літературному огляді, зберігання зерна в поліетиленових мішках – досить перспективний метод, який останнім часом набуває популярності на території України. Дана технологія набула популярності в Аргентині, а її переваги і недоліки висвітлені в [20]. Проте на сьогодні недостатньо даних стосовно режимів та умов зберігання різних видів зерна в поліетиленових рукавах саме в кліматичних умовах України. Тому для з'ясування впливу процесу зберігання зерна в герметичних умовах на його показники якості було проведено ряд досліджень. Оскільки, вирощування кукурудзи досить поширене на території України, тобто не має проблем із заготівлею, також вона є найбільш цінним за поживністю кормом для сільськогосподарських тварин, то для досліджень було обрано зубоподібну жовту кукурудзу. Термін її дозрівання та збирання врожаю припадає на середину жовтня – час, на який було заплановано початок експерименту. Середньозважена вологість свіжозібраного зерна кукурудзи врожаю 2024 року в коливається в межах 18...20 %, тому для досліджень було обрано свіжозібране зерно кукурудзи з вологістю 18,2 % для того, щоб дослідити як відбувається процес зберігання і дихання зерна при такому високому значенні вологості зерна, для та це саме зерно висушене до вологості 14,4 %, дана вологість є рекомендованою для зерна, що зберігається згідно нормативної документації.

За реалізації даної технології в промислових умовах зерно в герметичних рукавах зберігається у відкритому природному середовищі. При цьому на нього значно впливають коливання середньодобових температур: їх зміна вночі і в день. У відповідності до зміни температури навколишнього середовища змінюється температура в середині зернової маси, а це спричинює міграцію вологи із зони вищої температури в зону нижчої температури. Таким чином, в залежності від переважаючої зовнішньої температури виникає ризик утворення зони конденсаційної вологи в певному шарі зернової маси (зовнішньому або внутрішньому). Це в свою чергу призводить до утворення вологого шару зерна в якому виникає процес самозігрівання зернової маси. Тому для з'ясування

значення величини температури та їх перепадів на процес зберігання зерна нами було заплановано закласти на герметичне зберігання наважки зерна в наступних умовах:

1. При сталій кімнатній температурі (18-20 °С) – за якої ризик розвитку мікроорганізмів і проходження біохімічних процесів найвищий.
2. При сталій мінімальній температурі (4-6 °С) – за якої розвиток мікроорганізмів та перебіг всіх біохімічних процесів повинен бути сповільненим.
3. Для повного моделювання реальних умов було закладено на зберігання в умовах природного навколишнього середовища під відкритим небом.

Згідно даних [22] на основі середньодобових температур встановлено середньомісячні температури повітря в м. Києві протягом жовтня-травня 2024-2025 рр. Температурні дані занесені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1- Зміна середньомісячних температур повітря в м. Києві

Місяць	Температура, °С		
	Мінімальна	Максимальна	Середня
жовтень	+8	+15	+12
листопад	+1	+5	+3
грудень	-6	-8	-7
січень	-7	-11	-9
лютий	-2	-6	-4
березень	-1	+4	+2
квітень	+9	+14	+12

Отже, згідно даних таблиці 3.1 можна зробити висновок, що температура повітря в навколишньому природному середовищі коливалась в досить широких температурних межах, і тому такі умови зберігання якнайкраще підходять для проведення дослідів з метою подальшого порівняння різних температурних режимів на процес герметичного зберігання зерна кукурудзи.

Таким чином, герметично запаковані наважки зерна масою близько 5 кг кожна зберігались наступним чином: при кімнатній температурі (18...20 °С), в холодильнику (4...6°С) та в умовах природного навколишнього середовища (поза межами приміщення) протягом жовтня 2024 року-травня 2025 року.

Свіжозібране зерно кукурудзи тих же партій також зберігається в негерметичних умовах (контроль). Загальна тривалість зберігання становила 210 діб.

Як відомо з огляду літературних джерел [8] дихання - основний процес, який відбувається в зернівці при її зберіганні. Інтенсивність дихання залежить від комплексу факторів, зокрема від вологості зерна, вмісту різного виду домішок та шкідників та звичайно від типу зберігання зерна. Для герметичного зберігання характерним є анаеробний вид дихання, в результаті якого виділяється значно менша кількість тепла, ніж в присутності повітря і утворюється герметичне середовище. Також в результаті дихання виділяються вуглекислий газ і вода. Таким чином, внаслідок дихання зерна, яке зберігається герметично відбувається підвищення концентрації вуглекислого газу і зменшення вмісту кисню. Інтенсивність дихання залежить від того, як швидко підвищується концентрація вуглекислого газу в середовищі, в якому зберігається зерно.

Проведені дослідження були спрямовані на вивчення процесу інтенсивності дихання зерна кукурудзи, що зберігалась в герметичному середовищі шляхом вимірювання об'ємної концентрації вуглекислого газу та кисню в міжзерновому просторі

### **3.1 Дослідження зміни газового середовища**

Визначення зміни газового середовища проводили для зерна різної вологості, що зберігалось при кімнатній температурі, в холодильнику та в умовах навколишнього середовища. Результати вимірювань представлені на рис. 3.1–3.2.

Отже, як ми бачимо з графіків, кількість вуглекислого газу в зерні кукурудзи, яке зберігається в герметичних умовах з часом зростає, а кількість кисню зменшується. Інтенсивність цього процесу значно більша для вологого зерна, про що свідчать криві, наведені на рис. 3.3 – 3.4.

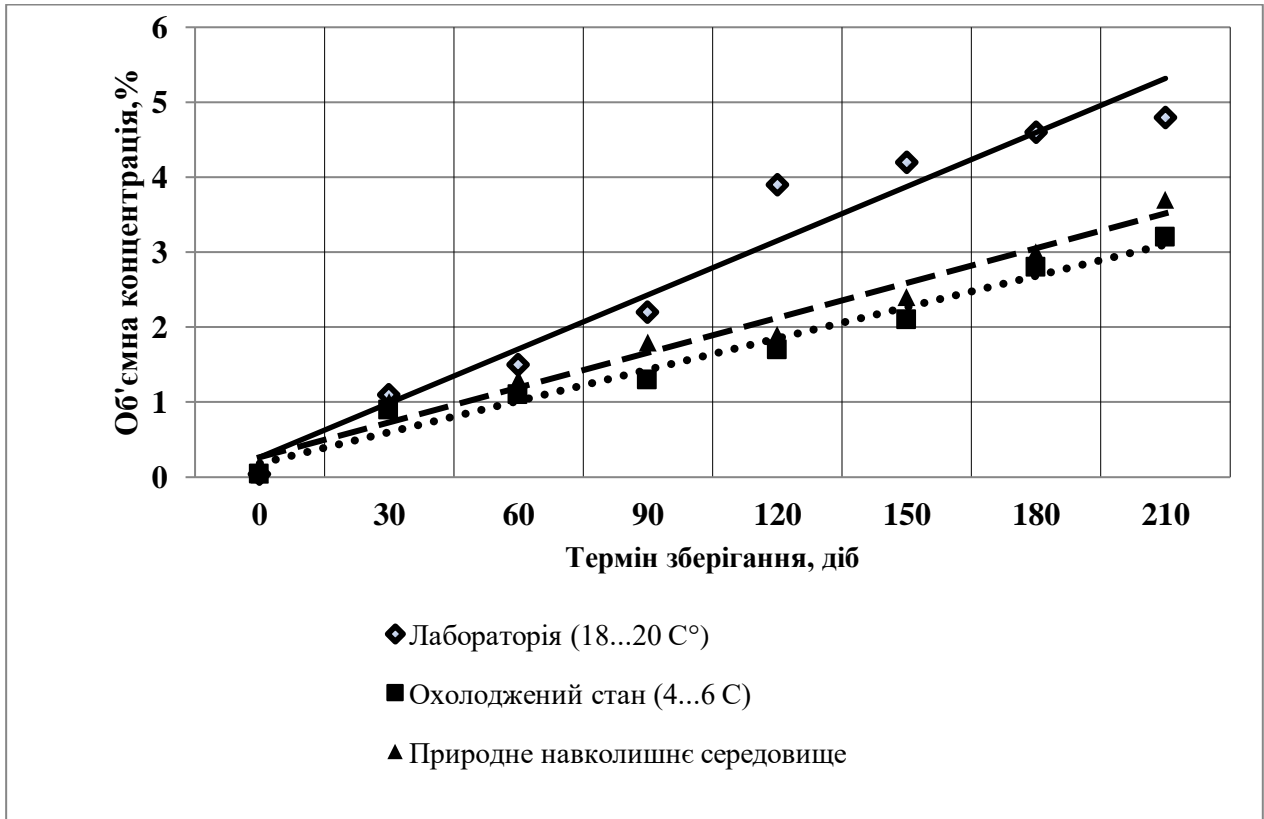


Рис. 3.1 Зміна концентрації вуглекислого газу в зерні кукурудзи вологістю 14,4 %

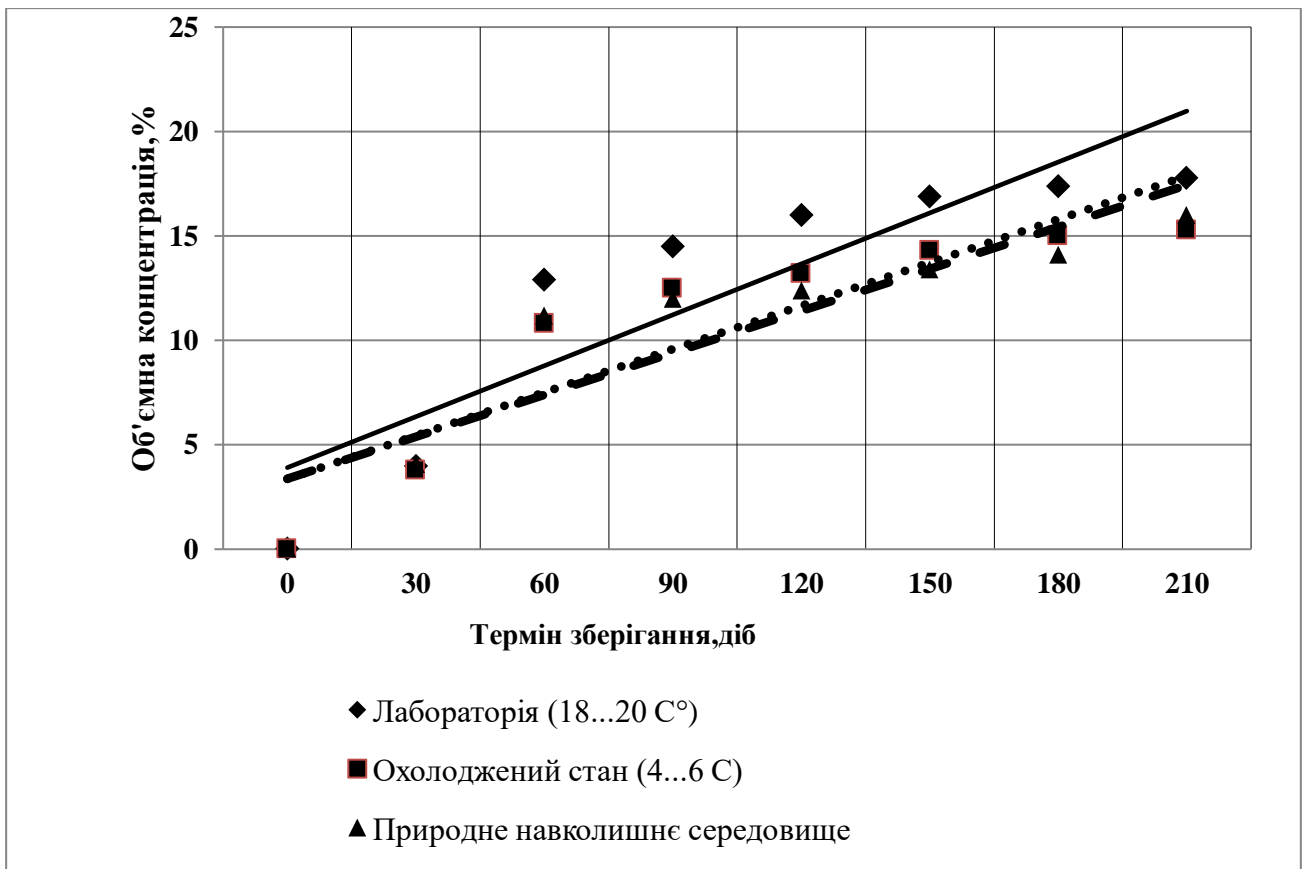


Рис. 3.2 Зміна концентрації вуглекислого газу в зерні кукурудзи вологістю 18,2 %.

З наведених графіків зміни концентрації вуглекислого газу видно, що кількість накопиченого газу зростає в 12-15 разів для сухого зерна та в 70-75 разів для вологого зерна. Тобто різниця в вологості зерна 4% призводить до інтенсивнішого дихання в 5-6 разів. Потрібно відмітити, що температура зберігання зерна не так значно впливає на інтенсивність проходження процесу, як зміна вологості.

Різниця між значеннями концентрації вуглекислого газу для зерна однакової вологості при різних температурах зберігання становить близько 1,0-2,0 %. Потрібно також відмітити, що для всіх зразків зерна найінтенсивніше процес дихання проходив в перші два місяці експерименту, тобто в жовтні-листопаді, коли середньомісячні температури повітря знаходились в межах +3...+12 °С відповідно. В наступних місяцях спостерігалось зниження температурних показників нижче позначки нуль і тим самим відбувалось зниження інтенсивності дихання зерна.

Не менш важливим фактором для самоконсервування зерна є наявність кисню в зерновій масі. На графіках рис.3.3 і рис.3.4 наведено дослідження зміни концентрації кисню в залежності від тривалості та температури зберігання для кукурудзи різної вологості.

Аналіз графіків показує, що закономірності зниження концентрації кисню аналогічні до зміни вуглекислого газу – процес проходить інтенсивніше у вологому зерні при вищій температурі. Для сухого зерна зниження концентрації становить лише 3,5...5,5 %. Для вологого зерна вміст кисню зменшується майже у два рази і досягає значення 3-5 %.

Таким чином, проаналізувавши зміну концентрації вуглекислого газу в міжзерновому просторі можна сказати, що дихання вологого зерна проходить значно інтенсивніше, причому найбільший вміст вуглекислого газу в міжзерновому просторі тих зразків зерна, що зберігались при кімнатній температурі (18-20 °С), а найменший – в зразках, які зберігались при температурі 4-6 °С.

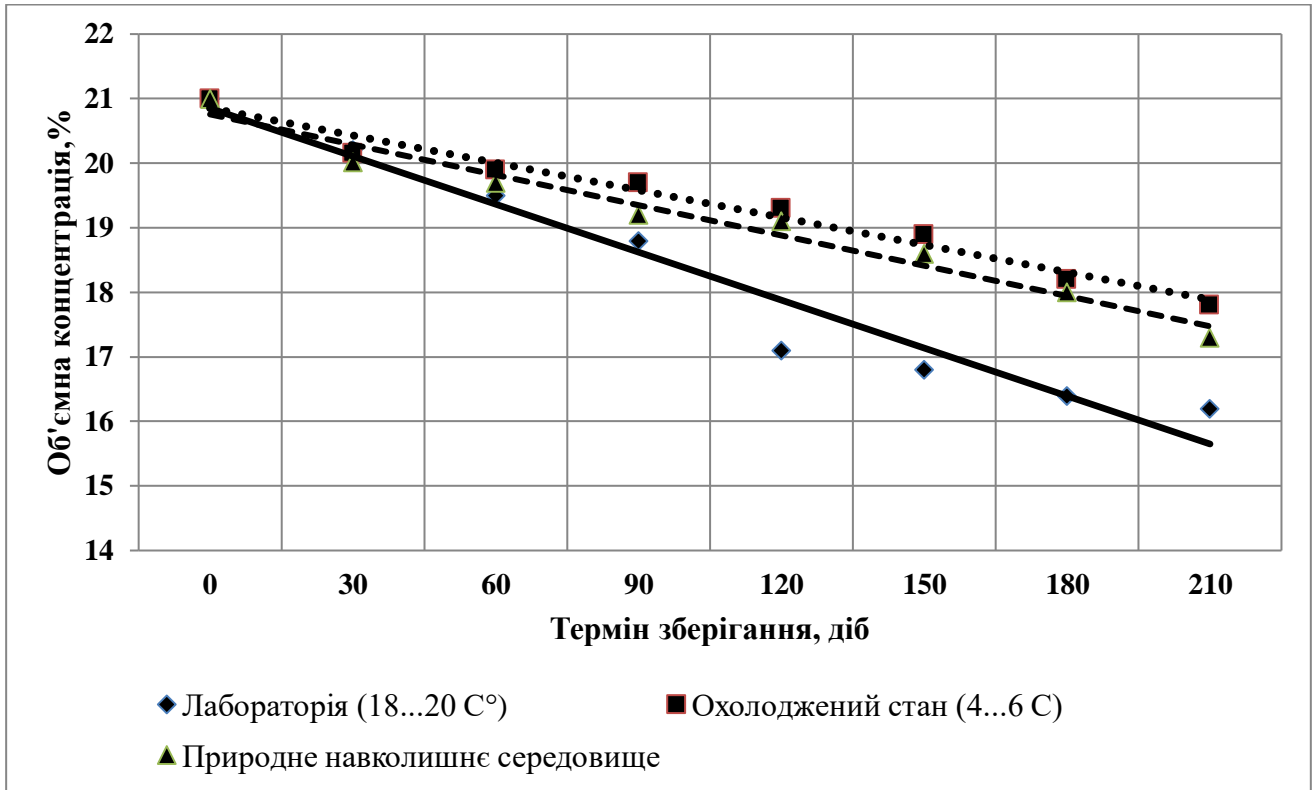


Рис. 3.3 Зміна концентрації кисню в зерні кукурудзи вологістю 14,4 %

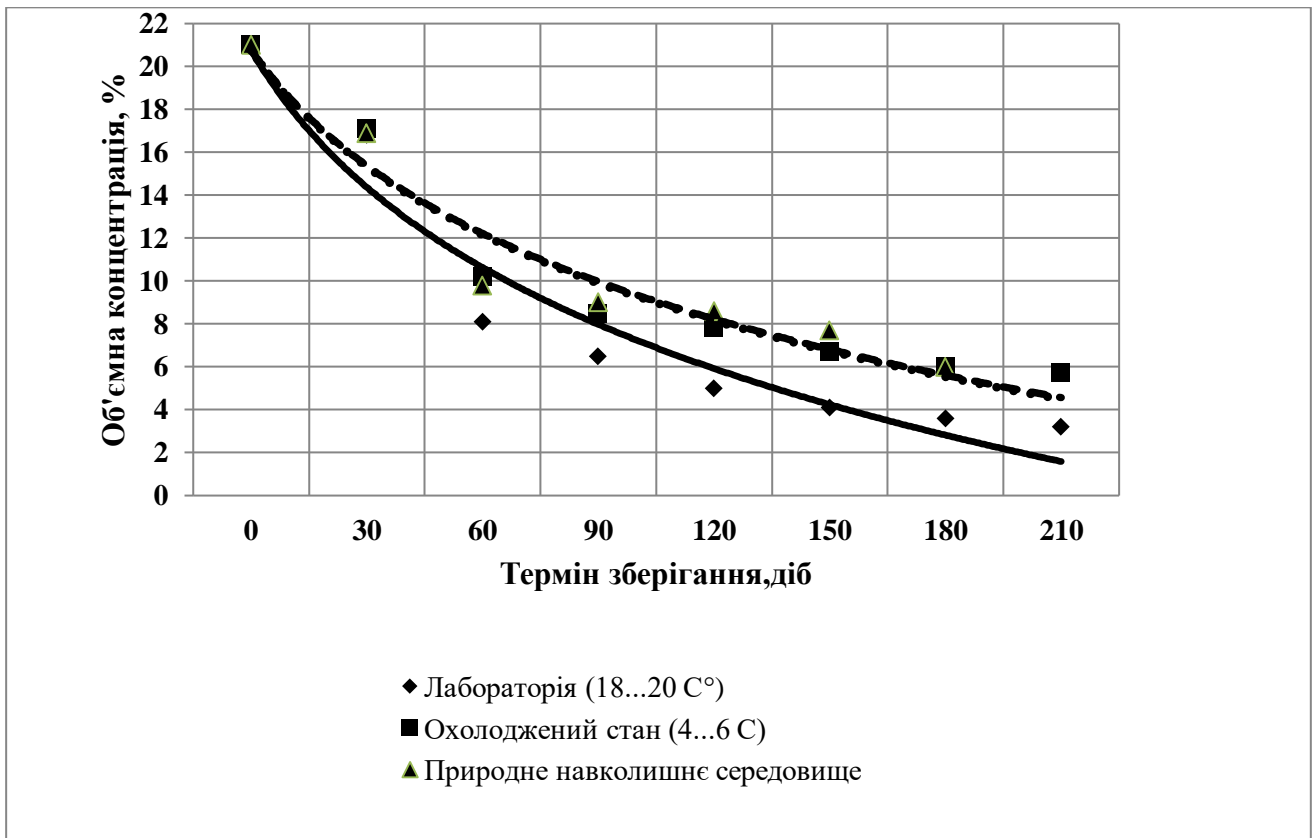


Рис. 3.4 Зміна концентрації кисню в зерні кукурудзи, вологістю 18,2 %

Аналізуючи зміну концентрації кисню в дослідних зразках кукурудзи, можна зробити висновок, що мінімальна концентрація кисню в вологих зразках, що зберігали при кімнатній температурі, а максимальна - в сухих зразках, що

зберігались при температурі 4-6 °С, а це ще раз підтверджує те, що при зберіганні вологого зерна відбувається інтенсивне поглинання кисню і виділення вуглекислого газу.

### **3.2 Визначення біохімічних показників**

Процес післязбирального дозрівання зерна пов'язаний зі зниженням інтенсивності проходження в ньому біохімічних процесів та закінчення синтезу природних біополімерів. Герметичне зберігання забезпечує значне зниження інтенсивності дихання, тим самим знижуючи втрати сухих речовин зерна. Тому наступний етап досліджень було присвячено з'ясуванню біохімічних змін в зерні під час його зберігання. Визначення хімічного складу досліджуваних зразків кукурудзи в залежності від умов та тривалості її зберігання наведено в таблиці 3.2

Як ми бачимо, внаслідок герметичного зберігання відбуваються зміни вологості зерна. При чому, спочатку вологість зменшується у всіх дослідних зразках близько на 0,5 %, а потім зростає і досягає початкових значень. На наш погляд зміна вологості дослідних зразків кукурудзи відбувається за рахунок зміни рівноважної вологості повітря між зернового простору.

З даних таблиці також видно, що хімічний склад зерна змінюється незначно. Проте більш помітні зміни спостерігаються для вологого зерна, що свідчить про його інтенсивніше дихання. Зокрема видно, що за 210 діб зберігання вологе зерно втрачає близько 4,0 % крохмалю. Також збільшується вміст декстринів. Щодо білка та цукрів, то їх вміст зростає близько на 1,5 % для вологого зерна та на 1,0 % для сухого, очевидно за рахунок зниження загальної маси сухих речовин внаслідок втрати крохмалю.

Зменшення показника натурності зерна (табл.3.2), що зберігається в герметичних та відкритих умовах практично однаково і становить 6...10 г. Потрібно відмітити, що найменші втрати маси спостерігаються для зерна, що зберігалось при температурі 4-6 °С і його натура дещо краща за показник контрольного зразка.

Таблиця 3.2 - Зміни хімічного складу зерна кукурудзи в процесі зберігання

Умови зберігання	Вологість, %	Нату-ра г/л	Вміст крохмалю, %	Вміст білка, %	Вміст декстринів, %	Вміст цукрів, %
1	2	3	4	5	6	7
Свіжозібране (контроль)	14,4	714	71,7	11,9	21,2	3,3
	18,2	724	72,7	12,2	24,1	2,3
<b>Термін зберігання 30 діб</b>						
Лабораторія (18...20 °С)	13,8	712	71,3	12,0	22,3	3,2
	17,8	720	72,1	12,4	24,5	2,3
Охолоджений стан (4...6 °С)	14,0	712	71,5	11,9	21,5	3,3
	17,9	723	72,5	12,2	24,2	2,2
Природне навколишнє середовища (8...15 °С)	14,0	712	71,3	11,9	21,7	3,3
	17,9	721	72,1	12,4	22,2	2,3
Контроль	14,1	712	71,43	11,9	21,22	3,3
	18,0	721	72,65	12,2	24,12	2,3
<b>Термін зберігання 60 діб</b>						
Лабораторія (18...20 °С)	13,8	710	68,8	12,3	23,2	3,6
	17,8	718	69,5	12,9	24,8	2,8
Охолоджений стан (4...6 °С)	13,7	712	68,9	12,5	23,8	3,5
	17,8	722	69,9	13,0	25,4	2,6
Природне навколишнє середовища (1...5 °С)	12,8	710	68,6	12,4	23,1	3,7
	16,8	720	69,8	12,8	24,0	2,7
Контроль	13,2	710	67,3	12,1	23,1	3,6
	16,9	718	68,5	12,6	24,5	2,7
<b>Термін зберігання 120 діб</b>						
Лабораторія (18...20 °С)	14,2	706	68,1	12,6	23,7	3,8
	17,9	714	68,8	12,9	25,1	2,7
Охолоджений стан (4...6 °С)	14,0	708	68,0	12,7	23,8	3,5
	17,9	720	69,1	13,2	25,8	2,7
Природне навколишнє середовища (-7...-11 °С)	14,0	710	68,8	12,5	23,4	3,6
	17,9	718	69,0	12,9	25,0	2,9
Контроль	13,8	710	66,8	12,1	23,6	3,6
	17,7	718	67,9	12,6	24,6	2,7

<b>Термін зберігання 180 діб</b>						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Лабораторія (18...20 °С)	14,3	706	67,9	12,6	23,9	3,8
	18,0	712	68,5	12,9	25,2	2,8
Охолоджений стан (4...6 °С)	14,1	708	67,7	12,7	24,0	3,7
	17,9	718	69,0	13,2	25,9	2,8
Природне навколишнє середовища (-1...-4 °С)	14,3	708	67,2	12,5	23,5	4,0
	18,0	718	68,5	12,9	25,2	2,8
Контроль	13,7	710	66,2	12,1	23,8	3,7
	17,5	718	67,5	12,6	24,8	3,0
<b>Термін зберігання 210</b>						
Лабораторія (18...20 °С)	14,3	706	67,7	12,9	23,9	3,9
	18,1	710	68,2	13,1	25,2	3,0
Охолоджений стан (4...6 °С)	14,2	708	67,5	12,7	24,0	3,7
	18,1	716	68,7	13,3	25,9	2,9
Природне навколишнє середовища (9...14 °С)	14,3	708	67,0	12,9	23,5	4,0
	18,0	716	68,3	13,1	25,2	3,0
Контроль	13,7	710	66,0	12,6	23,8	3,7
	17,5	714	67,3	13,0	24,8	3,1

Слід також відмітити, що видимих ознак псування сухого зерна при його зберіганні в герметичних умовах протягом 210 діб не спостерігалось. Колір, запах та смак відповідали нормальному зерну, ознак появи плісняви та виникнення процесів самозігрівання не спостерігалось. Щодо вологого зерна, то протягом 180 діб погіршення його органолептичних показників не спостерігалось, але при подальшому герметичному зберіганні було зафіксовано зміну його запаху на солодово-затхлий і смаку на непритаманний нормальному зерну кукурудзи, та появу плісняви на окремих зернівках. Проте процес зберігання характеризується насамперед, зміною кислотного числа жиру та мікробіологічного забруднення зерна.

Кислотне число жиру-традиційний термін, який використовують для визначення кількості кислот, головним чином неестерифікованих жирних кислот,

екстрагованих за методикою ДСТУ 4250:2003. Кислотне число жиру виражають в міліграмах гідроксиду натрію на 100 г сухої речовини. Кислотне число жиру безпосередньо залежить від вологості та умов зберігання зерна, тому його рівень розглядається як важливий показник якості зерна. Зміна кислотного числа жиру в дослідних зразках наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3- Зміна кислотного числа жиру для зерна кукурудзи, яке зберігалось герметично в різних умовах

Умови зберігання	Вологість, %	Кислотне число жиру, мг КОН		
		60 діб	150 діб	210 діб
Лабораторія (18...20 °С)	14,4	4,7	4,7	4,8
	18,2	5,5	5,6	5,5
Охолоджений стан (4...6°С)	14,4	4,4	4,4	4,5
	18,2	4,9	4,9	5,3
Природне навколишнє середовища	14,4	4,6	4,6	4,8
	18,2	5,3	5,3	5,5
Контроль	14,4	4,7	4,7	4,9
	18,2	5,5	5,5	5,8

Проаналізувавши зміну кислотного числа жиру в залежності від різних умов зберігання можна зробити висновок про те, що даний показник як для вологого так і для сухого зерна змінюється незначно і знаходиться в межах норми. Якщо ж порівняти значення даного показника для сухого зерна при різних умовах зберігання, то найменшим воно є для зерна, яке зберігалось при температурі 4-6 °С. Щодо вологого зерна, то найбільшим значення кислотного числа жиру є для зерна, яке зберігалось при кімнатній температурі та в негерметичних умовах, а найменшим – при температурі 4-6 °С. Таким чином, можна стверджувати, що на відміну від зберігання в аеробних умовах при герметичному зберіганні не спостерігається значної зміни кислотного числа жиру.

Проходження анаеробного дихання призводить до накопичення етилового спирту в тканинах зерна. Тому нами було проведено дослідження з визначення вмісту спирту в дослідних зразках кукурудзи. В результаті досліджень в жодному із зразків кукурудзи, яка зберігалась протягом 210 діб спирту виявлено

не було. Таким чином, можна констатувати, що в процесі зберігання в герметичному середовищі зерно не переходить на анаеробний тип дихання.

### **3.3 Визначення впливу герметичного середовища на життєдіяльність шкідників**

Під час зберігання зерна, значні його втрати пов'язані з шкідниками. В зв'язку з цим захист зерна від пошкодження шкідниками є - дуже актуальна проблема.

Як було вказано в літературному огляді, однією із значних переваг зберігання зерна в герметичних умовах є можливість знищення шкідників за рахунок створення несприятливих умов для їх розвитку та життєдіяльності, за рахунок зміни складу газового середовища.

Цей факт є істотною перевагою методу і тому для його підтвердження та з'ясування впливу тривалості та температури зберігання на життєдіяльність шкідників було проведено наступні дослідження. В ряд наважок, що закладались на зберігання було внесено однакову кількість живих довгоносиків (по 10 шт.) Після визначеного терміну зберігання ємності відкривали та визначали кількість живих довгоносиків. Результати досліджень наведено в табл. 3.4

З даних таблиці видно, що в усіх зразках за виключенням сухого зерна, що зберігалось при кімнатній температурі протягом 30 діб, відбулась повна загибель шкідників. В зазначеному зразку виявився один живий довгоносик. Причому потрібно відмітити, що на загибель шкідників справили комплексний вплив температура зберігання зерна та газове середовище міжзернового простору, оскільки при рівних решті умов вижив довгоносик в зразку з більш сприятливою для життя температурою.

Таблиця 3.4 - Кількість живих довгоносиків в залежності від вологості зерна, тривалості та температури його зберігання, шт.

Умови зберігання	Вологість зерна, %	Тривалість зберігання, діб		
		0	30	60
Лабораторія (18...20 °С)	14,4	10	1	0
	18,2	10	0	0
Охолоджений стан (4...6°С)	14,4	10	0	0
	18,2	10	0	0
Природне навколишнє середовище	14,4	10	0	0
	18,2	10	0	0

### 3.4 Дослідження мікробіологічних показників

У числі ряду факторів, що впливають на якість і процес зберігання зерна й зернових продуктів істотна роль належить мікроорганізмам. Мікробіологічні показники, дозволяють контролювати умови зберігання зерна, оцінювати якість аналізованих продуктів і їхню безпеку для здоров'я людей і тварин. Часом неможливо оцінити якість зерна й зернопродуктів без відповідного мікробіологічного дослідження. Результати досліджень наведено в таблиці 3.5.

З даних таблиці видно, що після 30 діб зберігання, за загальним числом МАФМ та пліснявих грибів і дріжджів зразки, що зберігались в герметичних умовах мають значно кращі показники ніж контрольний зразок. За кількістю молочнокислих бактерій та показником внутрішньої мікрофлори контрольному зразку поступаються лише зразки вологого зерна, що зберігались при кімнатній температурі та в холодильнику. Тобто зберігання в умовах природного навколишнього середовища є несприятливим для розмноження мікроорганізмів.

Аналіз даних мікробіологічного забруднення після 60 діб зберігання показує, що за всіма показниками зразки герметичного зберігання переважають контрольний зразок. Причому в контрольному зразку спостерігається погіршення мікробіологічного забруднення з часом зберігання. В зразках, що зберігались герметично, такої тенденції не спостерігається.

Аналіз даних мікробіологічного забруднення після 150 діб зберігання показує, що за всіма показниками зразки герметичного зберігання переважають

контрольний зразок. Причому, в контрольному зразку спостерігається погіршення мікробіологічного забруднення з часом зберігання. В зразках, що зберігались герметично, такої тенденції не спостерігається.

Аналіз даних мікробіологічного забруднення після 180 діб зберігання в герметичних умовах показує, що зразки, які зберігаються в герметичних умовах мають кращі показники, аніж контроль, що підтверджує негативний вплив герметичного зберігання на розвиток і життєдіяльність мікроорганізмів, зокрашунок збільшення концентрації вуглекислого газу та зменшення вмісту кисню в міжзернових просторах. Щодо зразків, які зберігались при аеробних умовах, то при їх зберіганні спостерігається тенденція до збільшення всіх показників мікробіологічного забруднення.

Таким чином, можна стверджувати, що герметичне зберігання позитивно впливає на якість зерна, знижуючи його мікробіологічні показники.

Таблиця 3.5 - Мікробіологічні показники зерна, що зберігалось в герметичних умовах

Умови зберігання	Вологість, %	МАФAM, КУО/г	Загальне число пліснявих грибів та дріжджів, КУО/г	Молочнокислі бактерії, КУО/г	Внутрішня мікрофлора кукурудзи,%	Спороутворюючі бактерії, КУО/г
1	2	3	4	5	6	7
<b>0 діб</b>						
Контроль	14,4	$5 \cdot 10^5$	$6,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^2$	70	$2,1 \cdot 10^3$
	18,2	$8,1 \cdot 10^5$	$9,1 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^2$	90	$4,3 \cdot 10^3$
<b>30 днів</b>						
Лабораторія (18...20 °С)	13,8	$9,0 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^2$	40	$1,9 \cdot 10^3$
	17,8	$8,5 \cdot 10^4$	$8,5 \cdot 10^4$	$4,2 \cdot 10^3$	65	$3,6 \cdot 10^3$
Охолоджений стан (4...6°С)	14,0	$5,1 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^2$	10	$2,5 \cdot 10^2$
	17,9	$3,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	30	$7,3 \cdot 10^2$
Природне навколишнє середовище (8...15 °С)	14,0	$1,2 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^2$	20	$5,0 \cdot 10^2$
	17,9	$7,8 \cdot 10^4$	$5,8 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^2$	10	$2,2 \cdot 10^3$
Контроль	14,1	$6,5 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^2$	5	$1,5 \cdot 10^3$
	18,0	$2,6 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^5$	$4,1 \cdot 10^2$	50	$6,2 \cdot 10^3$
<b>60 днів</b>						
Лабораторія (18...20 °С)	13,8	$8,6 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$5,1 \cdot 10^3$	25	$3,6 \cdot 10^4$
	17,8	$2,0 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^3$	10	$1,6 \cdot 10^4$
Охолоджений стан (4...6°С)	14,0	$1,0 \cdot 10^3$	$9,0 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^2$	5	$2,3 \cdot 10^3$
	17,9	$2 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^2$	25	$4,1 \cdot 10^3$
Природне навколишнє середовище (1...5 °С)	13,9	$2,5 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^2$	10	$2,2 \cdot 10^3$
	17,8	$9,5 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^3$	15	$1,3 \cdot 10^4$
Контроль	14,0	$9,9 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^4$	20	$3,4 \cdot 10^4$
	17,8	$4,0 \cdot 10^5$	$7,0 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^3$	35	$6,5 \cdot 10^4$

<b>90 днів</b>						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Лабораторія (18...20 °С)	14,0	$1,0 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$	$5,1 \cdot 10^3$	25	$3,6 \cdot 10^4$
	17,8	$3,4 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^3$	10	$1,6 \cdot 10^4$
Охолоджений стан (4...6 °С)	13,9	$5,0 \cdot 10^2$	$9,0 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^2$	5	$2,3 \cdot 10^3$
	17,9	$3,5 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^2$	25	$4,1 \cdot 10^3$
Природне навколишнє середовище (-6...-8 °С)	13,9	$3,0 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^2$	10	$2,2 \cdot 10^3$
	17,8	$2,0 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^3$	15	$1,3 \cdot 10^4$
Контроль	13,9	$4 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^4$	20	$3,4 \cdot 10^4$
	17,8	$9,6 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^3$	35	$6,5 \cdot 10^4$
<b>120 днів</b>						
Лабораторія (18...20 °С)	14,2	$5,2 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^3$	10	$1,6 \cdot 10^2$
	18,0	$9,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^3$	15	$2,5 \cdot 10^2$
Охолоджений стан (4...6 °С)	14,0	$1,2 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^2$	5	$1,3 \cdot 10^2$
	17,9	$4,6 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^4$	$9,3 \cdot 10^2$	15	$2,1 \cdot 10^2$
Природне навколишнє середовище (-7...-11 °С)	14,0	$3,4 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^4$	$7,2 \cdot 10^2$	15	$1,2 \cdot 10^2$
	17,9	$4,2 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^3$	10	$1,9 \cdot 10^2$
Контроль	13,8	$6,2 \cdot 10^4$	$4,2 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^4$	20	$6,8 \cdot 10^4$
	17,7	$9,9 \cdot 10^4$	$7,6 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^3$	35	$7,3 \cdot 10^4$

<b>150 днів</b>						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Лабораторія (18...20 °С)	14,3	$1,5 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^4$	$5,7 \cdot 10^3$	30	$4,1 \cdot 10^2$
	18,0	$8,2 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^4$	$8,2 \cdot 10^3$	25	$5,3 \cdot 10^2$
Охолоджений стан (4...6 °С)	14,0	$8,5 \cdot 10^3$	$7,6 \cdot 10^3$	$4,3 \cdot 10^2$	5	$2,0 \cdot 10^2$
	17,9	$2,0 \cdot 10^3$	$8,3 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^2$	10	$6,5 \cdot 10^2$
Природне навколишнє середовище (-2...-6 °С)	14,2	$1,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^2$	15	$3,0 \cdot 10^2$
	18,0	$3,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^4$	$8,6 \cdot 10^3$	25	$2,0 \cdot 10^2$
Контроль	13,7	$9,5 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^4$	40	$7,5 \cdot 10^4$
	17,6	$3,0 \cdot 10^6$	$9,5 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^4$	50	$9,3 \cdot 10^4$
<b>180 днів</b>						
Лабораторія (18...20 °С)	14,3	$1,1 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^3$	70	$3,1 \cdot 10^2$
	18,0	$6,7 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^3$	35	$4,0 \cdot 10^2$
Охолоджений стан (4...6 °С)	14,1	$7,0 \cdot 10^2$	$5,2 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^2$	10	$1,5 \cdot 10^2$
	17,9	$2,6 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^2$	15	$5,0 \cdot 10^2$
Природне навколишнє середовище (-1...-4 °С)	14,3	$2,0 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^3$	20	$2,0 \cdot 10^2$
	18,0	$4,0 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^4$	$7,8 \cdot 10^3$	30	$1,0 \cdot 10^2$
Контроль	13,7	$8,0 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$	$9,0 \cdot 10^4$	45	$6,0 \cdot 10^4$
	17,5	$4,0 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^3$	50	$8,5 \cdot 10^4$

210 днів						
1	2	3	4	5	6	7
Лабораторія (18...20 °С)	14,3	$1,0 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^4$	$8,5 \cdot 10^3$	40	$1,0 \cdot 10^2$
	18,1	$6,0 \cdot 10^3$	$5,5 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4$	20	$2,5 \cdot 10^2$
Охолоджений стан (4...6°С)	14,2	$6,0 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^2$	5	$3,5 \cdot 10^2$
	18,1	$3,0 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^2$	5	$3,0 \cdot 10^2$
Природне навколишнє середовище (9...14 °С)	14,3	$5,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^3$	40	$5,0 \cdot 10^2$
	18,0	$6,0 \cdot 10^3$	$8,2 \cdot 10^4$	$9,2 \cdot 10^3$	35	$3,5 \cdot 10^2$
Контроль	13,7	$2,0 \cdot 10^6$	$9,4 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^4$	50	$8,7 \cdot 10^4$
	17,5	$8,6 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^6$	$9,0 \cdot 10^4$	60	$9,5 \cdot 10^4$

### **3.5 . Визначення схожості та енергії проростання зерна кукурудзи**

Насіннєві властивості зерна - досить важливий критерій оцінки якості зерна, їх дослідити і оцінити досить просто і вони погіршуються при неправильних умовах зберігання зернових культур. Ступінь втрати життєздатності зерна і насіння насамперед залежить від температури і вологості зерна.

З літературних джерел відомо, що зберігання зерна без надходження повітря може призводити до погіршення насіннєвих властивостей зерна. Для з'ясування цього факту було проведено визначення енергії проростання та схожості зерна, що зберігалось при кімнатній температурі в герметичних умовах та у відкритому стані. Результати досліджень наведено в таблиці 3.6.

З даних таблиці видно, що з часом зберігання насіннєві властивості зерна всіх зразків покращуються, очевидно, за рахунок проходження післязбирального дозрівання. Разом з тим, умови зберігання практично не вплинули на схожість зерна і енергію проростання зерна і розходження у визначеннях лежать в межах похибки. Таким чином можна зробити висновок, що зберігання зерна в герметичних умовах протягом 210 діб не погіршує насіннєвих властивостей зерна кукурудзи. Тому, можна рекомендувати зберігати зерно насіннєвого призначення в герметичних умовах без втрати його якості, зокрема схожості та енергії проростання.

Таблиця 3.6 - Схожість та енергія проростання зерна кукурудзи, що зберігалось в різних умовах

Умови зберігання	Енергія проростання,%						Схожість,%					
	0 діб	30 діб	60 діб	120 діб	180 діб	210 діб	0 діб	30 діб	60 діб	120 діб	180 діб	210 діб
Лабораторія (18-20 °С)		72	78	78	77	77		95	98	96	95	95
		72	83	85	87	76		96	96	96	94	93
Охолоджений стан (4-6°С)		75	76	78	76	77		96	99	99	97	96
		94	92	92	90	91		98	98	98	95	95
Природне навколишнє середовище		76	75	78	76	75		98	98	97	95	94
		86	84	86	85	87		98	97	97	93	94
Контроль	65	76	76	78	76	78	81	98	98	97	96	94
	78	82	91	90	86	87	92	98	97	97	95	94

### 3.6 Встановлення кореляційного зв'язку між умовами зберігання і показниками якості зерна кукурудзи

Вирішення технологічних завдань тісно пов'язане з проведенням експериментальних досліджень, які супроводжуються наявністю результатів вимірювання. Інколи в процесі досліджень необхідно визначити взаємозв'язок між тими чи іншими показниками, що визначаються. Для вирішення таких завдань застосовують кореляційний аналіз.

За допомогою кореляційного аналізу можна встановити зв'язок між змінними, оцінити тісноту цього зв'язку. Коефіцієнт кореляції показує взаємозв'язок між двома або більше ознаками. Для того, щоб оцінити як впливають різні умови зберігання на показники якості і ступінь зв'язку між обраними результатами було вирішено розрахувати коефіцієнт кореляції між різними показниками.

Коефіцієнт кореляції  $r_{xy}$  обчислюють за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \cdot (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.1)$$

Абсолютне значення цього показника знаходиться в межах  $0 \dots 1$ , якщо  $r_{xy}$  має від'ємне значення, то спостерігається зворотній кореляційний зв'язок; при додатньому прямий. У разі коли коефіцієнт кореляції рівний нулю лінійний зв'язок відсутній.

Якщо значення  $r_{xy}$  знаходиться в інтервалі  $(0,3-0,5)$  – ступінь зв'язку слабкий,  $(0,51-0,7)$  – помітний, а вище  $0,71$  – високий.

**Розрахунок коефіцієнта кореляції між об'ємною концентрацією вуглекислого газу в міжзерновому просторі і МАФAM**

Таблиця 3.7 - Об'ємна концентрація вуглекислого газу та показники мікробіологічного забруднення

№ п/п	Об'ємна концентрація CO <sub>2</sub> , %	МАФAM, КУО/1Г · 10 <sup>-3</sup>	Відхилення від середнього арифметичного		(X <sub>i</sub> - X) · (y <sub>i</sub> - y)	Квадрат відхилення від середнього арифметичного	
			(X <sub>i</sub> - X)	(y <sub>i</sub> - y)		(X <sub>i</sub> - X) <sup>2</sup>	(y <sub>i</sub> - y) <sup>2</sup>
1.) Для зерна з вологістю 14,4 %							
1	4,8	1,0	0,9	-1,2	-1,08	0,81	1,44
2	3,2	0,6	-0,7	-1,6	1,12	0,49	2,56
3	3,7	5,0	-0,2	2,8	-0,56	0,04	7,84
	3,9	2,2			-0,52	1,34	11,84
2.) Для зерна з вологістю 18,2 %							
1	17,8	6,0	-1,4	1,0	-1,43	2,05	1,00
2	15,3	3,0	-1,1	2,0	-2,13	1,14	4,00
3	16,0	6,0	-0,4	1,0	0,37	0,13	1,00
	16,4	5,0			-3,20	3,33	6,00

$$1.) r_{xy} = \frac{-0,52}{\sqrt{1,34 \cdot 11,84}} = -0,72$$

$$2.) r_{xy} = \frac{-3,20}{\sqrt{3,33 \cdot 6,00}} = -0,73$$

Таким чином, можна зробити висновок із обчисленого коефіцієнта кореляції

(-0,72), що ступінь зворотного зв'язку між об'ємною концентрацією вуглекислого газу в міжзерновому просторі і показником МАФAM для сухого зерна високий.

Виходячи із отриманого коефіцієнта кореляції ( $-0,73$ ) можна зробити висновок, що зворотній зв'язок між об'ємною концентрацією вуглекислого газу в міжзерновому просторі і показником МАФAM для вологого зерна високий.

### Розрахунок коефіцієнта кореляції між об'ємною концентрацією кисню в міжзерновому просторі і МАФAM

Таблиця 3.8 - Об'ємна концентрація кисню та показники мікробіологічного забруднення

№п/п	Об'ємна концентрація $O_2$ , %	МАФAM, КУО/1г $\cdot 10^3$	Відхилення від середнього арифметичного		$(X_i - X) \cdot (y_i - y)$	Квадрат відхилення від середнього арифметичного	
			$(X_i - X)$	$(y_i - y)$		$(X_i - X)^2$	$(y_i - y)^2$
1.) Для зерна з вологістю 14,4 %							
1	16,2	1,0	-0,9	-14,0	12,6	0,81	196
2	17,8	0,6	0,7	-1,6	-1,12	0,49	2,56
3	17,3	5,0	-0,2	2,8	-0,56	0,04	7,84
	17,1	2,2			10,92	1,34	206,4
2.) Для зерна з вологістю 18,2 %							
1	3,2	6,0	1,4	1,0	1,43	2,05	1,00
2	5,7	3,0	1,1	2,0	2,13	1,14	4,00
3	5,0	6,0	0,4	1,0	0,37	0,13	1,00
	4,6	5,0			3,93	3,33	6,00

$$1.) r_{xy} = \frac{10,92}{\sqrt{1,34 \cdot 206,4}} = 0,65$$

$$2.) r_{xy} = \frac{3,93}{\sqrt{3,33 \cdot 6,00}} = 0,88$$

Таким чином, можна зробити висновок із обчисленого коефіцієнта кореляції 0,65, що ступінь зв'язку між об'ємною концентрацією кисню в міжзерновому просторі і показником МАФAM для сухого зерна помітний.

Виходячи із отриманого коефіцієнта кореляції – 0,88 можна зробити висновок, що помітний зв'язок між об'ємною концентрацією кисню в міжзерновому просторі і показником МАФМ для вологого зерна високий.

### 3.7. Математична обробка отриманих експериментальних даних

Інтенсивність дихання зерна кукурудзи, що зберігається в герметичних умовах залежить від вологості зерна, терміну зберігання та температурних режимів зберігання. Для визначення оптимальних умов для перебігу інтенсивності дихання нами було використано математичне моделювання і оптимізація процесу зберігання зерна в герметичних умовах.

Для проведення дослідів склали план з відповідною матрицею планування експерименту, з вказаною кількістю дослідів та інтервалом варіювання факторів. Матриця являє собою перелік варіантів, взятих в даній серії дослідів. Найбільш простими матрицями є матриці повного факторного експерименту (ПФЕ), в яких досліджувальні фактори змінюються лише на двох рівнях: верхньому і нижньому.

Кількість дослідів для постановки повного факторного експерименту визначають за формулою:

$$N = 2^n$$

де  $N$  – кількість дослідів,  $n$  – кількість факторів, 2 – кількість рівнів.

Для даного випадку кількість дослідів становить:  $N = 2^3 = 8$ .

Рівні факторів і інтервал варіювання представлені в таблиці 3.7

Таблиця 3.9 - Вихідні дані

Назва	Позначення	Фактори, що досліджуються		
		$X_1$ (T)	$X_2$ (W)	$X_3$ (t)
Нульовий рівень фактору	$X_i^0$	105	16,3	15,5
Інтервал варіювання	$\lambda$	105	1,9	4,5
Верхній рівень	$X_i^+$	210	18,2	20
Нижній рівень	$X_i^-$	0	14,3	11

План повного експерименту в кодованих змінних матиме такий вигляд:

Таблиця 3.10 - План експерименту в кодованих змінних

№ дослідю	Рівні факторів			Концентрація вуглекислого газу
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
1	+1	+1	+1	У <sub>1</sub>
2	+1	+1	-1	У <sub>2</sub>
3	+1	-1	+1	У <sub>3</sub>
4	+1	-1	-1	У <sub>4</sub>
5	-1	+1	+1	У <sub>5</sub>
6	-1	+1	-1	У <sub>6</sub>
7	-1	-1	+1	У <sub>7</sub>
8	-1	-1	-1	У <sub>8</sub>

Таким чином, ми проводимо експеримент, який складається з восьми дослідів у двох повторностях

План повного факторного експерименту у натуральних змінних буде мати такий вигляд:

Таблиця 3.11- План повного факторного експерименту у кодованих змінних

№ дослідю	Рівні факторів			Концентрація вуглекислого газу
	X <sub>1</sub> (T), діб	X <sub>2</sub> (W), %	X <sub>3</sub> (t), °C	
1	210 (+1)	18,2 (+1)	20 (+1)	У <sub>1</sub>
2	210 (+1)	18,2 (+1)	11 (-1)	У <sub>2</sub>
3	210 (+1)	14,3 (-1)	20 (+1)	У <sub>3</sub>
4	210 (+1)	14,3 (-1)	11 (-1)	У <sub>4</sub>
5	0 (-1)	18,2 (+1)	20 (+1)	У <sub>5</sub>
6	0 (-1)	18,2 (+1)	11 (-1)	У <sub>6</sub>
7	0(-1)	14,3 (-1)	20 (+1)	У <sub>7</sub>
8	0(-1)	14,3 (-1)	11 (-1)	У <sub>8</sub>

Таблиця 3.12 - Результати експерименту і розрахунок полінійних дисперсій

№ дослід	Значення критерію оптимальності		Сер. знач. $Y_{cp}$	Розрахунок построккової дисперсії відтворюваності					
	$Y_1$	$Y_2$		$a_1=Y_{cp}-Y_1$	$a_2=Y_{cp}-Y_2$	$a_1^2$	$a_2^2$	$\sum a_n^2$	$S_n^2$
1	17,7	17,9	17,8	0,1000	-0,1000	0,0100	0,0100	0,0200	0,0200
2	12,6	12,4	12,5	-0,1000	0,1000	0,0100	0,0100	0,0200	0,0200
3	17,2	17,4	17,3	0,1000	-0,1000	0,0100	0,0100	0,0200	0,0200
4	15,4	15,3	15,35	-0,0500	0,0500	0,0025	0,0025	0,0050	0,0050
5	0,03	0,05	0,04	0,0100	-0,0100	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002
6	0,02	0,04	0,03	0,0100	-0,0100	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002
7	0,03	0,05	0,04	0,0100	-0,0100	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002
8	0,02	0,04	0,03	0,0100	-0,0100	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002

Перевіряємо однорідність дисперсій:

а) Розраховуємо дисперсію паралельних дослідів кожного рядка матриці плану за рівнянням:

$$S_n^2 = \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{k=1}^m (y_{nk} - y_n)^2, \quad (3.2)$$

Де  $m$  - кількість паралельних дослідів, ( $m=2$ )

$$S_1^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(17,8-17,7)^2 + (17,8-17,9)^2] = 0,02;$$

$$S_2^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(12,5-12,6)^2 + (12,5-12,4)^2] = 0,02;$$

$$S_3^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(17,3-17,2)^2 + (17,3-17,4)^2] = 0,02;$$

$$S_4^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(15,35-15,4)^2 + (15,35-15,3)^2] = 0,005;$$

$$S_5^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(0,04-0,03)^2 + (0,04-0,05)^2] = 0,0002;$$

$$S_6^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(0,03-0,02)^2 + (0,03-0,04)^2] = 0,0002;$$

$$S_7^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(0,04-0,05)^2 + (0,04-0,03)^2] = 0,0002;$$

$$S_8^2 = \frac{1}{2-1} \cdot [(0,03-0,04)^2 + (0,03-0,02)^2] = 0,0002;$$

б) Визначаємо найбільше значення  $S_n^2 \max = S_3^2 = 0,02$

в) Розраховуємо суму дисперсій:

$$\sum_{n=1}^N S_n^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2 + S_5^2 + S_6^2 + S_7^2 + S_8^2$$

$$\sum_{n=1}^N S_n^2 = 0,0658$$

г) Розрахуємо критерій Кохрена:

$$G_p = \frac{S_n^2}{\sum_{n=1}^N S_n^2} = \frac{0,02}{0,0658} = 0,3039 \quad (3.3)$$

д) Вибираємо табличне значення критерію Кохрена  $G_{кр}$  для значень ступеня свободи  $f_1 = m - 1 = 1$ ;  $f_2 = N = 8$  та для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  % і перевіряємо виконання умови:

$$(G_p = 0,3039) < (G_{кр} = 0,8159) \quad (3.4)$$

Отже, дисперсія вихідного параметру в паралельних дослідях є однорідними, тобто отримане рівняння регресії є відтворювальним.

Розрахуємо коефіцієнти рівняння регресії:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \cdot y_n = \frac{1}{8} (17,8 + 12,5 + 17,3 + 15,35 + 0,04 + 0,03 + 0,04 + 0,03) = 7,98;$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \cdot y_n = \frac{1}{8} (17,8 + 12,5 + 17,3 + 15,35 - 0,04 - 0,03 - 0,04 - 0,03) = 7,25;$$

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \cdot y_n = \frac{1}{8} (17,8 + 12,5 - 17,3 - 15,35 + 0,04 + 0,03 - 0,04 - 0,03) = -0,98;$$

$$b_3 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \cdot y_n = \frac{1}{8} (17,8 - 12,5 + 17,3 - 15,35 + 0,04 - 0,03 + 0,04 - 0,03) = 1,1.$$

Перевіряємо значущість коефіцієнтів регресії:

Перевіряємо значущість коефіцієнтів рівняння регресії, що характеризують лінійні ефекти та ефекти парної лінійної взаємодії:

а) Визначаємо дисперсію коефіцієнтів регресії

$$S^2_{bi} = \frac{S_y^2}{N} = \frac{0,0658}{8} = 0,0823 \quad (3.5)$$

б) Визначаємо середньоквадратичну дисперсію:

$$S_{bi} = \sqrt{S^2_{bi}} = \sqrt{0,0823} = 0,2868 \quad (3.6)$$

в) Розраховуємо значення критерію Стьюдента для кожного коефіцієнта рівняння регресії:

$$t_{b0} = \frac{|b_i|}{S_{bi}} = \frac{|7,98|}{0,2868} = 27,8243;$$

$$t_{b1} = \frac{|b_i|}{S_{bi}} = \frac{|7,25|}{0,2868} = 25,2789;$$

$$t_{b2} = \frac{|b_i|}{S_{bi}} = \frac{|0,98|}{0,2868} = 3,4170;$$

$$t_{b3} = \frac{|b_i|}{S_{bi}} = \frac{|1,1|}{0,2868} = 3,8355$$

д) Перевіряємо умову значущості кожного коефіцієнта регресії, а саме  $t_{bi} < t_m$ , виконання вказаної умови дає підставу констатувати значущість відповідного і-го коефіцієнту. Табличне значення критерію Стьюдента при  $\alpha = 0,05$  і значенні ступеня свободи  $f = N(m-1) = 8$ ,  $t_m = 2,31$ .

В нашому випадку всі коефіцієнти є значущими.

Записуємо отримане рівняння регресії у формі поліному першого порядку:

$$y = 7,98 + 7,25 \cdot x_1 - 0,98 \cdot x_2 + 1,1 \cdot x_3$$

Підставляючи кодоване значення кожного фактора в отримане рівняння регресії, визначаємо вихідні розрахункові значення функції  $y_i$  та порівнюємо їх з вихідними дослідними значеннями  $y$ :

$$y_1 = 7,98 + 7,25 - 0,98 + 1,1 = 17,35$$

$$y_2 = 7,98 + 7,25 - 0,98 - 1,1 = 13,05$$

$$y_3 = 7,98 + 7,25 + 0,98 + 1,1 = 17,51$$

$$y_4 = 7,98 + 7,25 + 0,98 - 1,1 = 15,31$$

$$y_5 = 7,98 - 7,25 - 0,98 + 1,1 = 0,25$$

$$y_6 = 7,98 - 7,25 - 0,98 - 1,1 = -1,2$$

$$y_7 = 7,98 - 7,25 + 0,98 + 1,1 = 0,6$$

$$y_8 = 7,98 - 7,25 + 0,98 - 1,1 = 0,2$$

Перевірка отриманого рівняння на адекватність:

Перевіряємо отримане рівняння регресії на адекватність дійсному дослідженому процесу:

а) Розраховуємо дисперсію адекватності:

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum(y_n - \hat{y}_n)^2}{N - d} = 0,3571 \quad (3.7)$$

б) Розраховуємо критерій Фішера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2} = \frac{0,3573}{0,0825} = 4,34 \quad (3.8)$$

Табличне значення критерію Фішера дорівнює  $F_T = 4,46$  при  $\alpha = 0,05$  і значенні ступенів свободи  $f_1 = N - d = 2$ ,  $f_2 = N(m - 1) = 8(2 - 1) = 8$ . Умова

$(F_p = 4,34) < (F_T = 4,46)$  виконується, тобто можна зробити висновок, що отримане рівняння регресії є адекватним дослідженому процесу.

До переходу до натуральних значень використовуємо формули:

$$X_1 = \frac{H_1 - H_{01}}{\lambda_1} = \frac{T - 105}{105};$$

$$X_2 = \frac{H_2 - H_{02}}{\lambda_2} = \frac{W - 16,3}{1,9};$$

$$X_3 = \frac{H_3 - H_{03}}{\lambda_3} = \frac{t - 15,5}{4,5};$$

Де  $N_1, N_2, N_3$  – натуральні величини факторів;  $N_{01}, N_{02}, N_{03}$  – значення факторів на нульовому рівні;  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – кроки варіювання факторів.

Після розкодування рівняння регресії матиме вигляд:

$$y = 5,33 + 0,07 T - 0,52 W + 0,25 t$$

Отже, було проведено дослідження зміни вуглекислого газу міжзернового простору кукурудзи, що зберігалась в герметичних умовах з варіюванням температурних режимів, вологості та терміну зберігання, було проведено необхідну кількість дослідів для постановки повного факторного експерименту та отримали рівняння регресії, яке описує даний процес в залежності від зміни факторів, що впливають на нього.

### **Висновки**

1. На основі проведених досліджень було досліджено зміни біохімічних та органолептичних показників зерна кукурудзи різної вологості, що зберігалось в герметичних умовах протягом 210 діб.

2. Досліджено, що внаслідок зберігання зерна без доступу повітря покращуються показники мікробіологічного забруднення, чого не можна сказати про зразки, що зберігались в аеробних умовах.

3. Встановлено, що зберігання зерна в герметичних умовах не погіршує насінневі властивості зерна.

4. Досліджено процес дихання зерна і характер зміни концентрації газу міжзернового простору. Найбільш інтенсивно процес дихання проходить в зразках з вологістю 18,2 % при температурі 18-20 °С.

5. Концентрація вуглекислого газу в дослідних зразках за 210 діб зберігання зростає від 0,04 % до 4,8 % та до 17,8 % відповідно у зразках, вологістю 14,4 % та 18,2 %.

6. Проаналізувавши зміну біохімічних показників зерна було встановлено, що показники натури, масової частки крохмалю, білка та цукрів змінюються незначно і не перевищують контрольні зразки.

7. З'ясовано, що герметичні умови негативно впливають на розвиток і життєдіяльність шкідників, що є очевидною перевагою методу. Повна загибель довгоносиків настає за 60 діб.

8. Створено математичну модель процесу зберігання зерна та розраховано коефіцієнт кореляції.

## РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1. Техніко-економічне обґрунтування проекту елеваторного комплексу з використанням поліетиленових рукавів для зберігання

Робочий проект технічного переоснащення елеваторного комплексу полягає в розширенні місткості елеватора за рахунок використання поліетиленових рукавів. Зберігання зерна в поліетиленових рукавах - це новий, досить перспективний та економічно вигідний метод зберігання, який має низку переваг. При функціонуванні елеватору на якому додатково зберігатиметься зерно в герметичних рукавах підприємство матиме ряд переваг:

- збільшуються ємкості зберігання зерна;
- зменшуються втрати зерна при завантаженні і розвантаженні;
- зменшуються втрати зерна та спостерігається покращення якості зерна за рахунок створення несприятливих умов для життєдіяльності та розвитку шкідників та мікроорганізмів;

- зменшуються втрати внаслідок дихання зерна, за рахунок зниження його інтенсивності в герметичних умовах;

- зменшується кількість робітників на елеваторі;

- зменшуються витрати на енергоносії при зберіганні;

Зберігання зерна в поліетиленових рукавах не передбачає ніяких операцій з зерном в ході зберігання крім спостереження за цілісністю рукавів і відбору проб на аналізи згідно вимог стандартів

Таким чином, використання поліетиленових мішків для зберігання зерна на підприємстві має ряд переваг і дійсно є ефективним інноваційним проектом.

Коефіцієнт заповнення площі території елеватора не перевищує допустимі рівні. Проект реконструкції узгоджений з вимогами правил по техніці безпеки, по охороні праці та по цивільній обороні.

## 4.2 Техніко-економічні розрахунки

### Розрахунок капіталовкладень

Витрати на придбання обладнання складаються з вартості обладнання за ринковими цінами та транспортних витрат, у розмірі 5 % від його вартості.

Таблиця 4.1 - Кошторисно-фінансовий розрахунок на нове обладнання

Назва нового обладнання	Ціна за одиницю, без ПДВ, тис. грн.	Кількість одиниць обладнання, шт.	Вартість обладнання, тис. грн.	Витрати на транспортування, тис. грн.	Первісна вартість нового обладнання, тис. грн.
Трактор	150	1	150	7,5	157,5
Беггер	100	1	100	5	105
Розвантажувач зерна	100	1	100	5	105
Зерновоз	150	1	150	7,5	157,5
Всього	500	4	500	25	525

Таблиця 4.2 - Зведений кошторисно-фінансовий розрахунок будівельних робіт та нового обладнання

Основні засоби	Сума, тис грн.	% до підсумку
Первісна вартість нового обладнання	367,50	57,24
Внутрішньоцеховий транспорт	157,50	24,53
Котрольно-вимірювальні прилади	10,00	1,56
вартість неврахованого обладнання	107,00	16,67
Всього	642,00	100,00

### Розрахунок виробничої програми підприємства

Виробнича програма підприємства розраховується в натуральному виразі по основному асортименту продукції, що виробляється. Для розрахунку виробничої програми спочатку необхідно визначити число днів роботи підприємства. Для елеватору нормативний річний фонд часу роботи обладнання становить 305 (або 306) діб виходячи з режиму роботи підприємства, дані наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Розрахунок виробничої програми підприємства

Календарний фонд часу	Зупинки з причин			Всього зупинки	Кількість днів роботи обладнання
	Вихідні і святкові	Ремонт обладнання			
		Поточний	Капітальний		
365	8	22	30	60	305
366	8	22	30	60	306

Розрахунок виробничої програми на елеваторі має свої особливості. План загального вантажообігу передбачає встановлення обсягів основних операцій із зерном. Основні види операцій включають наступні види робіт: приймання, відпуск, зберігання, сушіння, очищення. Перші три види робіт складають комплексний вантажообіг, а всі разом - загальний комплексний вантажообіг.

Визначенню планових об'ємів основних операцій передуює складання балансу хлібопродуктів, з якого отримують вихідні дані для розрахунку. Об'єм операцій приймання та відпуску зернопродуктів вимірюються в фізичних тоннах. Об'єм зберігання вимірюється у тонно-місяцях (тонна зернопродуктів, що зберігається протягом місяця). Відповідно обсяг залежить від величини залишків зерна і термінів його зберігання. Для розрахунку об'ємів зернопродуктів, які будуть зберігатись в кожному місяці планового року, складається таблиця 4.4.

### Розрахунок обсягів зберігання хлібопродуктів

Таблиця 4.4 - Розрахунок обсягів зберігання хлібопродуктів

період часу	Рух хлібопродуктів, т				Обсяг зберігання (т/міс)
	Наявність на початок періоду	Приймання	відпуск	залишок на кінець періоду	
Січень	28600	-	2400	26200	
Лютий	26200	-	2600	23600	
Березень	23600	-	1500	22100	
I квартал			6500		75150
Квітень	22100	-	3000	19100	
травень	19100	-	2000	17100	
Червень	17100	-	2000	15100	
II квартал			7000		54800
Липень	15100	-	2000	13100	
Серпень	13100	1000	3000	11100	
Вересень	11100	2000	3200	9900	

III квартал		3000	8200		36700
Жовтень	9900	2000	3000	8900	
Листопад	8900	2000	3500	7400	
Грудень	7400		2500	4900	
IV квартал		4000	9000		23700
Всього		7000	30700	4900	190350

Розрахунок комплексного вантажообігу визначається шляхом додавання вказаних операцій за рік із застосуванням спеціальних коефіцієнтів (табл.4.5)

Таблиця 4.5 - Розрахунок комплексного вантажообігу елеватора

№п/п	Найменування операції	Обсяг робіт, т	Коефіцієнт перерахунку	Комплексний вантажообіг ,т
1	Приймання	7000	0,5	3500
2	Відпуск	30700	0,5	15350
3	Зберігання	190350	0,2	38070
4	Всього	228050		56920

Обсяг сушіння зерна розраховують за допомогою галузевих коефіцієнтів шляхом переведення обсягу просушеного зерна із фізичних в планові тонни. Кількість вологого і сирого зерна становить 85-95% від загальної кількості зерна, що надходить на підприємство. Середня вологість зерна, що поступає становить 22 %, а після сушіння 14 %, і тому беремо коефіцієнт переведення в планові тонни 1,2, результати обчислень наведені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 - Розрахунок плану сушіння зерна

Показники	План на рік	у т.ч. по кварталам			
		I	II	III	IV
Залишок вологого зерна на початок періоду	28600	28600			
Надходження вологого зерна	6650			2850	3800
Всього вологого зерна	35250	28600		2850	3800
в планових одиницях	42300	34320		3420	4560
Всього сушіння, планові одиниці	42300	34320		3420	4560
План у фізичній вазі,т	35250	28600		2850	3800

Таблиця 4.7 - Розрахунок обсягів обробки (очищення) зерна

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Річний обсяг
1	Надходження зерна	т	7000
2	Засмічене зерно по відношенню до загальної кількості отриманого	%	80
3	Підлягає очищенню	т	5600
4	Коефіцієнт перерахунку в планові тонни	0,6	
5	Підлягає очищенню	пл. т	3360

### Розрахунок комплексного вантажообігу елеватора

Таблиця 4.8 - Розрахунок загального комплексного вантажообігу елеватора

№п/п	Найменування операції	обсяг роботи, т	Коефіцієнт перерахунку	Загальний комплексний вантажообіг, т
1	Комплексний вантажообіг	56920	1	56920
2	Обробка(очищення)	3360	0,3	1008
3	Сушіння	42300	0,75	31725
4	Загальний комплексний вантажообіг	102580		89653

Таблиця 4.9 - Розрахунок загального комплексного вантажообігу елеватора у вартісному вираженні

Найменування операції	Кількість	Вартість за 1т, грн.	Вартість послуг на весь обсяг, тис. грн.
Комплексний вантажообіг	56920	22,3	1269,316
Обробка	3360	28,3	95,088
Сушіння	42300	44,5	1882,35
Загальний комплексний вантажообіг	89653		3246,754

### Розрахунок чисельності працюючих і фонду заробітної плати

На підприємстві застосовується погодинна система оплати праці.

Розрахунок чисельності промислово-виробничого персоналу проводиться за категоріями працюючих.

Розрахунок чисельності робітників починається з складання балансу робочого часу одного середньоспискового робітника.

Баланс робочого часу наведено в таблиці 4.10

Таблиця 4.10 - Баланс робочого часу одного працівника

№ п/п	Показник	Кількість днів
1	Число календарних днів	365
2	неробочі та святкові дні	105
3	Номінальний фонд роботи за рік, днів	260
4	середнє число невиходів всього, днів	43
	у т. ч чергова відпустка	24
	додаткова відпустка	7
	на навчання	1
	по хворобі	7
	з виконання громадських і державних обов'язків	4
5	Явочний(ефективний) фонд робочого часу, днів	173
6	Номінальне число годин в зміну	8
7	Ефективний фонд часу за рік, год	1576

З даної таблиці видно, що ефективний фонд робочого часу одного працівника на рік становить 1576 год.

Фонд оплати праці одного робітника розраховується з врахуванням розряду робітника, можливих виходів у святкові та вихідні дні та інших додаткових нарахувань. Так як, обслуговування поліетиленових мішків має невисоку потужність та буде здійснюватись у дві зміни, то він не потребує великої кількості обслуговуючого персоналу.

Для обслуговування поліетиленових мішків та необхідного обладнання необхідно найняти апаратника.

Фонд заробітної плати робітників, що працюють за погодинною системою оплати праці, складаються з тарифного фонду та доплат і розраховується за формулою:  $Зпл(пог)=Тар+Доп$  (4.1)

Де  $Z_{пл(пог)}$ -заробітна плата робітників, що працюють на умовах погодинної оплати праці;

$Tар$ -сума тарифного фонду заробітної плати, тис.грн;

Таблиця 4.11 - Додаткові доплати робітникам, що працюють за погодинною оплатою праці

Професія	Тарифний розряд	ГТС, грн.	Тривалість змін, год.	Кількість змін на добу	Явочне число		Число днів роботи на рік	Відпрацьовано людиною-днів	Основна ЗП за рік, тис грн	Доплати до тарифного фонду ЗП, тис грн	Всього фонд оплати праці, тис грн.
					за зміну	за добу					
Апаратник зерноочисного комплексу	V	7,9	8	2	1	2	305	610	38,55	2,31	61,68
Апаратник зерноочисного комплексу	V	7,9	8	2	1	2	305	610	38,55	2,31	61,68
Разом											123,36

$$ГТС=5,1 \cdot 1,55=8,68$$

Отже, фонд оплати праці буде становити 123360,0 грн.

Розрахунок на соціальні заходи:

$$Соц=123360,0 \cdot 0,37 = 46469,71 \text{ грн.}$$

Середньоспискова чисельність робітників, що працюють в основному виробництві розраховують як відношення планової трудомісткості (людино-днів) на рік по всім професіям до ефективного фонду одного робітника:

$$610/173=4 \text{ чоловіка}$$

Середньомісячна заробітна плата робітників:

$$ФОП/середньоспискова чисельність/12міс \quad Зс= 123360,0/4/12=2570,0 \text{ грн.}$$

### Розрахунок вартості енерговитрат на технологічні цілі

Для розрахунку вартості енерговитрат використовують норми витрат енергоресурсів на переробку 1 т сировини.

Таблиця 4.12 - Розрахунок вартості енерговитрат для елеваторів

Вид послуг	Загальний комплексний вантажообіг	Втрати на енергоресурси, тис грн.			
		на 1 т	На весь обсяг	1 кВт	На весь обсяг
Беггер	21600	15	324000	0,00056	181,4
Розвантаження зерна з мішків	7200	18	129600	0,00056	72,58
Комплексний вантажообіг	56920	15	853800	0,00056	478,1
Сушіння	31725	69	2189025	0,00056	1226
Очистка	1008	25	25200	0,00056	14,11
Всього			3521625		1972

### Розрахунок вартості допоміжних матеріалів

Таблиця 4.13 - Розрахунок витрат на допоміжні матеріали

Допоміжні матеріали	Кількість	Ціна за одиницю, тис. грн	Загальні витрати, тис. грн
Поліетиленові мішки	120	2	240

### Розрахунок амортизаційних нарахувань

Амортизація відраховується в розмірі 24,0 % від вартості обладнання:

$$A = (525000 \cdot 24) / 100 = 126000 \text{ грн.}$$

Інші витрати розраховуються виходячи із загальної суми витрат, що було одержано в попередній розрахунках. Вони становлять 5-10 % від загальної суми витрат.

### Розрахунок зведених витрат за надання послуг елеваторним комплексом

Таблиця 4.14 - Зведені витрати на виробництво і реалізацію продукції (надання послуг)

№п/п	Елементи витрат	Сума, тис. грн	% до підсумку
1	Матеріальні витрати	2237,11	76,34
1.1	Допоміжні матеріали	240,00	
1.2	Транспортні витрати	25,00	
1.3	Енергетичні витрати	1972,11	
2	Витрати на оплату праці	123,37	4,21
3	Витрати на соціальні заходи	177,65	6,06
4	Амортизація	126,00	4,30
5	Інші операційні витрати	266,41	9,09
6	Всього повні витрати по підприємству	2930,54	100

## Розрахунок оборотних коштів на підприємстві

Таблиця 4.15 - Розрахунок оборотних коштів на підприємстві

Елемент оборотних коштів	Дані для розрахунку		Сума оборотних коштів, тис. грн
	Витрати, тис. грн	Норматив, %	
Допоміжні матеріали	240,00	8	19,20
Заробітна плата	123,37	4	4,93
Інші	266,41	5	13,32
Всього	629,78		37,46

### Економічна ефективність проекту

Прибуток від реалізації продукції (П) розраховується як різниця між загальним комплексним вантажообігом (ТП) і повними витратами на надання послуг:

$$П = ТП - С \quad (4.2)$$

$$П = 3246,75 - 2930,54 = 316,22 \text{ (тис. грн.)}$$

Рівень рентабельності (Р) розраховується як відношення прибутку до повних витрат на надання послуг, %

$$Р = П / С \cdot 100 \quad (4.3)$$

$$Р = 316,22 / 2930,54 \cdot 100 \% = 10,7 \%$$

Витрати на 1 грн. розраховуються за формулою:

$$В_{1\text{грн}} = С / ТП \quad (4.4)$$

$$В_{1\text{грн}} = 2930,54 / 3246,75 = 0,90 \text{ грн.}$$

### Розрахунок терміну окупності проекту

Термін окупності (Т) – це відношення загальних капітальних вкладень до отриманого числа прибутку і суми амортизаційних відрахувань:

$$Т = К_{\text{заг}} / (ЧП + А) \quad (4.5)$$

Чистий прибуток - це прибуток, одержаний підприємством після сплати податку на прибуток.

$$ЧП = П \cdot (100 - СПП) / 100 \quad (4.6)$$

Де ЧП- чистий прибуток, тис. грн;

СПП – ставка податку на прибуток, %

$$\text{ЧП} = 316,22(100-25)/100 = 237,17 \text{ тис грн};$$

$$T = 642/(237,17 + 126,0) = 2 \text{ роки і 2 місяці}$$

Отже, термін окупності проекту становить 3 роки і 2 місяці, прибуток від реалізації проекту складає 316220,0 грн, а рівень рентабельності 10,7 %

Таким чином можна зробити висновок, що даний проект є економічно вигідним.

### 4.3 Розрахунок технологічного обладнання

Розрахуємо кількість зерна у фізичній масі за формулою:

$$A_{\phi} = A \cdot K_{\phi} \quad (4.7)$$

Де  $K_{\phi}$  - коефіцієнт перерахунку звичайної маси зерна що надійшло в фізичну;  $A$  – кількість зерна що надійшло на хлібоприймальний елеватор.

$$K_{\phi} = 1,06$$

$$A_{\phi} = 7000 \cdot 1,06 = 7420 \text{ тонн}$$

Максимально добове надходження зерна розраховуємо за формулою:

$$A_c = \frac{0,8 \cdot A_{\phi} \cdot K_c}{P_p} \quad (4.8)$$

Де  $K_c$  - коефіцієнт добової нерівномірності,  $K_c = 1,6$ ,  $P_p$  - розрахунковий період заготівлі,  $P_p = 15$  діб.

$$A_c = \frac{0,8 \cdot 7420 \cdot 1,6}{15} = 610 \text{ т/добу}$$

Максимальне годинне надходження зерна розраховуємо за формулою:

$$A_{\text{ч}} = \frac{A_c \cdot K_{\text{ч}}}{T} \quad (4.9)$$

де  $T$  - розрахунковий час підвозу зерна автотранспортом протягом доби,  $T = 24$  години;  $K_{\text{ч}}$  - коефіцієнт годинної нерівномірності надходження зерна,  $K_{\text{ч}} = 2,0$

$$A_{\text{ч}} = \frac{610 \cdot 2}{24} = 50 \text{ т/год}$$

Продуктивність приймального транспортуючого обладнання становить 350 т/год, тоді необхідну кількість ліній визначаємо за формулою:

$$N_{\text{л}} = \frac{A_{\text{ч}} \cdot 1,2}{Q_{\text{л}} \cdot K_{\text{к}} \cdot K_{\text{в.з.}}} \quad (4.10)$$

Де  $Q_{\text{л}}$  - продуктивність лінії,  $Q_{\text{л}} = 80$  т/год;  $K_{\text{к}}$  - коефіцієнт зміни продуктивності обладнання в залежності від культури, що обробляється,  $K_{\text{к}} = 1$ ,  $K_{\text{в.з.}}$  - коефіцієнт

зміни продуктивності автомобілерозвантажувача в залежності від стану зерна по вологості і засміченості,  $K_{в.з} = 0,8$ .

$$N_{л} = \frac{50 \cdot 1,2}{80 \cdot 1 \cdot 0,8} = 1 \text{ лінія}$$

Продуктивність автомобілерозвантажувача розраховуємо за формулою:

$$Q_a = \frac{Q_a^m \cdot K_n \cdot K_{в.з.}}{1,2} \quad (4.11)$$

Де  $Q_a^m$  - технічна продуктивність автомобілерозвантажувача визначеної марки в залежності від середньої вантажопідйомності автотранспорту,  $Q_a^m = 85$  т/год;  $K_n$  - коефіцієнт зниження продуктивності автомобілерозвантажувача в залежності від продуктивності транспортуючого обладнання лінії, числа партій що обробляються і середньої вантажопідйомності автотранспорту,  $K_n = 0,87$ ;  $K_{в.з.}$  - коефіцієнт зміни продуктивності автомобілерозвантажувача в залежності від стану зерна по вологості і засміченості,  $K_{в.з.} = 0,8$ .

$$Q_a = \frac{85 \cdot 0,87 \cdot 0,8}{1,2} = 52,2 \text{ т/год}$$

Продуктивність автомобілерозвантажувача менша за продуктивність лінії отже беремо один автомобілерозвантажувач марки ГУАР-15.

### Сушіння зерна

Об'єм сушіння зерна для підприємства визначаємо за формулою:

$$A_c = 0,8 \cdot A_{ф} \cdot K_{в} \cdot K_{к} \cdot K_{н} \quad (4.12)$$

Де  $A_c$  - кількість зерна що переробляється в фізичній масі;  $K_{в}$  - коефіцієнт перерахунку фізичних тонн в планові,  $K_{в} = 1,2$ ;  $K_{к}$  - коефіцієнт, який враховує зміну продуктивності зерносушарок в залежності від культури яка сушиться,  $K_{к} = 1$ ;  $K_{н}$  - коефіцієнт який залежить від призначення культури яка сушиться,  $K_{н} = 1$ .

$$A_c = 0,8 \cdot 7420 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 7123,2 \text{ пл. тонн}$$

Необхідну кількість зерносушарок розраховуємо за формулою:

$$n_{з/с} = \frac{A_c}{Q_{з/с} \cdot 20,5 \cdot P_p} \quad (4.13)$$

Де  $Q_{з/с}$  - продуктивність зерносушарки,  $Q_{з/с} = 43$  пл.т/год;

$P_p$  - розрахунковий період заготівлі,  $P_p = 15$  діб.

$$n_{з/с} = \frac{7123,2}{43 \cdot 20,5 \cdot 15} = 1 \text{ шт}$$

Отже, приймаємо одну зерносушарку GDB-XN 2/10-R .

### Очищення зерна

Продуктивність машин для очищення зерна розраховуємо за формулою:

$$P_{м.с} = K_B \cdot P_{м.с} \cdot K_K \cdot K_{B,3} \cdot K_H \quad (4.14)$$

Де  $K_B$ - коефіцієнт який залежить від марки машини і її місця в технологічному процесі, для машин БСХ-100 та А1-БЗО-100 він дорівнює 0,8;  $P_{м.с}$  - паспортна продуктивність сепаратора БСХ-100,  $P_{м.с} = 100$  т/год;  $K_K$  - коефіцієнт зміни продуктивності обладнання в залежності від культури, що обробляється,  $K_K = 1$ ,  $K_{B,3}$  - коефіцієнт який залежить від вологості і засміченості,  $K_{B,3} = 0,8$ ;  $K_H$  - коефіцієнт який залежить від призначення культури,  $K_H = 1$ .

$$P_{м.с} = 0,8 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 64 \text{ т/год}$$

Необхідну кількість сепараторів розраховуємо за формулою:

$$N_c = \frac{0,04 \cdot A}{P_{м.с} \cdot P_p} \quad (4.15)$$

Де  $P_{м.с}$ - розрахована продуктивність сепаратора;  $P_p$ - розрахунковий період заготівлі,  $P_p = 15$  діб.

$$N_c = \frac{0,04 \cdot 7000}{64 \cdot 15} = 1 \text{ шт}$$

Отже, приймаємо один сепаратор БСХ-100.

Необхідну кількість скальператорів розраховуємо за формулою:

$$N_c = \frac{0,04 \cdot A}{P_{м.с} \cdot P_p} \quad (4.16)$$

Де  $P_{м.с}$ - розрахована продуктивність скальператора;  $P_p$ - розрахунковий період заготівлі,  $P_p = 15$  діб.

$$N_c = \frac{0,04 \cdot 7000}{64 \cdot 15} = 1 \text{ шт}$$

Отже, приймаємо один скальператор типу А1-БЗО-100.

## 4.4 Опис технологічної схеми

Технологічну схему роботи елеватора будують по принципу послідовної обробки зерна в потоці від моменту його приймання і до завантаження в силоса для зберігання. Якщо продуктивність технологічних машин нижче продуктивності транспортного обладнання, машини оснащують оперативними бункерами до і після технологічної обробки зерна. Завдяки цьому забезпечується безперервність обробки зерна, а також всіх інших операцій. Оперативні бункера обов'язкові в тому випадку, якщо коефіцієнт використання обладнання змінюється за часом.

Схема руху зерна повинна включати кількісний і якісний облік, що досягається встановленням ваг і приладами відбору проб зерна для подальшого його аналізу. Ваги зазвичай розташовують у верхній частині робочого приміщення, використовуючи максимально принцип самопливу, щоб зерно, яке переміщується зважувалось в ході виконання кожної операції.

Основними складовими частинами елеватора є:

1. Робоча башта, в якій розміщуються транспортери, норії, аспіраційне обладнання, а також підсобні приміщення;
2. Силосний корпус, який призначений для довготривалого зберігання зерна;
3. Автомобілерозвантажувач, з устроями для розвантаження зерна;
4. Зерносушарка для доведення вологості зерна до рівня, коли воно може зберігатися тривалий термін без погіршення якості, чи рівня, зумовленого спеціальними вимогами.

Технологічна схема розроблена за принципом послідовної обробки зерна в потоці від моменту його приймання до завантаження в силоси на зберігання.

Схема руху зерна на елеваторі включає в себе наступні операції:

- Зважування автотранспорту та його розвантаження або надходження зерна з поліетиленових мішків за допомогою пневмоперевантажувача.
- Попереднє та основне очищення зерна.
- Сушіння вологого та сирого зерна.
- Розміщення на зберігання в силоси.
- Відпуск на комбикормовий завод.

Приймання зерна здійснюється за допомогою автомобілерозвантажувачів. Зерно з приймального бункера транспортерами передається до норії, яка піднімає зерно до верхнього поверху, де воно зважується на автоматичних вагах і поступає в надсепараторні бункери. Зерно також може зберігатися в герметичних поліетиленових рукавах і подаватися за допомогою пневмоперевантажувача і ланцюгового конвеєру на елеватор для очищення і наступної подачі на комбикормовий завод. Попередня очистка зерна здійснюється скальператорами А1-БЗО, а основна – повітряно-ситовим сепаратором БСХ-100. Відходи, що відбираються в процесі очистки та аспірації, направляються в спеціальні бункери відповідно до категорії.

Очищене зерно направляється в підсепараторні бункера. Потім, залежно від потреби, зерно може відвантажуватись на комбикормовий завод, або розміщуватись в силоси на зберігання за допомогою стрічкових транспортерів, які передають зерно до силосів. Для доведення зерна до необхідної вологості застосовується зерносушарка GDB-XN 2/10-R.

На елеватор для очищення і наступного подання на комбикормовий завод надходить зерно з авторозвантажувача та зерно, яке зберігається в герметичних поліетиленових мішках. Зерно з герметичних мішків за допомогою пневмоперевантажувача подається на ланцюговий конвеєр ТСЦ-50 а далі на норію Н-100 і на очищення.

При встановленні зерносушарки по середині силосного корпусу відбувається значна економія електроенергії та прискорення проведення операції сушіння, зв'язок між силосами та сушаркою здійснюється за допомогою норій, транспортерів підсилосних і надсилосних, а також самопливів.

Відділення для сушіння зерна розміщується так, що проведення операції сушіння не перешкоджатиме проведенню операцій приймання та очищення зернової сировини, що дає можливість включати в технологічний процес обробки зерна, операцію сушіння, за необхідності, не припиняючи інших операцій.

## **4.5 Охорона праці**

### **Законодавство по охороні праці**

Заходи по охороні праці на підприємстві проводять на основі закону “ Про охорону праці ” в Україні.

Закон України “ Про охорону праці ” визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров’я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів, відносини між власником підприємства , установи і організації або уповноваженим органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Служба охорони праці вирішує такі завдання:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- професійна підготовка і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганда безпечних методів праці;
- вибір оптимальних режимів праці й відпочинку працівників;
- професійний добір виконавців для визначних видів робіт.

Фінансування заходів по ОП на підприємстві здійснюється за рахунок відрахування 0.2 % від фонду оплати праці підприємства. Робітник не несе ніяких витрат на заходи по охороні праці. Підприємство відраховує кошти на поліпшення безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і комплексних заходів, що опрацьовуються і реалізуються безпосередньо на підприємствах, в установах, організаціях. Фінансування заходів по ОП проводяться ще й за рахунок штрафів та спонсорської допомоги.

### **Інструктажі**

Положення про навчання, інструктажі та перевірку знань працівників підприємства з питань ОП розроблено відповідно до Закону “Про охорону праці” та постанови Кабінету Міністрів України від 27 січня 1998 року № 64 “Про заходи щодо виконання Закону України “Про охорону праці”. Згідно даного положення

працівники допускаються до самостійної роботи після вступного інструктажу, навчання, первинного інструктажу на робочому місці, стажування і набуття навичок безпечних методів праці.

Всі інструктажі з ОП за характером і часом проведення поділяються на: ввідний, первинний, періодичний, позаплановий і цільовий.

Ввідний інструктаж з ОП проводиться з усіма працівниками які приймаються на роботу, учнями та студентами, які прибули для проходження практики. Цей інструктаж проводить інженер з ОП для робітників і головний інженер – для спеціалістів.

Первинний інструктаж проводить майстер чи начальник цеху на робочому місці з новоприйнятим працівником, що переводиться з одного робочого місця на інше, відрядженим працівником, який бере участь у виробничому процесі.

Періодичний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: для робіт з підвищеною небезпекою один раз на 3 місяці, для всіх інших – один раз на півріччя.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті з приводу певних змін чи доповнень до нормативних актів по ОП; при зміні технологічного процесу, або порушенні працівниками нормативних актів, а також коли на підприємстві відбувся нещасний випадок.

Цільовий інструктаж проводиться при виконанні разових робіт, що не пов'язані з безпосередніми обов'язками за фахом, ліквідації аварії, екскурсій на підприємство.

### **Запиленість та загазованість**

Технологічні процеси супроводжуються виділенням різних шкідливих відходів у виробничі приміщення — надлишкових теплоти, вологи, шкідливих газів і пилу. Це несприятливо позначається на мікрокліматі й санітарно-гігієнічному стані цехів підприємств, сприяючи виникненню небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що впливають на працюючим. Підвищені вологість і запиленість погіршують режим експлуатації й скорочують термін служби технологічного устаткування й будівельних конструкцій. Серйозною

проблемою на підприємствах галузі є висока вибухо- і пожежобезпека, причинами якої стають значні неорганізовані пиленадходження органічних горючих речовин і виникнення пожежо- та вибухонебезпечних пилеповітряних сумішей.

Однак основною шкідливістю, що виділяється при переробці зерна, залишається органічний пил використовуваної сировини, проміжних продуктів і готової продукції. Процеси навантаження, вивантаження й транспортування сировини, його обробка, складування й зберігання супроводжуються значними пиловиділеннями, що приводить при недостатньо ефективній вентиляції до запиленості повітря у виробничих приміщеннях, набагато перевищуючої безпечної концентрації. При підвищенні ГДК пилу (не більше  $6 \text{ мг/м}^3$ ) може виникнути вибух, а також це може призвести до професійних захворювань робітників. Для максимально можливого зменшення концентрації пилу в робочих приміщеннях робиться вологе прибирання також все обладнання оснащено аспіраційними установками.

На елеваторах зерно проходить технологічні операції приймання, очищення, сушіння, відпуску, освіження, піддаючись багаторазовому переміщенню транспортними механізмами, самопливом по місцях, у системах пневмотранспорту. Тертя зерна об стінки встаткування й трубопроводів приводить до стирання оболонок зерна й виникненню органічного й мінерального пилу, що утвориться через засмічування зерна при збиранні й транспортуванні різними неорганічними домішками

Збільшенню пиленадходжень сприяють як недостатня герметизація обладнання, так і неефективна робота аспіраційних систем і вентиляції в цілому. Навіть при гарній роботі аспірації в повітрі присутній пил продукту, що переробляється. ГДК зернового пилу -  $4 \text{ мг/м}^3$ , борошняного пилу -  $6 \text{ мг/м}^3$ . В окремих зонах виробничих приміщень і при аварійних ситуаціях концентрація пилу в повітрі може перевищувати нормативні значення й підвищуватися до вибухонебезпечних концентрацій.

Пил зернопереробних підприємств представляє пожежо- й вибухонебезпечність; вітаюча в повітрі — вибухонебезпечна, що осіла на

будівельні конструкції й обладнання — пожежонебезпечна. Вибухонебезпечні концентрації можуть утворюватися в технологічному й транспортному обладнанні, у силосах і бункерах, у трактах аспіраційних систем і пневмотранспорту, у пилевловлюваному обладнанні. Вибухонебезпечність пилу залежить від вмісту в ній органічних і мінеральних речовин, від дисперсності й вологості. При збільшенні вмісту мінеральних домішок, зольності пилу підвищується значення НКПРП (нижня концентраційна межа поширення полум'я), тому що мінеральний пил, введений у вибухонебезпечну пилеповітряну суміш, діє як флегматизуюча добавка на процеси запалення й горіння.

На можливість запалення пилу великий вплив робить вміст у ній води. Пил з підвищеною вологістю вимагає значної кількості теплоти на випаровування рідини, що знижує можливість запалення.

По пожежо- і вибухонебезпечності пил класифікується на дві групи й чотири класи:

Група А — НКПРП 65 г/м<sup>3</sup>:

I клас — НКПРП до 15 г/м<sup>3</sup> (пил кормової мучки, пшеничних висівок);

II клас — вибухонебезпечний пил із НКПРП від 16 до 65 г/м<sup>3</sup> (пил комбікормів, пшеничного, ячмінного, вівсяного, горохового, трав'яного, хвойного борошна).

Група Б — НКПРП понад 65 г/м<sup>3</sup>:

III клас — найбільше пожежонебезпечний пил з температурою самозапалювання до 250 °С (елеваторний пил);

IV клас — пожежонебезпечний пил з температурою самозапалювання більше 250 °С (вугільний і деревний пил).

Виділення шкідливих газів та палива не спостерігається.

Для забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці в зерноочисному відділенні використовують аспіраційну систему, що працює по схемі витяжної вентиляції. Повітря з приміщення відсмоктується через аспіраційне обладнання, транспортні механізми, очищуються в пилевідділювачі та відводяться в атмосферу.

### **Шум і вібрація**

На елеваторі переважає механічний шум. Джерелом шуму та вібрації є: електродвигуни, вентилятори та всі зерноочисні машини.

Щоб запобігти шуму передбачаються такі заходи:

- звукоізоляція за рахунок різних конструкцій чи спеціальних пристроїв;
- повітрорудувні машини та вентилятори високого тиску, встановлені в окремому звукоізольованому приміщенні;
- віброізоляція використовується для зниження вібрації за рахунок сталевих пружин, прокладок з пружинних матеріалів (резина, войлок).

Виробничий шум у зерноочисному відділенні створюється вентиляторами, фактичний рівень шуму 75 дБ при допустимому 80 дБ.

Вібрація серед всіх видів механічних впливів для технічних об'єктів найбільш небезпечна. Напруження, викликані вібрацією, сприяють накопиченню пошкоджень у матеріалах, появі тріщин та руйнуванню. Найчастіше і досить швидко руйнування об'єкта настає при вібраційних впливах за умов резонансу. Вібрації викликають також і відмови машин, приладів.

За способом передачі на тіло людини вібрацію поділяють на загальну, яка передається через опорні поверхні на тіло людини, та локальну, яка передається через рухи людини. У виробничих умовах часто зустрічаються випадки комбінованого впливу вібрації — загальної та локальної.

### **Освітлення**

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому, тому освітлення виробничих приміщень повинно забезпечувати добру видимість та мінімальне стомлення зору і безпеку праці.

У виробничих, адміністративних та допоміжних приміщеннях елеватора застосовується бокове природне та загальне штучне освітлення. На території заводу передбачено штучне охоронне освітлення. Для робочого освітлення у виробничих приміщеннях застосовуються люмінесцентні лампи, для охоронного освітлення лампи розжарювання. Інтенсивність робочого та охоронного освітлення

не менше 75 лк. Крім того на заводі передбачено аварійне освітлення (інтенсивність не менше 5 лк), яке використовується у аварійних ситуаціях. Світильники аварійного освітлення вмикаються автоматично.

На підприємстві передбачено також евакуаційне освітлення в основних проходах та сходових клітинах для евакуації персоналу у надзвичайних ситуаціях. Інтенсивність даного освітлення 2 лк.

Передбачено встановлення біля кожного пожежного гідранта світильника – покажчика на висоті не менше 2,5 м від нього.

### **Електробезпека**

Електробезпека — система організаційних і технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля і статичної електрики (ГОСТ 12.1.009-76.ССБТ. Электро-безопасность. Термины и определения).

Наведене визначення включає 4 фактори. Два із них (електричний струм і електрична дуга) належать до безпосередньо небезпечних. Електротравма – травма, спричинена дією на організм людини електричного струму і (або) електричної дуги (ГОСТ 12.1.009-76).

Для запобігання травматизму при експлуатації електродвигунів все обладнання заземлюється. Для цього в усіх виробничих приміщеннях прокладається заземлюючий контур, до якого приєднуються всі корпуси електропристроїв, металеві основи, на яких встановлено обладнання, пускову апаратуру. Дозволений опір заземлюючих пристроїв 4 Ом. До колективних заходів відносяться: запобігання дії електричного струму; занулення, захист відключення і різні огорожі. Персонал, що забезпечує електропристрої забезпечується індивідуальними засобами захисту, прогумованими рукавицями, гумовими килимками, спеціальними інструментами.

В зерночисному відділенні існує небезпека накопичення заряду статичної електрики в результаті тертя часточок зернового пилу об стінки трубопроводів під час транспортування.

Для передбачення накопичення заряду та його відводу використовують штучне підвищення електропровідності матеріалів; заземлення обладнання; штучне очищення повітря від сторонніх домішок (часточок).

На підприємстві передбачається захист від ураження блискавкою. Устрій блискавко-захисту починається із заземлення, тому що незаземлений струмопровід збільшує небезпеку ураження блискавкою. Блискавковідвід складається з блискавко-приймача, струмовідводу і заземлення. Виробничі приміщення по типу блискавко-захисту поділяються на три категорії в залежності від класу приміщень по вибухо- та пожежонебезпеці.

### **Вентиляція**

Для створення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці виробничі приміщення обладнані припливно-витяжною вентиляцією. Це механічна система за допомогою якої чисте повітря подається в приміщення механічним способом і виводиться забруднене.

Природна вентиляція дозволяє підтримувати нормальні умови мікроклімату. Також передбачена аварійна система вентиляції.

### **Пожежна безпека**

Приміщення елеватора відноситься по вибухонебезпеці до категорії Б. В зв'язку із змінами нормативних документів, зокрема умов які пред'являються до приміщень категорії Б виконується комплекс заходів по забезпеченню вибухопожежної безпеки.

- Побутові приміщення виносяться за межі елеватора. На звільнених площадках розміщуються технологічне і сантехнічне обладнання.

- Зі всіх приміщень передбачено не менше двох евакуаційних виходів.

- Виробничі приміщення відділяються від сходової клітини тамбур-шлюзами, з постійним підпором повітря 20 Па. Двері тамбур-шлюзів – вогнестійкі з обладнанням, приладами для самозакривання.

- Двері – зовнішні, які виходять на пожежно-евакуаційні сходи, повинні з середини відкриватися ключем, зовні без ключа. Двері вогнестійкі.

Органічний пил, що виділяється в зерноочисному відділенні являє собою велику небезпеку, так при визначених умовах він призводить до вибуху.

Джерелом загорання пилеповітряних сумішей є:

- електродуга, факел газового пальника або інших вогняних робіт;
- розжарені елементи поверхонь конструкцій;
- розряди статичної електрики.

Загорання сумішей може призвести як при допоміжних виробничих операцій, так і при проведенні основних технологічних процесів.

Засоби для запобігання вибухів та пожеж:

- автоблокування приводів груп машин;
- засоби зв'язку;
- вільний доступ до обладнання;
- датчик рівня заповнення бункерів;
- герметичність обладнання;
- аспірація мережі - забезпечення вибухорозрядниками.

### **Побутові приміщення**

Всі побутові приміщення повинні відповідати санітарним нормам та нормам мікроклімату. Вони поділяються на загальні та спеціальні. До загальних санітарно-побутових приміщень відносять: їдальні, гардероби, душеві, санвузли та ін. Для медичного обслуговування на території підприємства передбачаються медичні пункти. Висота приміщень не менше 2.6 м, температура повітря в побутових приміщеннях 19-25 °С, відносна вологість не більше 75%, а швидкість не більше 0.2 м/с.

### **Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання**

1. Приводні паси і шківи всього обладнання та електродвигунів огорожуються як із зовнішньої так і внутрішньої сторони .

2. Обладнання підключають до електромережі тільки після випробувань ізоляції та перевірки електроапаратури.

3. При роботі сепаратора та скальператора заборонено ставати на ситові кузова, або на машину для нагляду. При зношенні тросів підвіски кузова > 5 % їх

заміняють. Перед пуском перевіряють наявність і справність всіх механізмів, потім перевіряють роботу на холостому ході.

4. При дистанційному пуску обладнання після звукового сигналу потрібно відійти на безпечну відстань.

5. Перед початком роботи все обладнання перевіряють на холостому ході. При виявленні під час роботи невластивого шуму або вібрації машину необхідно відразу зупинити.

6. Ремонтні роботи потрібно виконувати при вимкненому обладнанні.

7. Зачищення силосів проводиться в спеціальному оснащенні. Спускають у силос для їх зачистки – тільки з дозволу головного інженера та інженера по ТБ.

### **Висновки**

1. На основі даних, отриманих в результаті досліджень, нами було збільшено виробничу потужність і ємність елеватору за рахунок інноваційного рішення - зберігання зерна в поліетиленових рукавах на території підприємства.

2. На техніко - економічних розрахунків, можна констатувати, що дане нововведення є економічно ефективним і термін окупності становить 2 роки і 2 місяці, а прибуток внаслідок впровадження у виробництво складає 316,22 тис. грн.

3. Досліджено умови на підприємстві, за яких забезпечується ефективно і безпечно виробництво. Визначено заходи.

## **РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТА БЕЗПЕЧНІСТЮ**

### **5.1. Відомості про принципи НАССР у зернопереробній галузі**

Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» визначає обов'язок операторів ринку розробляти, впроваджувати в дію та виконувати постійно діючі процедури, в основу яких покладено принципи аналізу небезпечних чинників та їх контролю у критичних точках.

Не можна вважати, що система НАССР потрібна лише виробникам харчових продуктів, так у ст. 21 цього Закону України є певні виключення, одне із таких, це те що застосування системи НАССР не поширюється на операторів ринку, що здійснюють первинне виробництво (вирощування та виробництво продукції, збір врожаю, доїння ВРХ, розведення тварин до моменту забою, полювання на тварин, рибальство та збір врожаю дикорослих рослин), а також транспортування, зберігання та обробку первинної продукції в місці пер винного виробництва тощо.

Тому, система НАССР повинна бути запроваджена у ресторанних закладах, закладах громадського харчування, роздрібної та гуртової торгівлі, на підприємствах та харчових виробництвах, об'єктах зі зберігання чи транспортування харчових та кормових продуктів тощо.

Система НАССР включає всі потенційні ризики, які можуть впливати на безпечність харчової продукції (фізичні, біологічні, хімічні та алергени), наявність яких за часту пов'язана із природою походження харчового продукту, зовнішніми факторами впливу навколишнього середовища або порушенням технологічного процесу виробництва. Система НАССР розробляється для контролю безпечності харчових продуктів та може бути впроваджена з іншими системами управління якістю.

Ефективність системи НАССР базується на надійних підґрунтях, такі як попередні програми або системи, належні виробничі практики [ 4].

Система НАССР покликана контролювати небезпечні чинники, а не реагувати на їх виникнення. Вона не знижує ризики, які виникають внаслідок впливу небезпечних факторів, а розробляється для зменшення ризику від потенційних небезпечних чинників у харчових та кормових продуктах. Система НАССР зосереджена на етапах виробництва продукції. Дає змогу пояснити

наявність небезпечних чинників у харчовому продукті або у технологічному процесі виробництва, і на якому етапі це може статися.

Для виконання логічної послідовності розроблення та впровадження системи НАССР існує 12 кроків що базуються на 7 принципах (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Послідовність системи НАССР

12 кроків системи НАССР		7 принципів системи НАССР	
№ п/п	Кроки системи НАССР	№ п/п	Принципи системи НАССР
1	Створення групи НАССР	-	-
2	Опис продукту	-	-
3	Визначення передбачуваного способу споживання продукту	-	-
4	Розроблення блок-схеми технологічного процесу	-	-
5	Перевірка блок-схеми технологічного процесу	-	-
6	Аналіз небезпечних чинників	1	Аналіз небезпечних чинників
7	Визначення критичних контрольних точок	2	Визначення критичних контрольних точок
8	Установлення критичних меж	3	Установлення критичних меж
9	Установлення процедур моніторингу	4	Установлення процедур моніторингу
10	Коригувальні дії	5	Коригувальні дії
11	Верифікація (перевірка)	6	Верифікація (перевірка)
12	Документування	7	Документування

### Крок 1. Створення групи НАССР

Перший крок передбачає нараду керівництва та фахівців підприємства, які володіють конкретними знаннями про технологічний процес, мають практичний досвід, досконало знають сировину та продукцію. Створити групу системи

НАССР, до якої можуть бути залучені зовнішні фахівці та консультанти. Створена група НАССР відповідає за розроблення плану НАССР.

### **Крок 2. Опис продукту**

Для аналізу небезпечних чинників, необхідно підготувати детальний опис готового продукту, який повинен містити повну інформацію, щодо його безпечності. Якщо продукти несуттєво відрізняються за характеристиками, то допускається в одному описі групувати декілька категорій харчових продуктів, але інформація стосовно безпечності кожної позиції повинна бути представлена окремо. Цей документ повинен актуальним.

### **Крок 3. Визначення способу використання продукту**

Група НАССР визначає правильний спосіб використання харчового продукту. Наявна інформація про подальше використання продукту, додаткова обробка, споживання в наявному вигляді визначає аналізу небезпек. Відсутність оброблення харчового продукту споживачем, підвищує міру відповідальності виробника. Цільова група споживачів, наприклад дітей та осіб похилого віку, підвищує відповідальність виробника.

### **Крок 4. Розроблення блок-схеми технологічного процесу**

Блок-схему технологічного процесу розробляє створена група НАССР, яка дає чіткий опис усіх етапів виробництва харчової продукції. Як правило, це графічне зображення усіх етапів виробництва, від приймання сировини до пакування, відвантаження та реалізації готового продукту. Блок-схема може розроблятися на кожен харчовий продукт або для групи продуктів.

### **Крок 5. Перевірка блок-схеми**

Щоб підтвердити правильність розроблення блок-схеми, група НАССР повинна перевірити її безпосередньо на підприємстві у технологічному процесі. При виявленні некоректного відображення послідовності технологічних операцій слід внести зміни до блок-схеми та ще раз її перевірити.

### **Крок 6. Аналіз небезпечних чинників. (Принцип 1)**

Аналіз небезпечних чинників та їх ефективне виявлення є базою для розроблення плану НАССР. Тут може бути застосовано так званий «мозковий

штурм», оснований на баченні небезпек харчового продукту або його виробництві, кожного із членів групи НАССР. Після виявлення усіх небезпек проводиться аналіз, для встановлення ризиків пов'язаних із зазначеною небезпекою. Під час аналізу обов'язково враховують заходи контролю для запобігання виникненню ризику, для зменшення до відповідного рівня, та на якому етапі можна усунути небезпечний фактор.

### **Крок 7. Визначення критичних контрольних точок. (Принцип 2)**

На даному етапі розроблення системи НАССР визначають точки (місця), які необхідно контролювати, щоб усунути небезпечні чинники або звести до мінімуму можливість їх виникнення. Для цього застосовують так зване «дерево рішень» – визначають послідовність питань, які допомагають визначити критичні контрольні точки.

### **Крок 8. Установлення критичних меж. (Принцип 3)**

Критичні межі повинні бути встановлені для кожної критичної контрольної точки, тобто показники, крайні прийнятні значення, які розмежовують випуск безпечного харчового продукту від небезпечного.

### **Крок 9. Встановлення процедур моніторингу. (Принцип 4)**

Система моніторингу (контролю) повинна бути розроблена для кожної критичної контрольної точки з встановленою періодичністю контролю та відповідальної особи.

### **Крок 10. Коригувальні дії. (Принцип 5)**

Коригувальні дії для кожної критичної контрольної точки, розробляє група НАССР, які застосовуються, за наявності відхилення від критичних меж та базуються на даних моніторингу.

### **Крок 11. Верифікація (перевірка). (Принцип 6)**

Даний крок передбачає перевірку та підтвердження, що система НАССР працює ефективно та правильно. Валідація є елементом верифікації.

### **Крок 12. Документування. (Принцип 7)**

Система НАССР передбачає процедуру ведення документації та записів, яка відповідає особливостям технологічного процесу, розміру потужності і надає можливість учасника ринку перевіряти роботу заходів із контролю, які передбачені системою НАССР.

## **5.2. Організація робочої групи НАССР**

Першим завданням при розробленні системи НАССР є створення робочої групи, досвід, знання та навички якої повинні повністю забезпечити повне розуміння технологічного процесу, вставлення всіх можливих небезпечних факторів і критичних точок контролю (КТК), розроблення плану НАССР, запровадження та підтримання системи НАССР [4].

До складу робочої групи залучаються з фахівців різного профілю - виробництво, лабораторні дослідження, забезпечення якості, інспекційний контроль, промислова санітарія та інженерне забезпечення.

Робоча група повинна бути сформована таким чином, що забезпечувала поєднання теоретичного досвіду та практичних вмінь, так як вона збиратиме, групуватиме й оцінюватиме технічні дані та виявлятиме небезпечні чинники і встановлюватиме критичні точки контролю. На підприємствах малої потужності ці функції може виконувати одна особа. При цьому можуть виникнути умови залучення зовнішніх фахівців, консультантів або радників.

До складу робочої група повинні входити фахівці, безпосередньо залучений до провадження технологічних операцій, так як вони краще знають конкретні ситуації та обмеження операцій. Робоча група НАССР може включати незалежних експертів для оцінки певних питань або обмежених сфер - це може бути експерт із ризиків для здоров'я населення, пов'язаних із харчовою продукцією або технологічними процесами. Але під час розроблення плану НАССР повністю покладатися на зовнішні ресурси не рекомендується, щоб уникнути недостатньої підтримки з боку персоналу підприємства. Склад робочої групи має бути оптимальний і становити не більше п'яти осіб, а для деяких етапів, тимчасово

можна розширити робочу групу за рахунок персоналу з маркетингового, науково-дослідного, проектного або фінансового відділів.

Підготовчий етап розроблення плану НАССР.

Робоча група включає координатора (керівника), на якого покладено такі функції:

- забезпечує, щоб склад робочої групи відповідав сфері застосування та потребам дослідження;
- у разі потреби вносить зміни до складу робочої групи;
- забезпечує розроблення, впровадження та підтримку системи НАССР;
- контролює дотримання плану робіт;
- координує види робіт та відповідальність за їх виконання;
- до виконавців доводить рішення групи;
- контролює дотримання системного підходу;
- контролює дотримання сфери дослідження;
- головує на засіданнях робочої групи;
- представляє робочу групу керівництву підприємства;
- звітує за використані групою ресурси.

При формуванні робочої групи, координатор повинен орієнтуватися на:

- фахівців, що залучатимуться до ідентифікації небезпек;
- фахівців, що залучатимуться до визначення критичних точок контролю;
- фахівців, що здійснюватимуть моніторинг у критичних точках контролю;
- фахівців, що перевірятимуть операції у критичних точках контролю;
- фахівців, що перевірятимуть зразки та виконуватимуть процедури перевірки.

Засідання робочої групи організовує технічний секретар, проводить реєстрацію членів групи, веде протоколи рішень. Виконувати функції технічного секретаря може один із членів робочої групи.

До роботи групи залучається персонал, який ґрунтовно розуміє та знає:

- технологію та обладнання;
- практичні аспекти виробництва харчових продуктів;
- технологію процесу та послідовність виконання технологічних операцій;

- методи та принципи харчової мікробіології;
- принципи та методики НАССР;
- нормативну та технічну документацію на продукцію.

### **5.3.Інформація про продукт**

Після створення групи НАССР, наступним етапом є опис сировини, готової продукції та пакувальних матеріалів. Опис продукту повинен мати інформацію, щодо безпечності, назву, склад, фізико-хімічні характеристики та структуру, хімічні та мікробіологічні показники, спосіб обробки, спосіб пакування, маркування, умови та терміни зберігання, спосіб транспортування і реалізації, дані про споживачів або специфічну групу споживачів (для загального вжитку, харчування для спортсменів, для дітей або осіб похилого віку), спосіб використання.

### **5.4.Інформація про виробництво обраного продукту**

Блок-схема технологічного процесу, складена робочою групою НАССР повинна висвітлювати усі етапи технологічного процесу та контролю за потужністю - від надходження сировини, допоміжних матеріалів для виробництва харчових продуктів, предметів які контактують з продуктами, до постачання готової продукції споживачам, включаючи їх підготовку, виробництво, пакування, транспортування та зберігання.

Блок-схеми технологічних процесів є базою для оцінки небезпечних чинників виробництва харчових продуктів. Вони повинні містити наступну інформацію:

- взаємозв'язок і послідовність усіх етапів технологічного процесу виробництва;
- етапи та стадії введення сировини, допоміжних матеріалів в технологічний процес;
- переробку або повторне використання сировини та готової продукції, в тому числі циклів повернення;

- етапи випуску та вилучення готових, проміжних та побічних продуктів або відходів;
- стадії процесу, які передані в субпідряд;
- стадії можливого забруднення сировини або готової продукції паливно-мастильними речовинами.

Схематичне представлення блок-схеми у вигляді блоків або символів описує етапи технологічного процесу виробництва та реалізації готової продукції. Опис технологічного процесу повинен бути чітким, простим та повним, а блок-схема доступною, щоб усі учасники могли швидко зрозуміти суть технологічного процесу та етапи виробництва.

Блок-схеми технологічних процесів повинні верифікуватись, шляхом перевірки на місці (у виробничих умовах) не рідше як один раз на рік, з врахуванням того хто перевіряв, коли, в які зміни – денні чи нічні, в які дні – робочі чи вихідні тощо.

Блок-схема елеватора наведена на рис. 1.

Точність блок-схеми має важливе значення для проведення аналізу небезпечних чинників, врахування усіх етапів та повноту відображення їх у блок-схемі, перевіряють у виробничих умовах порівнюючи із наявною фактичною ситуацією. При виявленні невідповідностей або не прогнозованих ситуацій, блок-схема доповнюється або вносяться зміни які оформляються документально.

### **5.5. Опис блок-схеми технологічного процесу**

Зернова сировина на елеватор поступає на підприємство автомобільним транспортом. Авто-розвантажувальний пристрій в схемі комплексу не передбачено. Із завальної ями зерно забирається транспортером, швидкість подачі регулюється за допомогою ручних засувок ЗР1-ЗР4. З транспортера зерно подається на норію Н4, а далі по заданому маршруту.

Через клапан КП1, зерно направляється на очисну машину СБ-1, або транспортер КЛЗ для накопичення сирого зерна на хопер ХП1.

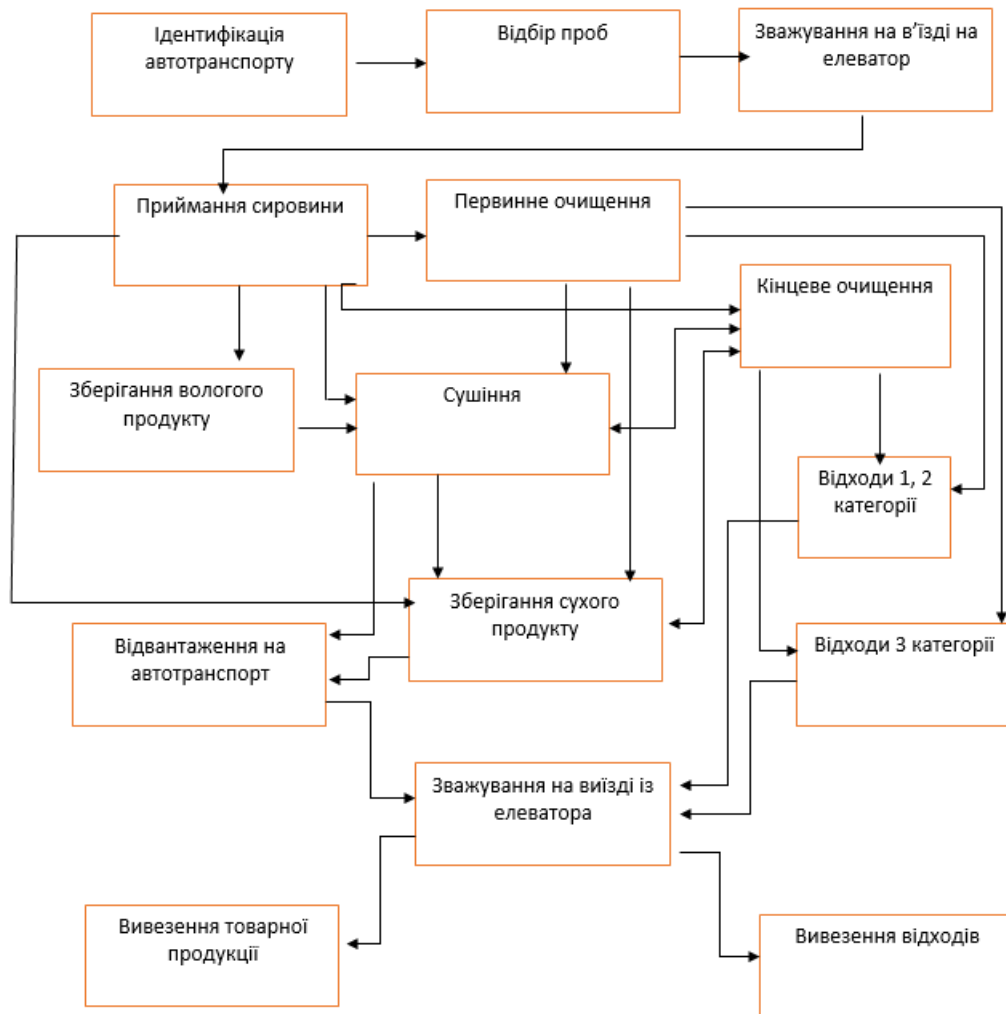


Рисунок 5.1 - Блок схема технологічного процесу елеватора

На очисній машині СБ1 зерно сепарується, виділені відходи направляють в бункери відповідних категорій. Чисте зерно, через клапан КП5, надходить або на норію Н2, або на клапан КП6.

З хопера сирого зерна ХП1, зерно подається на транспортер КЛ4, а після на норію Н3 або Н5. Норія Н3 забезпечує подачу зерно на зерносушарку СГ1, після на транспортер КЛ5 та КЛ6, через клапан КП8, на норію Н3 або Н4.

Норія Н4 забезпечує подачу зерно на клапан КП9, з якого на відвантаження в хопер ХП5 або клапан КП10 та на сушарку і далі на транспортер КЛ7, з якого зерно можна подати на хопери готової продукції ХП2-ХП4 а потім на транспортер КЛ8. З транспортера КЛ8, за допомогою засувок ЗК8 та ЗК9, зерно можна подати на норію Н3 та на сушарку або на норію Н5, на клапан КП11 або на клапан КП12, або на зерноочисну машину. Через клапан КП12 зерно направляється в хопер відвантаження ХП5 або в завальну яму.



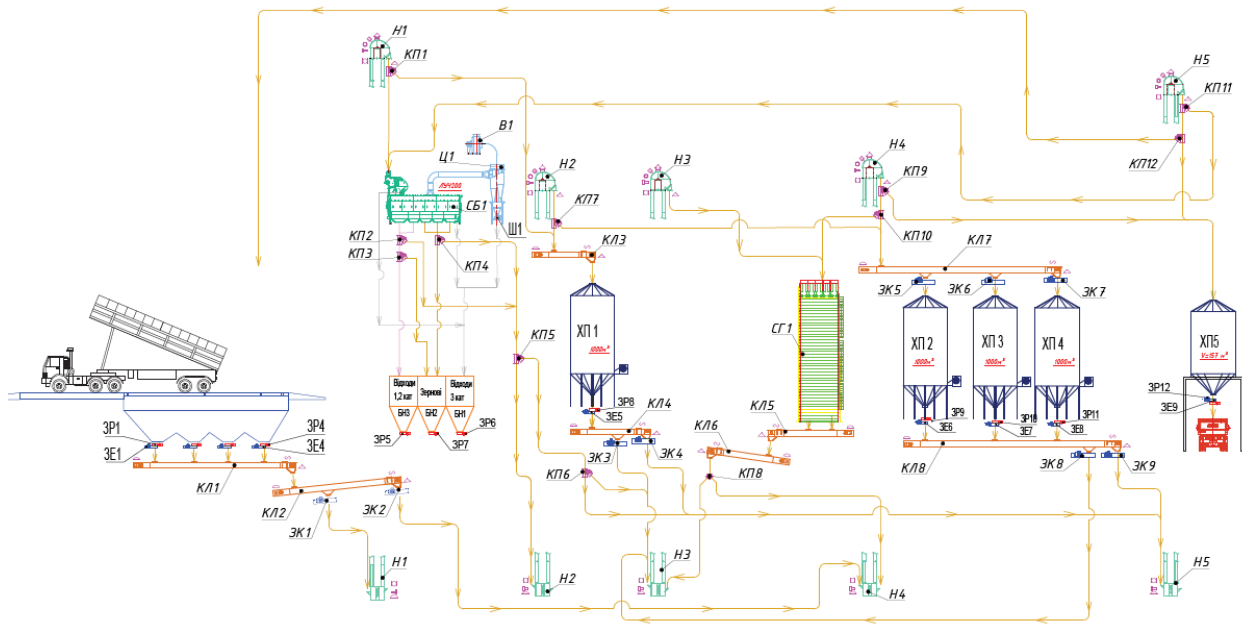


Рисунок 5.3 – Технологічна схема елеватора

### 5.6. Аналіз ризиків при виробництві обраного продукту

Аналіз небезпечних факторів включає моніторинг питань безпеки та питань якості продукції враховує розгляд можливих запобіжних заходів, при наявності, що можуть бути застосовані до кожного фактору. Всі прийняті рішення щодо аналізу ризиків обов'язково оформляються документально, незалежно включено даний фактор до Таблиці аналізу або відхилений через низьку ймовірність. Встановлення небезпечних чинників в сировині та матеріалах на підставі аналізу ДСТУ, оформлюється за встановленою формою, наведеною у табл. 5.2., види небезпечних факторів – табл. 5.3.

Таблиця 5.2 Ідентифікація небезпечних чинників в сировині та матеріалах

Сировина	Нормативний документ	Небезпечні чинники		
		біологічні (Б)	хімічні (Х)	фізичні (Ф)

Зерно пшениці	ДСТУ 3768:2019	- шкідники - гриби - дріжджі	- мікотоксини - залишки ЗЗР - мастильні та паливні матеріали	- рештки обладнання - мінеральна домішка
Зерно сої	ДСТУ 4964:2008	- шкідники - гриби - дріжджі	- мікотоксини - залишки ЗЗР - мастильні та паливні матеріали	- рештки обладнання - мінеральна домішка

Таблиця 5.3 Види небезпечних факторів

Вид небезпечного фактора	Причини появи	Контрольні заходи
Біологічні: шкідники	Зараженість з поля, зараженість обладнання, неналежні умови обробки та зберігання	Лабораторний контроль при прийманні, зберіганні та відвантаженні
Біологічні: дріжджі, гриби	Неналежні умови зберігання, несприятливі умови при вирощуванні	Лабораторний контроль при прийманні, зберіганні та відвантаженні
Хімічні: мікотоксини	Неналежні умови зберігання	Контроль при зберіганні та відвантаженні
Хімічні: залишки ЗЗР	Неналежне використання	Лабораторний контроль
Фізичні: рештки обладнання	Неналежне обслуговування	Лабораторний контроль при прийманні та відвантаженні
Фізичні: мінеральна домішка	Не належна робота обладнання при роботі в полі, не якісне очищення автотранспорту	Лабораторний контроль при прийманні

У табл. 5.4. наведено аналіз потенційних небезпек на усіх етапах технологічного процесу.

Таблиця 5.4 - Аналіз потенційних небезпек

Етап технологічного процесу	Шифр безпеки (Б - біологічна, Х - хімічна, Ф - фізична)	Опис безпеки	Запобіжні дії
Приймання	Б	Зараженість	Контроль наявності
Приймання	Х	Залишки ЗЗР	Контроль наявності
Приймання	Ф	Рештки обладнання та мін. домішка	Контроль наявності
Очищення	Б	Зараженість	Якісне обслуговування обладнання
Очищення	Ф	Рештки обладнання, механічні частки	Якісне обслуговування обладнання
Зберігання	Х	Залишки ЗЗР	Правильний розрахунок дози ЗЗР
Зберігання	Б	Зараженість	Контроль наявності
Зберігання	Ф	Рештки обладнання, механічні частки	Якісне обслуговування обладнання

У табл. 5.5. наведено аналізу небезпечних факторів та визначення серйозності потенційних небезпек.

Для кожної критичної контрольної точки (ККТ) встановлюють критичні межі. Критичні межі – це крайні показники, які відділяють виготовлення безпечного продукту від небезпечного. Значення критичних меж базуються на встановлених даних для контролю за виробничим процесом.

Усі показники критичних меж базуються на стандартах та інструкціях, наукових та експериментальних дослідженнях, на досвіді експертів.

Таблиця 5.5 - Підсумкова таблиця аналізу небезпечних факторів

Етап	Небезпечний фактор	Джерело	Імовірність	Серйозність	Значущість	Контроль, заходи управління
Приймання	Зараженість	Шкідники в зерні	0,3	1	0,3	Лабораторний контроль
Приймання	Залишки ЗЗР	ЗЗР	0,3	3	0,9	Лабораторний контроль
Очистка	Зараженість	Шкідники в зерні	0,3	1	0,3	Лабораторний контроль, належне обслуговування обладнання
Очистка	Рештки обладнання	Не коректно працююче обладнання	0,3	1	0,3	Контроль обладнання в роботі, належне обслуговування
Зберігання	Залишки ЗЗР	ЗЗР	0,3	3	0,9	Лабораторний контроль, належне налаштування обладнання
Зберігання	Зараженість	Шкідники в зерні	0,3	1	0,3	Лабораторний контроль, активне вентилування, переміщення, очистка, обробка ЗЗР

При встановленні критичних меж, до уваги беруть робочу похибку контрольно-вимірювальних приладів, що застосовані для проведення моніторингу.

Основними критеріями визначення критичних є:

- вимоги законодавства;
- рекомендації галузі;
- настанови щодо належних практик виробництва та гігієни;
- встановлені вимоги робочою групою НАССР на основі власних спостережень та досліджень ( надається валідація, як підтвердження, що дані значення дійсно є критичними межами).

Якщо проведений аналіз свідчить про недостатній контроль на ККТ і спостерігається наближення до порушення критичних меж, фахівці повинні вжити

усіх необхідних заходів, щоб повернути під контроль ККТ, поки ще не порушені критичні межі.

Вчасне виявлення порушень та запровадження відповідних заходів може врятувати від доробки продукт або від його знищення. Коли перевищується критична межа лише тоді вимагається проведення коригувальних дій.

Робочі межі встановлюють:

- для забезпечення якості;
- для уникнення перевищення критичної межі;
- для врахування відхилень параметрів залежно від особливостей роботи технологічного обладнання.

Критичні межі можуть бути якісними або кількісними. Але вони завжди повинні бути виражені в конкретних величинах, а не в діапазонах.

- Біологічний небезпечний фактор (Б): біологічне забруднення ззовні або розвиток у процесі виробництва або зберігання, можливий розвиток патогенної мікрофлори.

- Хімічний небезпечний фактор (Х): потрапляння ззовні хімічних речовин з сировиною або допоміжним матеріалом, продуктів розпаду будь-яких з хімічних сполук пестицидів, гербіцидів, токсичних речовин, допоміжних матеріалів, які використовуються у виробництві;

- Фізичний небезпечний фактор (Ф): попадання в харчову або кормову продукцію сторонніх предметів - скло, деревина, метал тощо.

Таблиця 5.6 - Виявлення критичних контрольних точок

Етап	Небезпечний фактор	Значущість	Питання1	Питання2	Питання3	Питання4	Чи є ККТ?
Приймання	Б Х Ф	0.6	так	ні	так	ні	Так ККТ 1
Очистка	Ф Б	0.2	так	ні	ні	так	Ні ККТ ПП 1
Сушіння	Ф Б	0.6	так	ні	ні	так	Ні ККТ ОПП2

Зберігання	Б	0.6	так	ні	ні	так	Так ККТ 2
Доробка	Ф Б	0.2	так	ні	ні	так	Ні ККТ ПП 3
Відпуск	Ф	0.6	так	ні	ні	так	Так ККТ 3

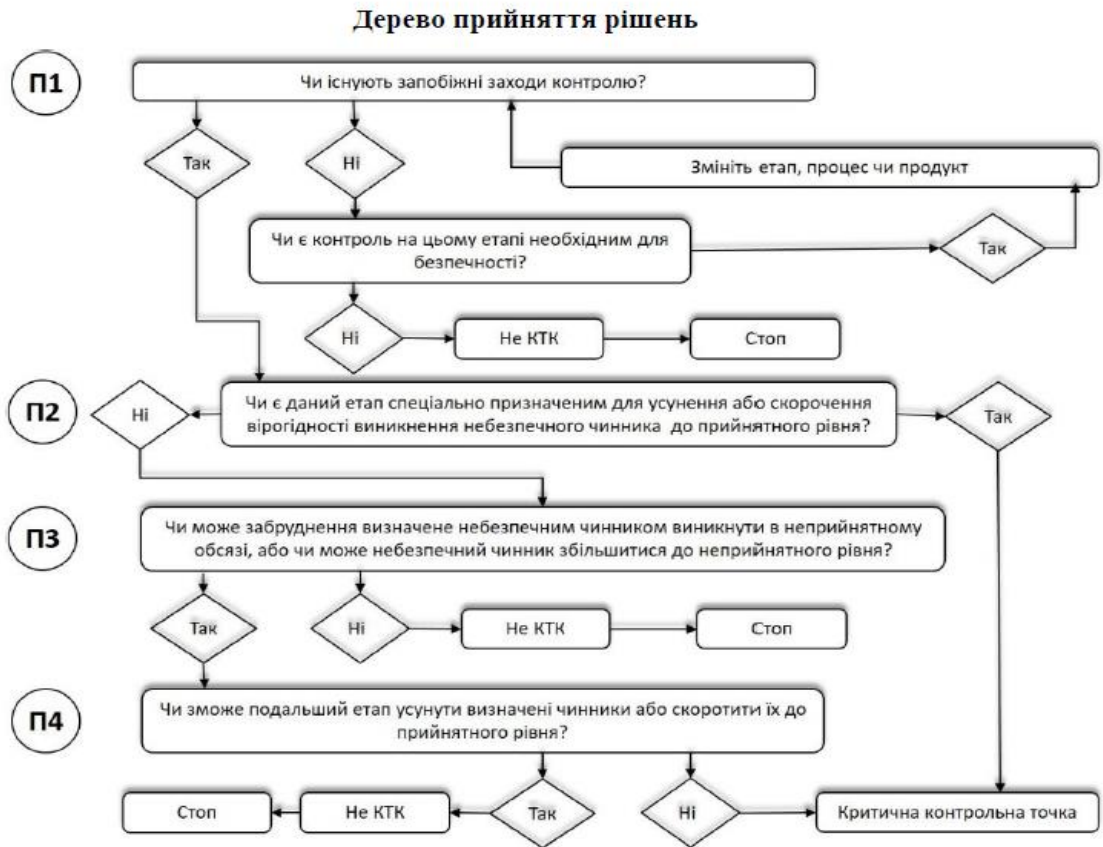


Рис. 5.4 - Діаграма «Дерева прийняття рішень»

Таблиця 5.7 - Специфікація критичних меж для кожної ККТ

№ ККТ	Потенційні ризики	Характеристики небезпечних чинників	Граничне значення ККТ
ККТ 1	Б	мікробіологічні	Згідно з ДСТУ
	Х	радіонукліди, важкі метали, та інші	Згідно з ДСТУ
	Ф	сторонні фізичні предмети	Згідно з ДСТУ
ККТ 2	Б	мікробіологічні	Згідно з ДСТУ
ККТ 3	Ф	сторонні фізичні предмети	Згідно з ДСТУ

Таблиця 5.8- Специфікація критичних меж для кожної ОПП

№ ОПП	Потенційні ризики	Характеристики небезпечних чинників	Граничне значення ОПП
ОПП 1	Ф	сторонні предмети, домішки	Згідно з ДСТУ
	Б	мікробіологічні	Згідно з ДСТУ
ОПП 2	Ф	сторонні предмети, домішки	Згідно з ДСТУ
	Б	мікробіологічні	Згідно з ДСТУ
ОПП 3	Ф	сторонні фізичні предмети	Згідно з ДСТУ
	Б	мікробіологічні	Згідно з ДСТУ

### 5.7 Оформлення плану НАССР для виробництва безпечного продукту

При запровадження системи безпеки на харчовому підприємстві основним документом є план – НАССР, який розробляється відповідно до принципів НАССР та забезпечує систему контролю небезпечних факторів, що є визначальними для харчових продуктів на певному етапі технологічного ланцюга. План – НАССР формує створена та затверджена робоча група НАССР. Проект план НАССР подано в Додатку 3.

### 5.8 Висновки до розділу 5

1. В даній кваліфікаційній роботі проведено аналіз небезпечних чинників та розроблено план - НАССР для підприємства по зберіганню зерна.

2. Аналіз можливих небезпек та ризиків в харчовій промисловості, починаючи з перших кроків виробництва, а саме первинна доробка та зберігання зерна є фундаментом для подальшого виробництва високоякісної продукції.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного літературного огляду друкованих та інтернет джерел, теоретичних та експериментальних досліджень з'ясовано основні закономірності протікання процесу зберігання зерна кукурудзи з вологістю 14,4 % та 18,2 % в герметичних умовах.

2. Найбільш інтенсивні зміни показників якості зерна відбуваються в зразках, що зберігаються при сталій кімнатній температурі, найменший характер зміни спостерігався в зразках, що зберігались при сталій мінімальній температурі (4-6 °C) та в умовах природного навколишнього середовища під відкритим небом. Таким чином можна рекомендувати зберігати зерно в поліетиленових рукавах без значного погіршення його якісних показників в умовах природного навколишнього середовища.

3. Досліджено процес дихання зерна і характер зміни концентрації газу міжзернового простору. Найбільш інтенсивно процес дихання проходить в зразках з вологістю 18,2 % при температурі 18-20 °C. Концентрація вуглекислого газу в дослідних зразках за 210 діб зберігання зростає від 0,04 % до 4,8 % та до 17,8 % відповідно у зразках, вологістю 14,4 % та 18,2 %.

4. На основі аналізу отриманих даних рекомендовано зберігати зерно кукурудзи з вологістю 14,6 та 18,4 % протягом 210 та 180 діб відповідно без помітної втрати якості зерна

5. Досліджено процес зміни газового складу міжзернового простору кукурудзи, а також вплив ряду фізичних факторів на інтенсивність дихання зерна. Було встановлено, що на проходження процесу дихання визначальне значення справляє вологість зерна та температура навколишнього середовища.

6. Проаналізувавши зміну біохімічних властивостей зерна було встановлено, що зміна показників натури, масової частки білка, крохмалю та цукрів знаходиться різниться незначно для різних умов зберігання.

7. Встановлено, що герметичні умови зберігання не погіршують насінневі властивості зерна з часом, тому можна рекомендувати зберігати зерно насінневого призначення в поліетиленових рукавах.

8. Внаслідок зберігання зерна кукурудзи в безкисневому середовищі протягом 210 діб не спостерігається тенденції до погіршення мікробіологічних показників зерна, що свідчить позитивний вплив герметичних умов зберігання на інтенсивність мікробіологічного забруднення.

9. З'ясовано, що герметичні умови негативно впливають на розвиток і життєдіяльність шкідників, що є очевидною перевагою методу. Повної загибелі шкідників для досліджуваних умов зберігання можна досягти за 60 діб.

10. Здійснено математичну обробку результатів досліджень, отримано математичну модель процесу зберігання та коефіцієнт кореляції.

11. Розроблено проект по використанню поліетиленових мішків в промислових умовах з метою збільшення ємностей для зберігання зерна.

12. Розрахунок техніко-економічних показників провадження інноваційної технології у виробництво показує, що проект є ефективним, так як його термін окупності становить 2 роки і 2 місяці, прибуток від реалізації складає 316,22 тис. грн., тобто застосування поліетиленових мішків в промислових умовах є доцільним і економічно вигідним.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови»: К.: Держспоживстандарт України, 2006.
2. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. – К. : АК «Хліб України», 1997. – 72 с.
3. Шпаар Д. Кукурудза: вирощування, зберігання та використання. підручник / Д.Шпаар – Київ : Альфа-Стевія, 2009. – 390 с.
4. Шаповаленко О.І. Технологія та проектування елеваторів: підручник / О.І Шаповаленко, О.О. Євтушенко, Т.І. Янюк, - НУХТ. — Херсон : ОЛДІ-плюс, 2015. — 416 с.
3. Грегірчак Н. М. Мікробіологія харчових виробництв: Лабораторний практикум . К: НУХТ, 2009.-302с.
4. Ткаченко А.С. Впровадження системи НАССР для операторів харчових продуктів : Практичний посібник / А. С. Ткаченко, Ю. О. Басова, О. О. Горячова, Л. М. Губа, Н. М. Катеренчук – Полтава : ПУЕТ, 2020. – 138 с.
5. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології: Підручник/За ред. К.М. Ситника, - 2-ге вид., допов. і переробл.- К.:Вища шк.,2004.-382 с.:іл.
6. Осокіна Н.М. Якість та облік зерна за приймання, оброблення і зберігання/Осокіна Н.М., Мостов'як І.І., Герасимчук О.П. – Умань: 2021.– 456 с.
7. Станкевич, Г. М. Сушіння зерна : підручник для студентів закладів вищої освіти, які навчаються за спец. "Технологія зберігання і переробки зерна" та працівників зернової галузі. / Г. М. Станкевич, Т. В. Страхова, А. В. Борта. — Вид. 2-ге, перероб і допов. — Одеса : КП ОМД, 2021. — 248 с.
8. Шаповаленко О.І. Сушіння та зберігання зерна : підручник / О.І Шаповаленко, О.О. Євтушенко, Т.І. Янюк, Р.С. Рибчинський. - НУХТ. — Херсон : ОЛДІ-плюс, 2019. — 396 с.
9. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф., Вендичанський В.Н., Литвиненко А.М., Іваненко О.В. Основи охорони праці.-К.:Основа,-2000.-416 с.

10. Гапонюк О. І. Активне вентилявання та сушіння зерна [Текст] : навч. посіб. / О. І. Гапонюк, М. В. Остапчук, Г. М. Станкевич, І. І. Гапонюк. - Одеса : ВМВ, 2014. - 326 с.

11. Капрельянц, Л. В., Пилипенко, Л. Н., Егорова, А. В., та ін. Микробиологія пищевих производств: учебное пособие: Херсон: ФОП Гринь Д. С., 2016. 478с.

12. Козак, О. А., Грищенко, О. Ю. Розвиток зернової галузі України на сучасному етапі. Економіка АПК. 2016. No. 1. С. 38–47.

13. Дяченко, Ю. А. Світовий ринок кукурудзи та місце України в ньому. Молодий вчений. 2018. Vol. 1, No. 2. С. 390–393.

14. Осокіна, Н. М., Костецька, К. В. Технологічні властивості зерна гібридів кукурудзи. Наукові праці НУХТ. 2016. Vol. 22, No. 6. С. 195–205.

15. Liu, K., Rosentrater, K. A. Distillers Grains: Production, Properties, and Utilization: CRC Press, 2016. 564с.

16. Кирпа, М. Я., Скотар, С. О., Рева, Л. І. Крупність насіння кукурудзи та техніко-економічне значення цієї ознаки в технологіях сепарування: Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. 2012.

17. Рибчинський, Р. С. Аналіз типового та сортового складу кукурудзи, що вирощується в Україні. Наукові праці ОНАХТ. 2020. Vol. 84, No. 1. С. 99–99.

18. Шаповаленко, О. І., Рибчинський, Р. С., Кустов, І. О. Технологічна характеристика зерна кукурудзи. Наукові праці ОНАХТ. 2019. Vol. 83, No. 2. С. 39–43.

19. Hoon, T. Physical changes in maize (*Zea mays* L.) grains during postharvest drying: PhD Thesis, Massey University, 2000. 220с.

20. <http://www.Buklib.net>.

21. <http://www.minagro.gov.ua>

22. <http://www.uaportal.com>

23. [http:// www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)

# ДОДАТКИ

