

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

**Інститут (факультет)** Навчально-науковий інститут харчових технологій  
**Кафедра** технології зберігання і переробки зерна

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту (декан факультету)  
Оксана КОЧУБЕЙ-  
ЛИТВИНЕНТКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

**«До захисту допущено»**  
В.о. завідувача кафедри  
Тетяна ЯНЮК.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 181«Харчові технології»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Технології зберігання і переробки зерна

на тему: Дослідження впливу процесів первинної обробки зерна на його зберігання

Виконав: здобувач 2\_курсу, групи ТЗ-2-6М Кокуріна Владислава Віталіївна  
(прізвище та ініціали)

Керівник Олена СУПРУН-КРЕСТОВА  
(прізвище та ініціали)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ-2024р.

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

“ ” 2024 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

**Кокуріна Владислава Віталіївна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу процесів первинної обробки зерна на його зберігання

керівник роботи Супрун-Крестова Олена Юріївна доц., к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від “07” 10 2024 року № 882-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 10 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: зерно кукурудзи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Розділ 1. Аналітична частина. Огляд науково-технічної літератури, Розділ 2. Об'єкти і методи дослідження процесів сушки, очищення та зберігання зерна кукурудзи, Розділ 3. Експериментальна частина, Розділ 4. Технологічний процес підготовки зерна кукурудзи до зберігання, Розділ 5. Соціально-економічна ефективність, висновки, список використаної літератури. Висновки. Список використаних джерел. Додаток А, Додаток В, Додаток С.

5. Перелік графічного матеріалу



## АНОТАЦІЯ

**КОКУРИНА В.В.** Дослідження впливу процесів первинної обробки зерна на його зберігання. Рукопис – 2024.

Кваліфікаційна робота зі спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології зберігання і переробки зерна», Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню особливостей процесів сушіння та очищення зерна кукурудзи та їх впливу на якість і збереженість зерна при тривалому зберіганні. В роботі досліджено основні фізичні, геометричні та технологічні властивості зерна кукурудзи, які відіграють важливу роль у визначенні оптимальних параметрів переробки та зберігання.

Особливу увагу приділено аналізу сучасного обладнання, що використовується для сушіння та очищення зерна, включаючи його ефективність, вплив на пошкодження зерна та інші аспекти, що впливають на якість продукції. Також розглянуто нормативно-правову базу, що регулює зберігання та підготовку кукурудзи в аграрному секторі.

В експериментальній частині були проведені дослідження на основі партій кукурудзи, а також зазначено фактори, які впливають на зберігання кукурудзи, таких як вологість матеріалу, температура сушіння, відсоток пошкодження зерна та якість очищення. На основі результатів досліджень розроблено практичні рекомендації щодо оптимізації процесу переробки та зберігання кукурудзи та проведено оцінку соціально-економічної ефективності впровадження передових технологій в аграрному секторі.

Отримані результати будуть корисними для агровиробників та технічних фахівців, які займаються зберіганням зерна, підвищенням якості продукції та зменшенням втрат при зберіганні.

Робота виконувалась на кафедрі технології зберігання і переробки зерна Національного університету харчових технологій та в промислових умовах

підприємства СТОВ “Придніпровський край”. Усі дослідження було проведено відповідно до діючої нормативної документації.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА:** 125 с. 30 рис. 31 табл. 39 формул, 78 джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** зерно, кукурудза, сушіння, очистка, зберігання, сушарка, експеримент, травмування зерна, , сировина, обладнання, економічна ефективність, НАССР.

## ANNOTATION

**KOKURINA V.V.** Study of the influence of primary grain processing processes on its storage. Manuscript – 2024.

Qualification work in specialty 181 “Food Technologies” of the educational and professional program “Grain Storage and Processing Technologies”, National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2024.

Qualification work is devoted to the study of the features of the processes of drying and cleaning corn grain and their influence on the quality and safety of grain during long-term storage. The work investigates the main physical, geometric and technological properties of corn grain, which play an important role in determining the optimal processing and storage parameters.

Special attention is paid to the analysis of modern equipment used for drying and cleaning grain, including its efficiency, impact on grain damage and other aspects affecting product quality. The regulatory framework regulating the storage and preparation of corn in the agricultural sector is also considered.

In the experimental part, studies were conducted on the basis of corn batches, and factors affecting corn storage, such as material moisture, drying temperature, percentage of grain damage and cleaning quality, were also indicated.

Based on the research results, practical recommendations were developed for optimizing the corn processing and storage process and an assessment of the socio-

economic efficiency of implementing advanced technologies in the agricultural sector was carried out.

The results obtained will be useful for agricultural producers and technical specialists involved in grain storage, improving product quality and reducing storage losses.

The work was carried out at the Department of Grain Storage and Processing Technology of the National University of Food Technologies and in industrial conditions of the enterprise STOV “Prydniprovskiyi Krai”. All studies were conducted in accordance with current regulatory documentation.

**EXPLANATORY NOTE:** 125 p. 30 fig. 21 tab. 39 formulas, 78 sources.

**KEYWORDS:** grain, corn, drying, cleaning, storage, dryer, experiment, grain injury, , raw materials, equipment, economic efficiency, HACCP.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>ANNOTATION .....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>9</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>13</b>
1.1 Фізичні та технологічні властивості зерна кукурудзи .....	13
1.1.1 Геометричні властивості зерна кукурудзи .....	13
1.1.2 Технологічна характеристика зерна кукурудзи.....	15
1.2 Фізична сутність процесів підготовки зерна до зберігання .....	26
1.3 Технологічне обладнання, що використовується для підготовки зерна кукурудзи до зберігання .....	28
1.4 Нормативно-правові документи, які регулюють сушку, очистку та зберігання зерна кукурудзи.....	34
Висновки до розділу 1 .....	36
<b>РОЗДІЛ 2. Об'єкти і методи дослідження процесів сушіння, очищення та зберігання зерна кукурудзи .....</b>	<b>37</b>
2.1 Методи дослідження вологості зерна кукурудзи .....	37
2.2 Методика визначення крохмалю, жиру, білку та домішок в зерні кукурудзи .....	41
2.3 Визначення параметрів сушки зерна кукурудзи в зерносушильці GSI ...	47
Висновки до розділу 2 .....	51
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>52</b>

<b>РОЗІДЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПІДГОТОВКИ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ДО ЗБЕРІГАННЯ.....</b>	<b>61</b>
4.1 Характеристика сировини та підприємства .....	61
4.2 Дослідження ступеню травмування зерна кукурудзи у виробничих умовах.....	62
4.3 Види кукурудзи та вимоги до різних класів.....	63
4.4 Розрахунок і підбір обладнання для приймання і відпуску зерна кукурудзи .....	66
4.4.1 Розрахунок кількості зерна кукурудзи в заліковій масі .....	66
4.4.2 Розрахунок кількості зерна кукурудзи в фізичній масі .....	68
4.4.3 Приймання та відпуск зерна з автомобільного транспорту .....	68
4.4.4 Розрахунок вагового устаткування .....	71
4.5 Розрахунок і підбір обладнання для очищення зерна кукурудзи .....	73
4.6 Розрахунок і підбір сушарок.....	75
4.7 Розрахунок і підбір норій та транспортерів .....	79
4.8 Розрахунок місткостей для зберігання зерна кукурудзи .....	86
Висновки до розділу 4 .....	89
<b>РОЗІДЛ 5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАССР .....</b>	<b>90</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>108</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>110</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>120</b>
<b>ДОДАТОК В.....</b>	<b>121</b>
<b>ДОДАТОК С.....</b>	<b>123</b>

## ВСТУП

Сільське господарство України відіграє важливу роль в економіці країни і відповідає за значну частину продовольчого забезпечення та експорту країни. Завдяки сприятливому клімату та родючим ґрунтам Україна входить в ТОП-10 країн-виробників та експортерів зернових, переважно пшениці, ячменю та кукурудзи.

Кукурудза є особливо важливою культурою, яка широко використовується не тільки для задоволення продовольчих потреб, а й для промислових цілей, включаючи виробництво кормів, біопалива та різних харчових продуктів.

Значення кукурудзи в сільському господарстві важко переоцінити. Високоврожайна кукурудза є одним з основних джерел доходу для українських фермерів та стратегічним продуктом у міжнародній торгівлі. У той же час, зростаючі вимоги до якості зерна збільшили потребу в дослідженнях, спрямованих на вдосконалення методів переробки та зберігання кукурудзи. Сушіння та очищення зерна є важливим етапом перед зберіганням і має значний вплив на кінцеву якість продукту.

Дослідження технічних процесів, пов'язаних зі зберіганням кукурудзи, є важливим аспектом підвищення ефективності сільськогосподарського сектору в Україні. Правильне сушіння та очищення може запобігти втратам при зберіганні та зменшити ризик розвитку грибків, а також забезпечити стабільну якість та високий попит на українське зерно на міжнародних ринках.

Тому дослідження процесу підготовки до тривалого зберігання кукурудзи є важливим напрямом, який може сприяти підвищенню конкурентоспроможності українського зерна та зміцненню позицій України як важливого постачальника сільськогосподарської продукції.

**Актуальність роботи.** Зберігання зерна кукурудзи є важливим завданням у сільському господарстві. Це пов'язано з тим, що воно визначає якість, поживну цінність і придатність зерна для подальшого використання.

Наявність вологи та домішок у зерні під час зберігання може призвести до швидкого псування та розвитку патогенів, що негативно впливає на товарний вигляд продукту.

Удосконалення процесів сушіння та очищення може зменшити втрати, подовжити термін зберігання зерна та покращити його поживні властивості. Це обґрунтовує необхідність детального вивчення таких процесів для забезпечення ефективного зберігання зерна кукурудзи.

**Мета роботи.** Дослідити вплив процесів первинної обробки зерна на ефективність подальшого зберігання зерна кукурудзи та визначити оптимальні параметри цих процесів для отримання високої якості продукції під час зберігання.

Під час підготовки роботи та виконання поставленої мети нами виконано наступні **завдання**:

1. Провести огляд літератури та дослідження геометричних і технічних властивостей зерна кукурудзи, що впливають на процес підготовки до зберігання.
2. Описати всі етапи підготовки, включаючи очищення та сушіння, та проаналізувати їх вплив на якість зерна.
3. Проаналізувати обладнання, що використовується для очищення, сушіння та зберігання кукурудзи, та оцінити його відповідність найсучаснішим вимогам.
4. Вивчити нормативні документи, що регулюють процеси сушіння, миття та зберігання кукурудзи в Україні та за кордоном.
5. Провести експериментальні дослідження для визначення взаємозв'язку між властивостями зерна та якістю зберігання, а також дослідити ступінь пошкодження зерна під впливом виробничих умов, температури зберігання та інших параметрів, що впливають на збереження якості.

6. Надати рекомендації щодо вдосконалення процесів сушки, очистки та зберігання зерна кукурудзи на основі результатів експериментальних даних.

7. Розрахувати і обрати відповідне обладнання для приймання, очищення, сушіння, транспортування і зберігання зерна кукурудзи.

8. Визначити економічні та соціальні вигоди від впровадження покращених технологій підготовки та зберігання кукурудзи в українському аграрному секторі.

**Об'єкт дослідження:** процеси первинної обробки зерна кукурудзи на його зберігання.

**Предмет дослідження:** зерно кукурудзи.

**Методи досліджень:** аналітичні, статистичні, фізико-хімічні, органолептичні, технологічні, загально прийняті.

**Наукова новизна:** у роботі здійснено комплексне дослідження впливу параметрів сушки і очищення на процес тривалого зберігання зерна кукурудзи, що дозволяє удосконалити технологічні аспекти підготовки зерна до зберігання.

**Практичне значення:** отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технології зберігання зерна кукурудзи, підвищення ефективності виробництва і зниження втрат у період зберігання. Це дозволить агропромисловим підприємствам зменшити витрати на обробку зерна, підвищити його якість і тривалість зберігання.

**Особистий внесок здобувача.** Полягає в опрацюванні літературних джерел з обраної тематики, складанні плану проведення експериментальних досліджень, виборі методів і методик досліджень, виконанні експериментальної частини роботи, проведенні статистичної обробки отриманих даних, написанні кваліфікаційної роботи та підготовки її до захисту.

**Апробація.** Результати досліджень були апробовані на 90-тій науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді

– вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (НУХТ, 2024р.)  
Кокуріна В, Супрун-Крестова О. Аналіз якості зерна кукурудзи, вирощеного у  
Полтавській області у 2023 році. *Наукові здобутки молоді – вирішенню  
проблем харчування людства у XXI столітті* : 90-та Міжнар. наук. конф.  
молодих уч., аспірантів і студентів, м. Київ, 11 квіт. 2024 р. Київ, 2024. С. 157.

**Структура роботи.** Робота складається з п'яти розділів, дев'ятнадцяти  
підрозділів, висновків та списку бібліографічних джерел з 78 найменувань, у  
роботі налічується 30 рисунків та 31 таблиця.

Загальний обсяг роботи – 125 сторінок.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Фізичні та технологічні властивості зерна кукурудзи

### 1.1.1 Геометричні властивості зерна кукурудзи

Фізичні та технологічні властивості зернової маси напряму залежать від характеристик окремих зерен, перш за все геометричними.

Різні зерна і насіння мають різну форму. В межах однієї культури зерна можуть мати різну форму в залежності від виду, сорту та виповненості. Важливими показниками зерна є його розміри: довжина, ширина і товщина.

Ці показники мають важливе технологічне значення для зберігання та переробки зерна.

Розміри зернин можуть визначатись двома способами: безпосереднім вимірюванням за допомогою мікрометра або методом ситового аналізу. Другий метод передбачає просіювання зерна через набір сит з отворами різного розміру та форми і є більш швидким.

На рис. 1.1 представлені форма та характерні розміри зерна кукурудзи.



Рис. 1.1. Характерні розміри зерна кукурудзи

В таблиці 1.1 представлений діапазон розмірів зерна кукурудзи різних сортів.

Таблиця 1.1 – Діапазон розмірів зерна кукурудзи

Культура	Розміри, мм		
Кукурудза	довжина	ширина	товщина
	5,5–13,5	5,0–11,5	2,5–8,0

До характеристик зерна відносять також такі параметри як площа поверхні зерна та сферичність.

Для обчислення площі поверхні зерна кукурудзи застосовують формулу виду:

$$S = \pi \cdot R' \cdot \left( R' + \sqrt{l^2 + (R')^2} \right) \quad (1.1)$$

де  $a, b, l$  відповідно товщина, ширина і довжина зернини;

$$R' = \frac{a-b}{\pi} + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

Показник сферичності  $\psi$  являє собою співвідношення площі рівновеликої за об'ємом кулі до площі зовнішньої поверхні зерна.

В табл. 1.2 наведені геометричні характеристики зерна кукурудзи.

Таблиця 1.2 – Геометричні характеристики зерна кукурудзи

Культура	Площа поверхні $S$ , мм <sup>2</sup>	Об'єм $V$ , мм <sup>3</sup>	Сферичність $\psi$
Кукурудза	80...145	140...260	0,55...0,80

Лінійні розміри зерна визначають його крупність. Цей показник є характеристикою якості зерна. Крупність пов'язана з хімічним складом та іншими характеристиками. Крупність може бути виражена лінійними розмірами, його об'ємом і масою 1000 зернин [2, с. 3].

Об'єм зернини кукурудзи визначається за формулою:

$$V = a \cdot b \cdot l \cdot k \quad (1.3)$$

де  $k = 0,55$  – коефіцієнт, що враховує особливості форми зерна.

Геометричні характеристики зернин визначають сукупні властивості зернової маси [1, с. 40-42].

### 1.1.2 Технологічна характеристика зерна кукурудзи

Зернова маса як фізична система складається з двох фаз:

- тверді речовини (зерно, насіння бур'янів та інших культурних рослин, мінеральні домішки тощо);
- гази (повітря в міжзерновому просторі).

Як двофазна система, зерно має багато фізичних, теплових, гігроскопічних та інших властивостей, які необхідно виявляти і враховувати при зберіганні.

*Органолептичні властивості:* блиск, колір, запах, смак.

*Фізичні властивості:* плинність, спонтанне розкладання, пористість тощо.

*Гігроскопічні властивості:* здатність поглинати і виділяти різні пари і гази.

*Теплофізичні властивості:* теплопровідність, тепло- і вологопровідність, теплоємність.

Вміле використання перерахованих вище характеристик при обробці зерна, очищенні від сторонніх домішок і зберіганні зернових мас дозволяє знизити втрати і підвищити якість будь-якої партії зерна або насіння.

Враховання фізичних властивостей зернової маси особливо важливе з точки зору:

- механізації та автоматизації процесів обробки зерна в потоці;
- при сушінні зерна;
- пневмотранспортуванні;
- при зберіганні великих партій зерна в зернових бункерах;
- властивості органічних продуктів харчування.

Сенсорні характеристики включають яскравість, колір, запах і смак. Оцінюючи ці показники, можна з високим ступенем точності визначити якість зерна [3].

*Колір і яскравість.* Зерно кожного виду і сорту має свій неповторний забарвлення, характерний для стійкого рослини. Зміна кольору і блиску зерна обумовлено несприятливими умовами при дозріванні і збиранні зерна, можливою втратою якості через порушення технічних прийомів первинної обробки і зберігання зерна.

На колір зерен можуть впливати такі кліматичні умови, як посуха на землі і в повітрі, ураження шкідниками, порушення режиму термічної сушки, самонагрівання, зберігання зерен з підвищеною вологістю. Як правило, колір змінюється хімічний склад зерна і оболонки в залежності від структури [4, с. 7].

*Запах.* Усі зерна мають запах. Слабкі та ледь відчутні запахи характерні для зернових, тоді як специфічні запахи характерні для очищених зернових. Запахи, які не є специфічними для зернових, можна розділити на дві групи: запахи сорбції та запахи розкладання.

Сорбційні запахи виникають через капілярно-пористу структуру зерна, яка дозволяє парам і газам проникати в плодове і насінневу оболонку зерна, а іноді і в ендосперм. Зерно, зібране з полів, забруднених полином, часником, коріандром та іншими рослинами, що містять ефірні олії, виділяють сорбційні запахи. При порушенні правил транспортування, первинної обробки, сушіння і зберігання зерно вбирає запахи нафтопродуктів і диму. [5].

Запахи псування викликані активними фізіологічними та мікробіологічними процесами, які відбуваються при зберіганні зерна в умовах підвищеної вологості. Зерно із запахом гниття вважається дефектним. Найпоширенішими запахами гниття є амбарний, солодовий, пліснявий і гнильний запахи.

Запах і вміст аміаку є основою для визначення ступеня псування (ступеня браку) зерна, що зберігається. Прийнято розрізняти чотири ступені дефектності зерна за ознакою запах, що представлено у табл. 1.3 [6, с. 9-10].

Таблиця 1.3 – Дефектність зерна за ознакою «запах»

Ступінь дефектності	Вміст аміаку, мг %	Вміст пророслих зерен, %	Запах	Обмеження до використання
I	5...15	≤ 3	солодовий	для продовольчих цілей
II	15...40	> 3	цвіло-затхлий	для продовольчих цілей після очищення, для технічних цілей
III	40...100		гнилісно-затхлий	для технічних цілей
IV	> 100		гнилісний	для технічних цілей

*Смак.* У звичайних зернових смак слабо виражений, переважно м'який і пряний у ефіроолійних рослин. Відхилення від нормального смаку (солодкий, гіркий і кислий) легко визначити органолептично.

Солодкість виникає під час проростання зерен і перетворення крохмалю на цукор. Проросле зерно також відрізняється від звичайного за своїми морфологічними характеристиками. У них розвинені паростки і коріння. Незрілі зерна також мають солодкий смак.

При пліснявінні відчувається кислуватий смак, який часто супроводжується затхлим запахом [7, с. 15-16].

#### Фізичні властивості зернової маси

Показник крупності та виповненості зерна визначається за масою 1000 зернин. Цей показник залежить від сорту, умов дозрівання, кліматичних умов району вирощування. Діапазон маси 1000 зерен для кукурудзи становить 50...1100 г.

Ще одним важливим технологічним показником зерна являється густина зернової маси, або натура – маса 1 л зерна вираженою в грамах. Для кукурудзи цей показник становить 700...900 Г/л. На натуру зерна впливає багато чинників, а саме форма зерна, щільність укладання, вологість, виповненість, засміченість тощо.

*Сипкість.* Під сипкістю зернової маси розуміють її здатність рухатись під дією сили тяжіння та заповнювати об'єми різної форми. Сипкість зернової маси характеризується коефіцієнтом внутрішнього та зовнішнього тертя і визначається кутом насипного схилу. Схема визначення кута насипного схилу наведена на рис. 1.2.

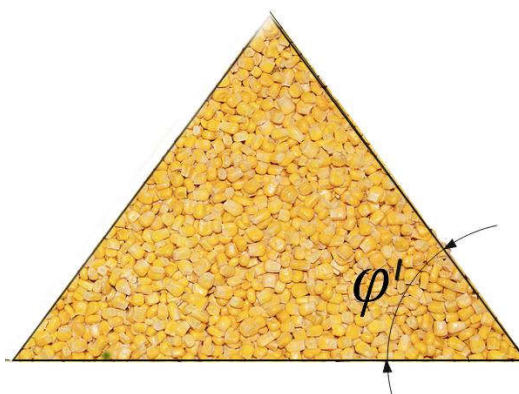


Рис. 1.2. Схема визначення кута насипного схилу  $\varphi'$

*Самосортування.* Самосортування відбувається при будь-якому переміщенні зернової маси. Цьому явищу сприяє неоднорідність зерен за формою, питомою вагою, різній парусності при русі в повітряному потоці. Найбільш виразно самосортування проявляється при завантажуванні і розвантажуванні зерносховищ [8, с. 22-23].

При цьому добре помітно, що легкі зерна або з великою парусністю скочуються по бічній поверхні конуса зернової маси на периферію. В результаті в певному об'ємі сховища утворюється неоднорідна зернова маса. Самосортування вважається негативним явищем бо сприяє утворенню зон с низькою сипкістю, в яких можливі негативні процеси в зерновій масі.

*Шпаруватість.* Простори, які утворюються між твердими частками зернової маси називаються шпарами. Шпаруватості визначається відношенням об'єму, зайнятого шпарами, до загального об'єму зернової маси.

$$S = \frac{W-V}{W} \cdot 100, \% \quad (1.4)$$

де  $W$  – загальний об'єм зернової маси,  $\text{м}^3$ ;

$V$  – дійсний об'єм твердих частинок зернової маси,  $\text{м}^3$ ;

На практиці користуються похідним показником – коефіцієнтом щільності укладання зерна, який визначається за формулою

$$K = \frac{V}{W} \quad (1.5)$$

Для кукурудзи діапазон значення коефіцієнта щільності укладання зерна складає:

$$K = 0,495 \dots 0,595$$

*Гігроскопічні властивості.* Здатність зернової маси вбирати (сорбувати) і віддавати (десорбувати) вологу, що міститься в навколишньому повітрі, визначає її гігроскопічні властивості.

Закономірності, що відображають гігроскопічні властивості зерна, лежать в основі технології зберігання, сушіння, активного вентилявання та інших операцій з обробки та догляду за зерновими масами.

Сорбційні властивості зерна обумовлені його капілярно-пористою структурою і здатністю хімічних речовин, що входять до нього, поглинати і утримувати певну кількість води. Зерно являє собою пористе тіло, пронизане мікроскопічними каналами, якими може переміщатися пароподібна волога. У зерна різних культур обсяг, який займає мікро- і макрокапіляри, становить 5...12% і більше. Внутрішня поверхня стін капілярів активна [9].

На ній є велика кількість активних центрів (ділянок), що мають вільну енергію, що забезпечує поглинання та утримання молекул води. Площа активної поверхні капілярів дуже велика. У процесі сорбції та десорбції зерно взаємодіє з повітрям атмосфери та міжзернових просторів. Спрямованість вологообміну та його інтенсивність залежать від вологості зерна та повітря. Причиною вологообміну є різниця тисків парів води в повітрі і над поверхнею зерна. Якщо є зазначений градієнт, волога із зони більшого тиску прагнучиме перейти в зону з меншим тиском. Встановлено, що таке переміщення вологи відбувається внаслідок переміщення молекул води з одного активного центру поверхні капіляра на інший тощо.

Наявність води в зерні має велике значення для технологічних процесів його обробки та зберігання.

Загальна маса зерна  $M$  складається з маси сухої речовини  $M_c$  і маси вологи  $M_B$ , що міститься в зерні, тобто

$$M = M_c + M_B \quad (1.6)$$

Вміст вологи в зерні визначають за такими показниками:

- вологість на загальну масу;
- вологість на суху речовину;
- вологовміст.

Вологість на загальну масу:

$$W^0 = \frac{M_B}{M} \cdot 100 = \frac{M_B}{M_B + M_c} \cdot 100, \% \quad (1.7)$$

Вологість на суху речовину:

$$W^c = \frac{M_B}{M_c} \cdot 100 = \frac{M_B}{M - M_B} \cdot 100, \% \quad (1.8)$$

Волога у зерні має різні форми зв'язку з його твердою речовиною. П.О.Рєбіндером запропонована класифікація усіх форм зв'язку вологи, що складають три основні групи : хімічний, фізико-хімічний, механічний.

Одним з суттєвих факторів впливу на вологість зерна є вологість навколишнього повітря [10, с. 9].

На рис. 1.3 показано експериментальну залежність вологості зерна кукурудзи від відносної вологості повітря при температурі 25...28<sup>0</sup>С.

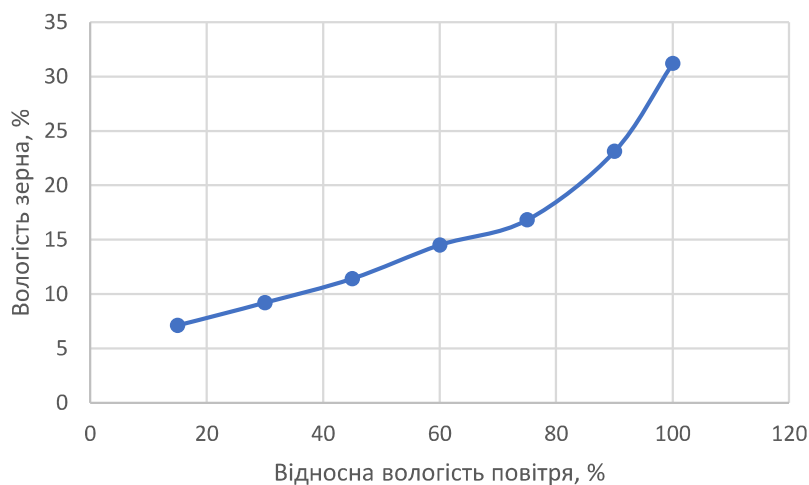


Рис. 1.3. Залежність вологості зерна кукурудзи від відносної вологості повітря при температурі 25...28<sup>0</sup>С

Разом з тим встановлено, що вплив вологи атмосферного повітря на вологість зернової маси відчувається лише у поверхневих шарах.

Наприклад, в шарах зерна, розташованих на 200..400 мм від поверхні, коливання вологості практично не відчувається ( $\leq 0,1\%$ ). Характер названої залежності наведений на рисунку 1.4.

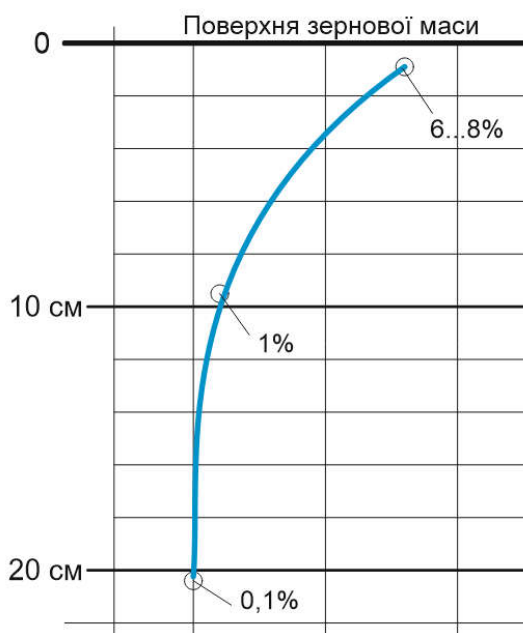


Рис. 1.4. Амплітуда зміни вологості зерна вглиб зернової маси від відносної вологості повітря

Таким чином, відносна вологість зовнішнього повітря, що безперервно змінюється, є визначальним фактором зміни вологості верхніх шарів насипу зерна. У середині зернового насипу основним фактором є волога зерна, яка визначає рівень відносної вологості повітря міжзернових просторів. Повітря всередині зернового насипу знаходиться в рівноважному стані по відношенню до вологості зерна. Це пов'язано з тим, що зерно містить у 10 000...20 000 разів більше кількості води, ніж повітря міжзернових просторів.

*Аеродинамічні властивості.* В загальному випадку аеродинамічні властивості зернової маси характеризуються коефіцієнтом аеродинамічного опору, величина якого залежить від форми та розміру зерен, стану поверхні, положення зернини в повітряному потоці та режиму повітряного потоку.

Здатність зернини чинити опір повітряному потоку називається парусністю. Для кількісної оцінки парусності частинки використовують показник «швидкість витання» [11, с. 217].

Рух зернини в повітряному потоці описується рівнянням:

$$m \frac{dV_B}{d\tau} = R - G \quad (1.9)$$

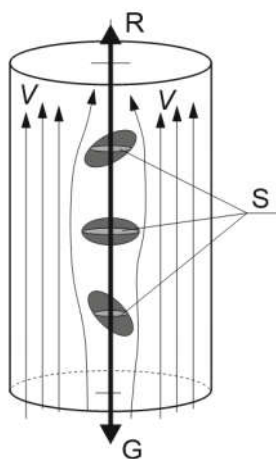
де  $m$  – маса зернини, кг;  $V_B$  – відносна швидкість зернини,  $\frac{m}{c}$ ;  $\tau$  – тривалість переміщення, с;  $R, G$  – аеродинамічна сила, сила тяжіння, кг

Відносна швидкість зернини:

$$V_B = \sqrt{\frac{G}{k \cdot \rho \cdot S}} \quad (1.10)$$

де  $k$  – коефіцієнт аеродинамічного опору зернини

В вертикальному турбулентному повітряному потоці на зернину одночасно діють сила тяжіння та аеродинамічна сила. Схема сил, що діють на частинку в повітряному потоці наведена на рис. 1.5.



$S$  – проекційна площа зернівки на перпендикулярну руху повітря площину,  $m^2$ ;  
 $R$  – аеродинамічна сила, Н;  
 $G$  – сила тяжіння, Н

Рис. 1.5. Стан частинки в повітряному потоці

У вертикальному потоці сили  $G, R$  діють в протилежних напрямках, тому можливі три стани зернини в повітряному потоці:

- $R > G$  – зернина транспортується повітряним потоком вгору;
- $R = G$  – зернина перебуває в стані витання;
- $R < G$  – зернина падає вниз.

Швидкість при якій зернина перебуває в стані витання називається швидкістю витання.

При проходженні направленою потоку повітря через шар зернової маси відбувається падіння тиску, величина якого залежить від властивостей зернової маси, параметрів повітря та характеристик ємності де знаходиться зерно. Величина зменшення тиску визначається за формулою

$$\Delta H = \lambda \cdot \frac{h}{d_{\text{екв}}} \cdot \frac{6 \cdot K \cdot \Phi}{(1-K)^3} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (1.11)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт аеродинамічного опору;

$h$  – висота зернового шару, мм;

$d_{\text{екв}}$  – еквівалентний діаметр зернин;

$K$  – щільність укладання зерна;

$\Phi$  – коефіцієнт форми зернини;

$\rho$  – густина повітря,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$V$  – швидкість повітряного потоку, м/с

Домішки до зернової маси також мають швидкість витання. В табл. 1.4 наведені швидкості витання деяких характерних домішок.

Таблиця 1.4 – Швидкості витання

Частки	Швидкість витання, м/с
Зерно кукурудзи	10...17
Щупле зерно кукурудзи	7...9
Частки бур'яну	5...9
Пил з діаметром часток $\leq 0,5$ мм (органічного походження)	до 2,6
Пил з діаметром часток $\leq 0,5$ мм (мінерального походження)	до 4,2

Явище взаємодії часток зернової маси з потоком повітря становить сутність процесу аеродинамічної сепарації, сушки та активної вентиляції.

В залежності від швидкості повітряного потоку стан шару зернової маси змінюється від щільного до псевдо розрідження.

На рис. 1.6 наведена діаграма зміни стану шару зернової маси залежно від швидкості потоку повітря [12, с. 27].

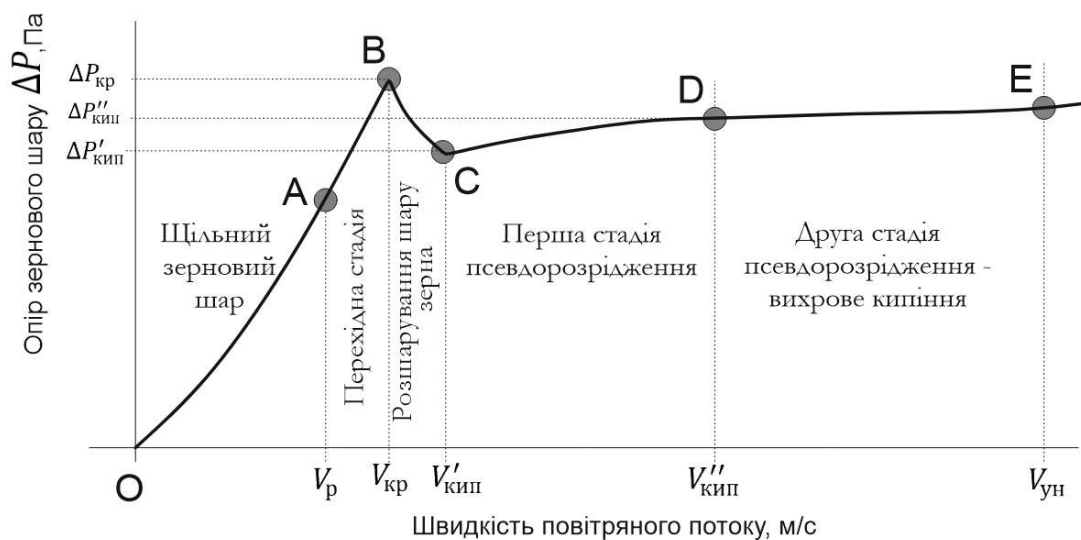


Рис. 1.6. Зміна стану шару зернової маси залежно від швидкості потоку повітря

*Теплофізичні властивості.* До теплофізичних властивостей зернових пластівців відносяться теплоємність, питома теплоємність, теплопровідність, теплопровідність і вологопровідність.

Теплофізичні властивості зернової маси мають вирішальний вплив на сушіння зерна, активну аерацію та ефективність зберігання.

Теплоємність зерна виражається кількістю тепла, необхідного для підвищення температури 1 кг зерна на 1°C. Для вологого зерна вона визначається як сума теплоємності абсолютно сухого зерна і води:

$$C_z = C_c \cdot \frac{100-W}{100} + C_v \cdot \frac{W}{100} \quad (1.12)$$

Де  $C_c$  – теплоємність сухої речовини зерна;

$C_v$  – теплоємність води;

$W$  – відносна вологість зерна.

Оскільки теплоємність води майже втричі вища за теплоємність сухої речовини зерна, теплоємність зерна зростає зі збільшенням вологості і вимагає значного збільшення витрат енергії на нагрівання.

Витрати палива на 1 кг випареної води залежать від початкової вологості зерна, і це необхідно враховувати при нагріванні та сушінні зерна.

Питома теплоємність характеризує теплофізичні властивості будь-якої речовини і чисельно дорівнює кількості теплоти яке потрібне для передати 1 кг речовини для збільшення її температури на 1<sup>0</sup>С.

В інтервалі температур від 15<sup>0</sup>С до 35<sup>0</sup>С питома теплоємність кукурудзи може бути визначена за формулою ( $W$  – відносна вологість зерна)

$$C = 0,935 + 0,051W \quad (1.13)$$

Різниця між питоною теплоємністю окремої зернини та зернової маси незначна. Питома теплоємність зернової маси має складну залежність від температури та вологості.

*Теплопровідність зернової маси* - це її здатність передавати тепло з області з вищою температурою в область з нижчою температурою; теплопровідність низька, 0,2-0,3 Вт/(м-К), через наявність пустот в зерновій масі.

*Теплопровідність* низька через наявність пустот у зерновій масі, коливається від 0,2 до 0,3 Вт/(м-К). Зі збільшенням вологості зернової маси теплопровідність зростає і теплопровідність води стає 0,5 Вт/(м-К).

*Теплопровідність* – це швидкість зміни температури зерна і його теплової інерція. Теплопровідність зерна коливається від 1,7-107 до 1,9-107 м<sup>2</sup>/с і залежить від теплопровідності, питомої теплоємності та щільності зерна. Чим вища питома теплоємність і менша щільність зерна, тим повільніше відбувається охолодження або нагрівання зернової маси [13, с. 33-34].

## 1.2 Фізична сутність процесів підготовки зерна до зберігання

Основними джерелами скупчення мікрофлори є мінеральні домішки та пошкоджені зерна. У табл. 1.5 представимо, яка кількість цвілевих грибів міститься на зерні кукурудзи, в залежності від терміну зберігання.

Таблиця 1.5 – Кількість цвілевих грибів на зерні кукурудзи в залежності від терміну зберігання.

Характеристика зерна	Тривалість зберігання, діб			
	7	10	12	14
	Кількість цвілевих грибів (КУО/Г)			
Контрольне зерно	104	186	176	300
Зерно з оболонками, пошкодженими в області ендосперму	116	192	257	456
Зерно з оболонками, пошкодженими в області зародка	379	407	389	722
Зерно тріщинувате	600	5285	9593	8293

Підготовка зерна до зберігання включає два основних технологічних процеси: сушки та очищення. Додаткової обробки підлягає зерно, при виробництві насіння, а саме сортування, хімічної обробки та фасування. Технологічна схема підготовки зерна до зберігання наведена на рис. 1.7.

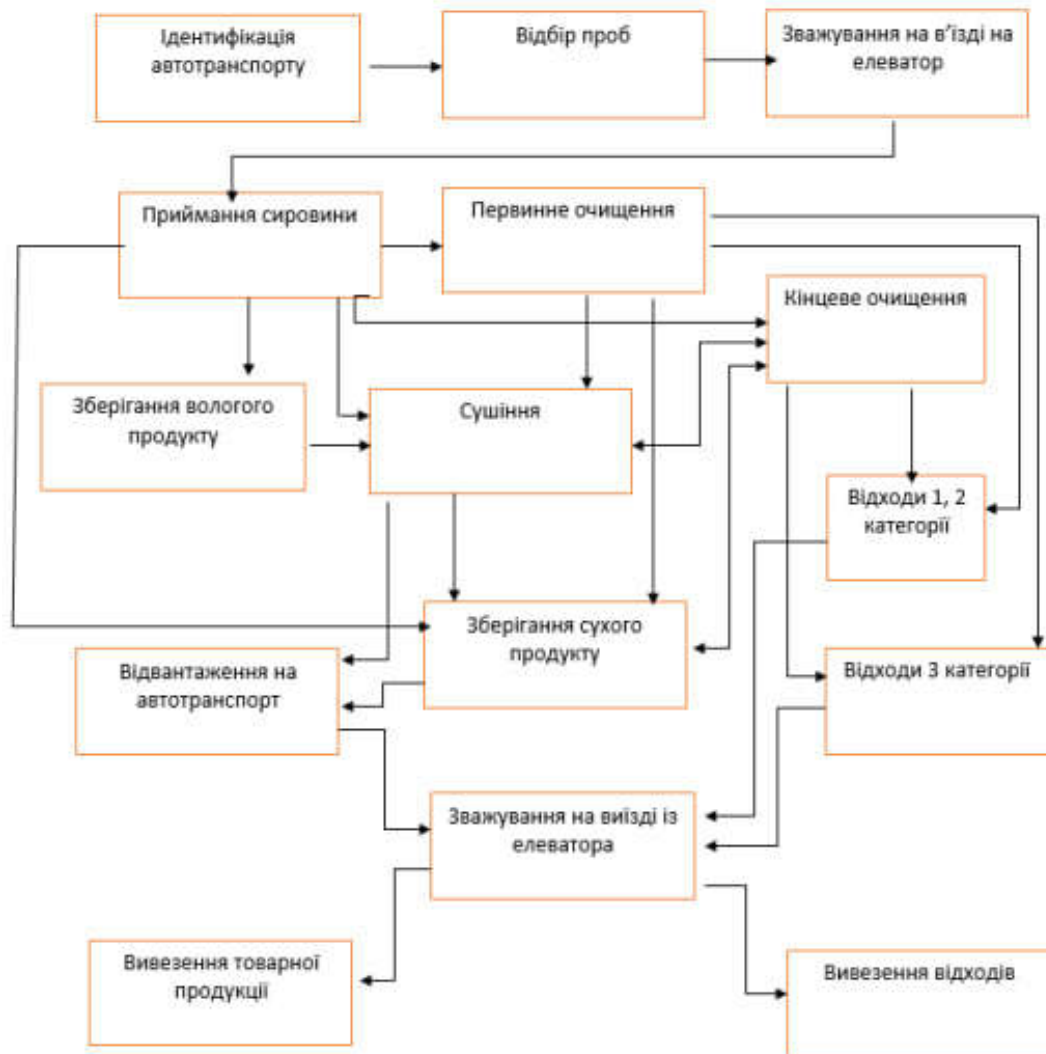


Рис. 1.7. Технологічна схема підготовки зерна до зберігання

Зважаючи на специфіку при реалізації технологічних процесів контролюються наступні параметри.

Сушіння: початкова, проміжна та кінцева вологість зерна, початкова та кінцева температура зерна, вхідна та вихідна температура агента сушіння, витримка (тривалість термічного впливу на зерно), кількість циклів (при рециркуляційному методі сушки).

Очищення: ступінь очищення (% домішок за видами домішок).

Калібрування: кількість фракцій, дрібність фракцій [13-15].

### **1.3 Технологічне обладнання, що використовується для підготовки зерна кукурудзи до зберігання**

Технологічне обладнання, що використовується для підготовки зерна до зберігання включає: сушарки, зерноочисні машини, транспортне обладнання, аспіраційне обладнання, системи управління та контролю.

Сучасні зерносушарки повинні забезпечувати ідеальне збереження або поліпшення якості зерна, тобто гарантувати рівномірне нагрівання і сушіння зерна, одночасне сушіння зерна з різною вологістю, сушіння зерна з будь-якою початковою вологістю до кінцевої за один прохід, сушіння зерна без попереднього очищення, безперервний прийом зерна, тобто сушіння зерна в зерновому потоці, видалення зерна і усунення механічних пошкоджень, ефективно охолодження зерна, відносно низькі витрати палива і електроенергії та капіталовкладення.

Зерносушарки повинні бути універсальними, щоб вони могли сушити зерно різних продуктів, екологічно безпечними, тобто не забруднювати зерно або навколишнє середовище шкідливими речовинами, пожежобезпечними, простими в обслуговуванні і автоматично регульованими.

Зерносушарки можна класифікувати за такими характеристиками:

- спосіб подачі тепла;
- стан зернового шару;
- конструкція сушильної камери;
- режим роботи;
- принцип роботи;
- конструктивне виконання [16, с. 89-95].

Ця класифікація дозволяє згрупувати зерносушарки за зовнішніми конструктивними особливостями і характером процесу сушіння зерна.

За способом підведення тепла розрізняють конвективні та ко-конвективні (контактні) зерносушарки.

Більшість сучасних зерносушарок використовують конвективний або

комбінований (конвективно-кондуктивний) способи сушіння зерна.

Залежно від стану шару зерна, деякі сушарки мають щільний нерухомий шар, шар, що рухається під дією сили тяжіння, псевдозріджений шар, падаючий шар або плаваючий шар. Широко використовуються сушарки, які сушать зерно в шарах з різним станом зерна.

Конструкції сушильних камер можна розділити на шахтні, барабанні, бункерні, трубчасті та інші сушарки. Вони складаються з однієї або декількох сушильних камер однакової конструкції, що працюють паралельно або послідовно.

Більші групи включають зерносушарки з камерами різної конструкції з різним станом шару зерна. Прикладами є пневматичні трубчасті і шахтні камери, камери з падаючим шаром зерна і шахтні камери, а також камери з псевдозрідженим шаром і шахтні камери.

Найпоширеніша конструкція шахтної сушильної камери - це прямокутна шахта з коробкою, в яку подається свіжий абсорбент і відводиться відпрацьований абсорбент.

Інший тип шахтної сушильної камери - це камера, в яку падає шар зерна. У цих камерах конуси, кульові стрижні або гірлянди струшуються, і зерно механічно сповільнюється.

У барабанних зерносушарках сушильна камера являє собою обертовий барабан з соплами і лопатями, які розпушують і обсіпають зерно під час його руху вздовж барабана.

Бункерні зерносушарки - це прямокутні камери з похилим або горизонтальним сітчастим дном.

За принципом роботи розрізняють зерносушарки періодичної та безперервної дії. У зерносушарках періодичної дії зерно завантажується в повну робочу камеру і досушується до необхідної вологості перед вивантаженням. Перевагами таких сушарок є проста конструкція і можливість регулювання режимів сушіння зерна [17, с. 1-3].

У безперервно функціонуючих сушарках зерно переміщується від місця завантаження до місця випуску під дією гравітаційних сил. Цей тип сушарок має ряд переваг:

- Оптимальне використання сушильної камери, оскільки практично повністю усуваються простої під час завантаження та розвантаження зерна.
- Поліпшені умови для контролю та автоматизації процесу сушіння.
- Можливість інтеграції в потокові технологічні лінії.

Однак, деякі конструкції таких сушарок можуть мати недоліки, зокрема, нерівномірність руху зерна у сушильній камері, що призводить до нерівномірності його нагріву та сушіння.

В Україні сушарки періодичної дії камерного типу зазвичай використовуються для обробки кукурудзи в качанах. Вони також придатні для сушіння окремих партій насінневого та харчового зерна.

Недоліками цього виду сушарок є перерви в роботі під час завантаження та розвантаження, а також значна витрата тепла на прогрівання після кожного завантаження нової партії. Згідно з принципом дії, зерносушарки поділяються на прямоточні та рециркуляційні.

У прямоточних сушарках зерно проходить через сушильну камеру один раз, зі зниженням вологості не більше ніж на 6-7%. Для значного зниження вологості здійснюється дво- або триразове проходження зерна через сушарку, проте це ускладнює обробку та знижує ефективність використання сушильних потужностей.

Для таких сушарок необхідно забезпечити партії зерна з практично однаковою початковою вологістю, допускаючи різницю не більше ніж 2-3%. На відміну від прямоточних, у рециркуляційних сушарках частина випущеного зерна повертається разом із сирим зерном на повторне сушіння. Це дозволяє досягти кінцевої вологості за одне проходження через сушарку. За конструктивними особливостями зерносушарки можуть бути стаціонарні та пересувні.

Стаціонарні розташовуються в робочих вежах елеваторів або сушильно-очисних баштах, окремих спорудах чи на відкритих майданчиках поруч із силосними комплексами. Пересувні сушарки призначені для обробки невеликих партій зерна, їх можна транспортувати за допомогою буксиру по дорогах або залізницею [18, с. 7-10].

Шахтні прямоточні сушарки, за характером експлуатації, класифікуються як сушарки безперервної дії. У конструкції сушильної шахти зерно під дією гравітаційних сил рухається з верхньої до нижньої частини, при цьому взаємодіючи з агентом сушіння. Переміщення зерна всередині шахти відбувається суцільним потоком із швидкістю, котру регулює впускний механізм. На рис. 1.8 представлено технологічну схему шахтної прямоточної сушарки, де чисте повітря виступає в якості агента сушіння.

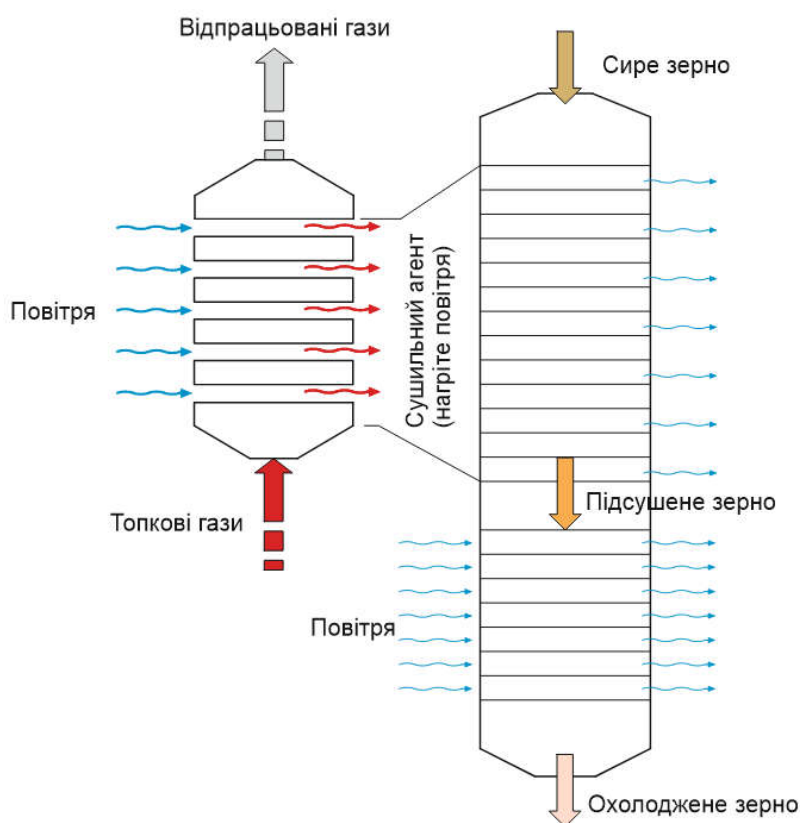


Рис. 1.8. Технологічна схема шахтної прямоточної сушарки з чистим повітрям в якості агента сушіння

Будь-яка переробка зерна пов'язана з його очищенням домішок. Наявність домішок негативно впливає на ефективність зберігання зерна та його технологічні особливості, що призводить до зниження виходу та якості продуктів переробки.

Тому операції з очищення займають центральне місце в післязбиральній обробці зерна. Технологічні процеси виробництва борошна, крупи, спирту, комбікормів, солоду також починаються з операцій із очищення. Зерно завжди містить домішки.

Більшість домішок надходить у зернову масу під час збирання врожаю у вигляді різних анатомічних складових культурних рослин та бур'янів, шматочків ґрунту, комах тощо.

Під час проведення операцій із зерном до його складу можуть потрапити різні випадкові предмети — каміння та пісок із майданчиків струмів та бетонних конструкцій елеваторів, металеві складові транспортних та зернопереробних машин.

Будь-яке переміщення зерна пов'язане з інтенсивним тертям зернівок між собою, а також про робочі органи та інші поверхні машин, що викликає появу пилу, тому пил завжди є складовою зернової маси.

Технологічне обладнання для очищення зерна від домішок представлене сепараторами різних видів (рис. 1.9-1.10).

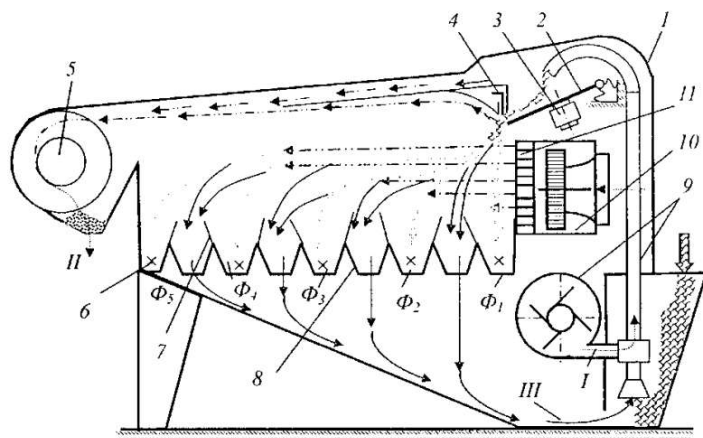


Рис. 1.9. Технологічна схема аеродинамічного сепаратора САД-10: 1 – корпус; 2 – вібрлоток; 3 – вібратор; 4 – заслінка; 5 – камера осідання; 6 лоток; 7 – поворотні шторки; 8 – скатна дошка; 9 – пневмотранспорт; 10 – генератор повітряного струменю; 11 – сопла генератора; I – повітря з атмосфери; II – легкі відноси; III - поворотні фракції;  $\Phi_1$ – $\Phi_5$  – вихідні фракції



Рис. 1.10. Сепаратор А1 БЦС-100

#### **1.4 Нормативно-правові документи, які регулюють сушку, очистку та зберігання зерна кукурудзи**

Контроль над усіма аспектами обробки кукурудзяного зерна регулюється Указом «Про затвердження Технічного регламенту зернового складу». Цей регламент містить як безпосередньо, так і через посилання зобов'язальні вимоги до зернових складів, які надають послуги зі зберігання зерна та продуктів його переробки власникам відповідних культур, включно з зерновими, зернобобовими, олійними та насіння (далі - послуги).

Документ виконує ключову роль у забезпеченні державного регулювання ринку зерна в Україні, зокрема у сфері сертифікації послуг, що надаються зерновими складами зі зберігання і переробки зернових продуктів. Регламент поширюється на юридичні особи, які володіють зерносховищами, власників зерна, органи, що здійснюють сертифікацію послуг зернових складів, а також інших суб'єктів підприємницької діяльності на ринку зерна.

Для ефективного надання послуг зі зберігання та переробки продукції, зерновий склад може використовувати не лише стандартні сховища, будівлі й обладнання, а й інші засоби, за умови відповідності встановленим вимогам.

За виконання положень цього Регламенту відповідає Державна інспекція з контролю якості сільськогосподарської продукції та моніторинг її ринку [19, с. 2-3].

Крім того, контроль здійснюється відповідно до ДСТУ-4525:2006 Кукурудза. Технічні умови. Цей стандарт стосується кукурудзи у вигляді зерна та качанів, яка призначена для продовольчих і непродовольчих цілей, а також для експорту [20, с. 5].

Регламент зернового складу є нормативно-правовим документом, що встановлює обов'язкові вимоги до надання послуг у сфері зберігання зерна.

У ньому можуть бути передбачені також вимоги щодо термінології, позначень, пакування, маркування та етикетування, які застосовують до конкретних видів продукції, процесів або методів виробництва [21, с. 2].

Численні патентні розробки націлені на вдосконалення технологій сушіння зерна, зокрема на зменшення його вологості до рівня, що забезпечує безпечне довготривале зберігання. Сучасні системи сушіння часто використовують високотемпературні підходи та точний контроль вологості, що значно знижує час процесу.

Додатково, певні системи застосовують різноманітні види біопалива, щоб мінімізувати викиди і підвищити екологічність процесу сушіння. Ефективні системи очищення зерна здатні видаляти сторонні домішки, що зменшує ризики забруднення та зараження під час зберігання.

Такі методи, як магнітна сепарація, вібраційне очищення та повітряне усунення пилу, покращують чистоту продукту, що особливо важливо для кукурудзи через специфіку її обробки.

Крім того, патенти охоплюють інноваційні системи зберігання, серед яких методи аерації та регулювання температури для запобігання псуванню зерна. Деякі з цих розробок передбачають стратегічне розташування сховищ для підвищення логістичної ефективності та використання спеціалізованих контейнерів із контрольованою температурою і вентиляцією для довготермінового зберігання кукурудзи [22-23].

## Висновки до розділу 1

1. Геометричні характеристики зерна кукурудзи, такі як форма, розміри, об'єм і площа поверхні, мають ключове значення в контексті сипучості й взаємодії з обладнанням. Ці властивості суттєво впливають на ефективність транспортування, зберігання та первинної обробки зерна. Знання цих параметрів є основою для оптимізації технологічних процесів і зниження втрат продукції.

2. Технологічні характеристики зерна включають вологість, чистоту, наявність домішок, енергетичну цінність і фізико-хімічні властивості. Ці показники є визначальними при виборі методів сушіння, очищення й зберігання зерна. Контроль за їх дотриманням є важливим для забезпечення високої якості та тривалого зберігання продукції.

3. Підготовка зерна до зберігання фізично включає видалення вологи, зниження температури та очищення від механічних забруднень. Ці процедури створюють оптимальні умови для довготривалого збереження якості зерна, мінімізуючи ризики псування і втрат.

4. Для підготовки зерна кукурудзи до зберігання використовується технологічне обладнання, таке як сушарки, сепаратори, аспіраційні системи та транспортуючі механізми. Це обладнання забезпечує ефективне осушення, очищення, сортування та переміщення зерна, вибір якого залежить від масштабів виробництва, фізичних характеристик зерна та умов зберігання.

5. Регуляторні документи, які визначають процеси сушіння, очищення та зберігання зерна кукурудзи, включають державні стандарти, санітарні норми та технічні регламенти. Ці документи встановлюють допустимі рівні вологості та кількість домішок, а також вимоги до технологічних процесів. Дотримання цих норм забезпечує якість продукції та безпеку для споживачів.

## РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КУКУРУДЗИ

### 2.1. Методи дослідження вологості зерна кукурудзи

Основним етапом визначення вологості насіння є вибірка і підготовка зразка для аналізу, що повинна виконуватися згідно з порядком, встановленим стандартом ДСТУ 4138 [24]. Однак цей порядок стосується лише сухого насіння або зерна, тому, якщо насіння вологе, процедуру необхідно коригувати і доповнювати.

У зв'язку з цим було досліджено особливості визначення вологості насіння кукурудзи у вологому стані. Процес включав такі етапи:

- *перший* – вибір типових качанів на полі або зі зібраного урожаю;
- *другий* – вилущування насіння з качанів;
- *третій* – виділення необхідної кількості насіння для зразка і його

сушіння відповідно до чинних методик.

Особливу увагу приділяли вилущуванню насіння, яке радять проводити так: кожен качан розламується навпіл, з місця розлому вилущується необхідна кількість насіння.

Такий підхід забезпечує цілісність насіння, на відміну від звичайного вилущування уздовж качана, що часто призводить до неповного вилучення і, відповідно, неточності в аналізі вологості.

Визначати вологість насіння кукурудзи з качанів потрібно безпосередньо в день їх збору, щоб забезпечити максимальну точність та об'єктивність результатів. Якщо аналіз відкладається, вологі качани слід зберігати в прохолодних умовах, упакованими у водонепроникний матеріал, як-от поліетиленові пакети. У цьому випадку качани спочатку потрібно охолодити, залишаючи їх відкритими, і лише згодом запаковувати, без цього може утворитися конденсат, що впливає на точність вимірювання вологості.

Як уже зазначалося, визначення вологості здійснюється за двома термостатними методами, які відрізняються методикою аналізу. Також варто

враховувати значну морфологічну неоднорідність насіння, що може впливати на методологію вимірювання його вологості [25, с. 152].

Визначення вологості зерна кукурудзи здійснюється за допомогою автоматизованого вологоміра «Superpro Matic» (див. рис. 2.1), напівавтоматичної сушильної шафи Брабендера або аналогічного обладнання, каліброваного зразковим вакуумно-тепловим приладом «ОВЗ-1».



Рис. 2.1. Автоматизований вологомір «Superpro Matic»

У разі лабораторних умов визначення вологості відбувається у шафі СЕШ (рис. 2.2 – а), або РМ-450 (рис. 2.2 – б).



*а*



*б*

Рис. 2.2. Прилади для визначення вологості зерна кукурудзи у лабораторних умовах: *а* – шафа СЕШ; *б* – РМ-450

Метод базується на оцінці зміни діелектричної сталої зерна в умовах різної вологості. Для проведення аналізу беруть пробу зерна масою 50 г, яку завантажують у резервуар пристрою. Після натискання кнопки вмикання, на дисплеї відображається вологість зерна. Інший метод визначення вологості включає висушування 10 г розмеленого зерна в електричній сушильній шафі Брабендера, яка представлена на рис. 2.3, підтримуючи температуру 130°C протягом 40 хвилин.



Рис. 2.3. Сушильна шафа Брабендера

Сушильна шафа оснащена десятима гніздами для проб і має необхідні нагрівальні елементи, біметалевий термометр, контактний термометр і торсіонні терези.

Зважування 10-грамових зразків здійснюється у спеціальних бюксах на технічних вагах. Після досягнення необхідної температури бюкс із зразком поміщають у камеру приладу.

За допомогою спеціального керуючого колеса обертають тарілку так, щоб розмістити наступні зразки. Обертання тарілки можливе лише при піднятому важелі терезів і їх відключеному стані. Правильне положення тарілки підтверджується характерним клацанням.

Після завершення процесу сушіння освітлюється терези, а важіль зліва опускається. У освітленому віконці відображається процентна вологість зразка. Після фіксації результату в журналі даних важіль піднімають і

обертають тарілку до характерного клацання, щоб почати аналіз наступного зразка.

За допомогою аналізатора Infratec 1225, зовнішній вид якого представлено на рис. 2.4, визначають якість зерна кукурудзи. Основою роботи цього приладу є вимірювання поглинання пробою електромагнітного випромінювання.



Рис. 2.4. Аналізатор Infratec 1225

Під час аналізу основні компоненти зерна, такі як протеїн, вода і жир, поглинають електромагнітне випромінювання в ближньому інфрачервоному діапазоні, що виключає потребу у підготовці зерна. Для аналізу використовують кукурудзу в її натуральному стані, без подрібнення та обробки хімічними речовинами [26, с. 46].

Проби відбираються згідно з ДСТУ 4117:2007 і мають вагу приблизно 250–350 г. До приладу підключається принтер із папером.

Після ввімкнення автоматично тестується комп'ютерна система, і на дисплеї з'являється меню, яке дозволяє вибрати режим роботи [27].

Хід аналізу передбачає засипання наважки 250–350 грамів у приймальну воронку. Спочатку проводиться контрольне сканування порожньої комірки, після чого вона заповнюється дослідною пробою.

Сканується перша субпроба, а розподільне колесо повертається, звільняючи місце для наступних субпроб. Після завершення аналізу зерно переміщується у висувний ящик.

Процес триває близько однієї хвилини, результати відображаються на дисплеї та друкуються. Після цього в приймальну воронку можна засипати нову пробу. Кількість субпроб може змінюватися через клавіатуру або центральний комп'ютер.

Для використання відповідної комірки потрібно визначити початкові дані щодо хімічної будови проби. До початку сканування вводяться назви компонентів і хімічні значення для кореляції зі спектром.

Після цього здійснюється сканування. Програмне забезпечення приладу Infratec 1225 дозволяє обробляти отримані спектри та пов'язувати їх із хімічними даними [26, с. 47].

Також рівень вологи впливає на те, чи необхідно проводити сушіння зерна кукурудзи перед зберіганням. Наприклад, у 2024 році на СТОВ «Придніпровський край» зерно кукурудзи закладалося без сушіння, оскільки перед збором врожаю тривалий час не було опадів, внаслідок чого волога зерна кукурудзи складала 14-14,5% що є нормою.

В той же час, у 2023 році, період збору врожаю та перед ним був дощовий, тому кукурудза заходила на підприємство з вологою 18-20%, що вимагало попереднього сушіння перед зберіганням.

## **2.2 Методика визначення крохмалю, жиру, білку та домішок в зерні кукурудзи**

Кукурудза, як загально визнаний представник групи зернових культур, демонструє унікальні характеристики, обумовлені як її генетичними особливостями, так і умовами вирощування.

Дослідження біохімічного складу зерна кукурудзи є важливим завданням, оскільки воно надає можливість визначити оптимальні напрямки його переробки.

Відповідно до наявних джерел, за найсприятливіших умов агротехніки, у поєднанні з певними ґрунтово-кліматичними умовами та типом гібриду, хімічний склад зерна кукурудзи в середньому включає: 11–14% білка, 60–85% крохмалю та 4,1–5,5% жиру.

Вуглеводи в зерні кукурудзи представлені такими елементами, як крохмаль, цукри, клітковина, геміцелюлоза і пентозани. Слід зазначити, що процес накопичення крохмалю у зерні має свої особливості: він починається з формування глюкози та фруктози внаслідок фотосинтетичних процесів з їх подальшим перетворенням у більш складні вуглеводи, такі як крохмаль, в генеративних органах рослини. Очікувано, що в процесі дозрівання зерна кукурудзи вміст крохмалю суттєво підвищується [28, с. 109].

Вміст крохмалю в зерні зумовлюється як генетичними особливостями сортів, так і технологічними аспектами вирощування кукурудзи для отримання зерна.

Отже, розробка комплексного підходу до вдосконалення технологій вирощування, спрямованого на підвищення врожайності та покращення якості зерна кукурудзи, є важливим завданням [29, с. 144].

Для визначення вмісту крохмалю можна використовувати поляриметр А, вироблений компанією CARL ZEISS JENA з Німеччини, який забезпечує точність до 0,1%. Цей метод відповідає вимогам ДСТУ 46.045:2003 «Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості», затвердженим 25 липня 2003 року за номером 250 [30].

Поляризаційний метод заснований на здатності розчину цукру обертати площину поляризації поляризованого світла. Вміст крохмалю розраховували за наступною формулою (2.1):

$$x = \alpha \times K \quad (2.1)$$

де  $x$  – вміст крохмалю у відсотках;  $\alpha$  – показник сахариметра, %;  $K$  – коефіцієнт Еверса (1,898) [31, р. 574].

Визначення олії в зернах кукурудзи проводять різними методами, основними з яких є екстракція та інфрачервоний аналіз [49, с. 128].

1. *Екстракційні методи.* Найпоширенішим методом визначення олії в зернах кукурудзи є екстракція олії розчинником (зазвичай ефіром або гексаном). Цей метод офіційно визнаний у багатьох країнах, оскільки він забезпечує точне визначення загального вмісту олії. Процес включає висушування і подрібнення зразка, екстракцію олії, зважування екстрагованої олії та обчислення її відсоткового вмісту [32, с. 9].

2. *Інфрачервона спектроскопія.* Цей метод дозволяє визначити вміст олії швидко і без використання розчинників. Коли зразок зерна опромінюють інфрачервоним світлом, це світло поглинається олією з певною довжиною хвилі. Вміст олії оцінюється за ступенем поглинання. Цей метод особливо корисний для швидкого аналізу, але може бути трохи менш точним, ніж метод екстракції [33, с. 20].

3. *Ядерний магнітний резонанс (ЯМР)* також можна використовувати для вимірювання олії в зернових, але він менш поширений.

Цей метод забезпечує безконтактне вимірювання вмісту олії завдяки властивостям молекул олії в магнітному полі, але вимагає спеціалізованого обладнання [34, с. 115].

Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження, і в більшості випадків вибір методу буде залежати від вимог до точності, наявного обладнання та умов проведення аналізу.

Зерно кукурудзи містить 6-24% білка. Аналіз вмісту білка в зернах кукурудзи важливий при прийнятті рішення про те, чи слід використовувати кукурудзу як корм для тварин або як продукт для споживання людиною [35, с. 374; 36].

Визначення білка можна проводити як за допомогою сучасних ІЧ-аналізаторів, так і класичними хімічними методами К'ельдаля або Дюма.

Метод К'ельдаля є найбільш широко використовуваним класичним методом визначення азоту/білка відповідно до міжнародних стандартів у харчовій і комбікормовій промисловості, виробництві напоїв, хімічній і фармацевтичній галузях. Визначення білка за методом К'ельдаля складається з трьох основних етапів:

1. *Мінералізація зразка (травлення)*. Рекомендується використовувати мінералізатор (дигестер) KjeLROC виробництва OPSIS LiquidLINE, Швеція (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Автоматичні мінералізатори (дигестори) KjeLROC

2. *Дистиляція (перегонка з парою)*. Найкращим рішенням для цього завдання є дистиляційна установка KjeLROC компанії OPSIS LiquidLINE (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Автоматичний/напівавтоматичний дистилятор KjelROC

### *3. Титрування.*

Однією з найважливіших умов отримання достовірних результатів кількісного визначення білка за К'ельдалем є ретельна пробопідготовка зразка.

Процедура підготовки зразка вимагає однорідного подрібнення зразка з розміром частинок не більше 1 мм.

Рекомендується використовувати спеціалізований лабораторний млин, такий як Perten Instruments 3100 LM, для подрібнення зразків (рис. 2.7).

Крім того, зразки для аналізу за К'ельдалем слід зважувати на аналітичних вагах з точністю до 0,1 мг [37].



Рис. 2.7. Молоткові млини Pertten LM 120 і LM 3100

Для визначення домішок у зерні кукурудзи часто застосовуються стандартизовані методи, що встановлюють типи та кількість домішок. Основні етапи такого аналізу включають:

1. *Відбір проб для лабораторного аналізу.* Зразок зерна обробляється для виявлення домішок.

2. *Класифікація домішок на групи.* Домішки поділяються за стандартами на органічні (інші частини рослин, бур'яни тощо), мінеральні та інші види.

Органічні та неорганічні домішки, які необхідно видалити із зерна кукурудзи при його використанні за призначенням, класифікуються на дві основні групи: зернові та смітні домішки.

Представники домішок за вказаною вище класифікацією представлено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Класифікація домішок зерна кукурудзи [38]

<b>Вид домішок</b>	<b>Представники</b>
<b>1</b>	<b>2</b>
Зернові домішки	Бите зерно, щупле зерно, давлене зерно, проросле зерно, морозобійне зерно, пошкоджене зерно, поїдене зерно, незріле зерно

1	2
Смітні домішки	Мінеральні домішки, органічна домішка, шкідлива домішка, зіпсоване зерно

3. *Зважування домішок.* Кожен вид домішок зважується, і на основі цих даних визначається їхній відсотковий вміст у загальній масі зразка.

4. *Розрахунок результатів* відповідно до чинних нормативних документів.

### **2.3 Визначення параметрів сушки зерна кукурудзи в зерносушильці GSI**

Основною причиною зниження якостей при зберіганні з підвищеною вологістю є активна життєдіяльність грибів родів *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* та *Helminthosporium* (які успішно розмножуються при вологості зерна 17-21%).

Тому зерно необхідно мити і сушити, щоб зберегти врожай без втрат. Зрештою, якість і продуктивність зерносушарки визначає собівартість виробництва зерна і маркетинговий прибуток.

Протягом тривалого часу найпоширенішим способом сушіння зерна було продування нагрітого до низької температури повітря над зерном: 40-45°C або нижче для насінневого зерна, 50-70°C або нижче для продовольчого зерна і 90-100°C або нижче для фуражного зерна.

Цей метод сушіння видаляє вологу з насіння, а температура на всіх етапах сушіння і вміст вологи на вході і виході з сушарки ретельно контролюється, щоб запобігти перегріванню і пересушуванню.

Це гарантує збереження посівних якостей насіння (особливо олійних культур) під час тривалого зберігання.

Шахтні сушарки GSI (виробництва GSI International, США) вже багато років використовуються для сушіння зерна на українському ринку. Ці сушарки призначені для сушіння зернових, бобових, кукурудзи, соняшнику, ріпаку, сої та рису.

Гаряче повітря, що утворюється при спалюванні твердого або рідкого палива в пальнику або печі, подається під тиском одним або декількома вентиляторами до колон зерна.

Зерносушарки можуть ефективно сушити зерно при температурі навколишнього середовища від  $-10$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості не більше 95%. Фермери Житомирської, Черкаської, Донецької та Одеської областей України переконалися, що зерносушарки GSI International (США) надійно і дбайливо сушать всі види олійних, зернових і бобових культур, включаючи ріпак, соняшник, кукурудзу, сою і пшеницю. Зовнішній вигляд зерносушарки GSI International представлено на рис. 2.8.



Рис. 2.8. Зерносушарка GSI на СТОБ «Придніпровський край»

Зерно потрапляє в сховище над сушаркою через вхідний отвір на даху, обладнаний датчиками мінімального і максимального рівня та вологості. На вході в сховище може бути встановлений зерновий бункер, і зерно, що досягає максимального рівня, відправляється в силос для надлишкового зерна, дозволяючи сушарці працювати з зерном.

Об'єм зерна ділиться і розміщується в двох сушильних колонах. Перша частина сушильної колони менша, товщиною 280 мм, а друга - більша, товщиною 380 мм. Це дозволяє досягти вищої швидкості сушіння при однаковій температурі сушіння на початку процесу. Різна товщина сушильних колон підвищує енергоефективність сушарки.

Сушарка обладнана змішувачем зерна. Ця мішалка являє собою конструктивний компонент, що складається з нерухомого дефлектора, який змінює положення зерна в сушильній колоні і переміщує зерно з боку, де повітря тепліше, в сторону, де повітря виходить. Основна функція зернозмішувача полягає в стандартизації температури і вологості зерна в масі і забезпеченні рівномірного сушіння.

Гаряче повітря надходить з технологічної верхньої частини сушильної камери і проходить горизонтально через зерновий стовп і вертикально (90°) через зернову масу. Всі моделі технологічних сушарок можуть працювати з охолоджувальною камерою в одній чверті зернової колони.

Асортимент технологічних сушарок GSI складається з широкого спектру сушарок С-(300-800). Їх продуктивність охоплює широкий діапазон. Наприклад, продуктивність коливається від 13,5 до 152 тонн на годину для сушіння звичайної кукурудзи з вологістю від 20 до 15%.

Ефективність сушарки досягається в першу чергу за рахунок збільшення об'єму шахти з 15,7 до 125,4 м<sup>3</sup>. Об'єм шахти також збільшується за рахунок збільшення кількості модулів по висоті зерносушарки. Всі 3-метрові модулі збираються на землі, а потім з'єднуються між собою краном. Отримана висота варіюється від 15,2 до 33,1 метра.

Чим вища продуктивність і висота сушарки, тим більший об'єм теплоносія проходить через сушильну та охолоджувальну секції сушарки. Для цього використовуються вентилятори. А приводяться вони в рух електродвигунами. Їх потужність становить 39,5 кВт для сушарок продуктивністю 13,5 т/год.

Найпотужніша сушарка (С-758G, продуктивність 127 т/год) має потужність електродвигуна вентилятора 336 кВт. Відповідно, продуктивність вентилятора досягає 54,8 м<sup>3</sup>/год. При використанні газових пальників видом палива, що використовується для виробництва теплоносія, є природний газ. Мінімальний тиск повинен бути не менше 0,7 кг/см<sup>2</sup>, а максимальний - не менше 2,7 кг/см<sup>2</sup>. Номінальна витрата газу для сушіння зерна (наприклад, для сушарки С-758Г) становить 675 м<sup>3</sup>/год [39].

## Висновки до розділу 2

1. Різноманіття методів вимірювання вологості зерна кукурудзи включає ваговий, дієлькометричний, інфрачервоний та експрес-методи. Найбільшу точність забезпечує ваговий метод, в якому здійснюється просушування зразка до досягнення сталої маси за допомогою сушильної шафи. Залишаючи за собою перевагу швидкості, інші методи слугують важливим інструментом для оперативного моніторингу технологічних процесів.

2. Для кваліфікації вмісту крохмалю, як правило, застосовують ферментативний або поляриметричний підхід. Жирові компоненти визначають шляхом екстракції за допомогою розчинників, зокрема через використання апарата Сокслета. Вміст білків оцінюється методом К'ельдаля або сучасними інфрачервоними аналізаторами, тоді як наявність домішок визначається через механічне чи ручне просіювання та візуальний огляд.

3. Оптимальні параметри сушіння в зерносушарках GSI залежать від початкового рівня вологості, температурного режиму нагріву та швидкості повітряного потоку. Температура повинна знаходитися в межах 40–60°C, щоб уникнути пошкодження зерна, зокрема при обробці насінневого матеріалу. Контроль цих параметрів виконується автоматизованими системами сушарки для забезпечення рівномірності висушування і попередження перегріву.

### РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

**Сушіння та очищення** є ключовими етапами підготовки до зберігання, які суттєво впливають на якість і тривалість зберігання зерна кукурудзи.

*Основна мета сушіння* — зменшення вологості зерна до рівня, що дозволяє уникнути псування під час зберігання.

Основними задачами сушіння є:

- Зменшення вологості до 14,0-14,5 % , тим самим запобігає розвитку цвілі, грибків та інших мікроорганізмів;

- запобігає самозігріванню зернової маси.

**Методи сушіння :**

Природне сушіння (під навісами, з гарною вентиляцією) використовується при невеликих обсягах;

Механічне сушіння (в зерносушарках) забезпечує ефективне зниження вологості за мінімального впливу на якість зерна.

**Очищення зерна кукурудзи** - спрямоване на видалення домішок і дефектного зерна для покращення умов зберігання.

Попереднє очищення видаляє великі домішки (солома, стебла).

Первинне очищення видаляє пил, дрібні домішки, пошкоджене зерно.

Вплив очищення :

- Видалення сторонніх домішок знижує ризик розвитку шкідників і мікроорганізмів;

- забезпечує рівномірну вентиляцію зернової маси;

- підвищує якість зерна для подальшого використання (харчова, кормова промисловість).

Сухе та чисте зерно легко вентилюється, що запобігає утворенню гарячих зон у масі, а також знижується ризик самозігрівання і псування зерна, подовження термін зберігання, мінімізує кількість уражених грибками та мікроорганізмами.

**Вентиляція зерна** — це процес примусового прогону повітря через зернову масу для забезпечення рівномірного розподілу температури, видалення зайвої вологи та запобігання псуванню. Воно є важливою складовою післязбиральної обробки кукурудзи, особливо перед зберіганням.

Правильно організоване вентилування позитивно впливає на якість зерна, зберігаючи його харчову та товарну цінність. Воно забезпечує стабільність фізико-хімічних властивостей зерна та створює умови для тривалого зберігання без витрат.

Позитивний вплив вентиляції:

- Зниження вологості, знижуючи ризик розвитку грибів і плісняви;
- рівномірний розподіл температури у зерновій масі запобігає самозігріванню зерна;
- низька температура уповільнює активність комах і мікроорганізмів;
- уникнення конденсації вологи, яка може утворюватися через різницю температур між зерном і навколишнім середовищем.

Нами було досліджено якість кукурудзи урожаю 2023 та урожаю 2024 років.

Кукурудза урожаю 2024 має значну перевагу за рахунок нижчої вологості. Це, в свою чергу, полегшило підготовку зерна до зберігання, зерно не потребувало сушіння. Також у цьому році гарна натура. В середньому 710 г/л, кукурудза виповнена, гарної форми, набагато менше битого зерна.

В минулому ж році якість кукурудзи була значно іншою. Через дощову осінь вологість зерна з поля становила від 18 до 27%. Натура – 680-690 г/л. Смітна домішка було в нормі, до 2%, в окремих партіях спостерігалось наявність зіпсованих зерен, а саме запліснявілих – 0,8-1,0%.

**Дослідження партії №1.** На підприємство надходить партія сухої та смітної кукурудзи. Якість наведено у таблиці 3.1.

Партія із вмістом крупної домішки 5,6% потребує обов'язкового очищення. Наявність такої кількості негативно впливає на процес зберігання. Крупні домішки, а саме частини стебел, качанів, листя заважатимуть

рівномірному розподілу повітря, як наслідок велика вірогідність виникнення такого явища, як самозігрівання. На рис. 3.1 представлено партію кукурудзи з високим вмістом крупної домішки.



Рис. 3.1. Партія кукурудзи з високим вмістом крупної домішки

Для зберігання дану партію було очищено на сепараторі БСХ-100.

Використано такі сита: верхні - Ø 12,0, нижні – Ø 2,0. Швидкість потоку – мінімальна, для ефективності процесу.

Таблиця 3.1 – Якість кукурудзи партії №1

Позаник	Надходження	Після очищення
1	2	3
<b>Вологість, %</b>	<b>12,4</b>	<b>12,3</b>
<b>Смітна домішка, %</b>	<b>7,1</b>	<b>1,9</b>
<i>Прохід сита, %</i>	<i>0,5</i>	<i>0,3</i>
<i>Зіпсовані зерна, %</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>
<i>Крупна домішка, %</i>	<i>5,6</i>	<i>1,0</i>
<i>Органічна домішка, %</i>	<i>0,8</i>	<i>0,5</i>
<b>Зернова домішка, %</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<i>Биті зерна, %</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>
Запах	властивий	властивий

**Дослідження партії №2.** На підприємство надходить партія вологої кукурудзи. Якість наведено у таблиці 3.2.

Через технічну несправність просушити не було змоги. Зберігання 16 днів без доробки.

Сушіння кукурудзи здійснювали на сушарці GSI, температура агента сушіння – 90 °С.

Таблиця 3.2 – Якість кукурудзи партії №2

Показник	Надходження	Після сушіння
1	2	3
<b>Вологість, %</b>	<b>19,4</b>	<b>14,3</b>
<b>Смітна домішка, %</b>	<b>0,8</b>	<b>1,4</b>
<i>Прохід сита, %</i>	<i>0,2</i>	<i>0,3</i>
<i>Зіпсовані зерна, %</i>	<i>0,3</i>	<i>0,8</i>
<i>Крупна домішка, %</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>
<i>Органічна домішка, %</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>
<b>Зернова домішка, %</b>	<b>1,2</b>	<b>10,7</b>
<i>Биті зерна, %</i>	<i>0,7</i>	<i>0,5</i>
<i>Пошкоджені зерна, %</i>	<i>0,5</i>	<i>10,2</i>
Запах	властивий	солодовий

В процесі зберігання вологої кукурудзи починається процес бродіння, а також процес пророщування. Для припинення розвитку даних процесів необхідне термінове сушіння зернової маси. Така партія потребує особливої уваги, її рекомендовано сушити за менших температур – 50-70 °С. Після сушіння зростає кількість пошкоджених, а також зіпсованих зерен. На рис. 3.2 представлено партію кукурудзи з високим вмістом пошкоджених зерен.



Рис. 3.2. Партія кукурудзи з високим вмістом пошкоджених зерен

**Дослідження партії №3.** На підприємство надходить партія кукурудзи. Проведено процес підробки, закладено на зберігання сухою та чистою. В процесі зберігання спостерігалось порушення умов, а саме пророщування верхнього шару. На рис. 3.3 наведено партію кукурудзи з пророщеним верхнім шаром.



Рис. 3.3. Партія кукурудзи з пророщеним верхнім шаром

Причина даного явища – відсутність достатньої вентиляції, накопичення тепла і вологи у верхніх шарах, утворення конденсату у складських приміщеннях. Якість кукурудзи партії №3 пнаведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Якість кукурудзи партії №3

Показник	Початкова	Верхній шар	Середній шар	Нижній шар
1	2	3	4	5
<b>Вологість, %</b>	<b>13,8</b>	<b>17,1</b>	<b>14,7</b>	<b>14,0</b>
<b>Смітна домішка, %</b>	<b>1,8</b>	<b>3,0</b>	<b>2,4</b>	<b>2,6</b>
<i>Прохід сита, %</i>	<i>1,1</i>	<i>1,3</i>	<i>1,1</i>	<i>1,7</i>
<i>Зіпсовані зерна, %</i>	<i>0,3</i>	<i>1,4</i>	<i>1,0</i>	<i>0,5</i>
<i>Органічна домішка, %</i>	<i>0,4</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0,4</i>
<b>Зернова домішка, %</b>	<b>2,7</b>	<b>11,0</b>	<b>6,4</b>	<b>2,9</b>
<i>Биті зерна, %</i>	<i>2,2</i>	<i>2,0</i>	<i>2,0</i>	<i>2,1</i>
<i>Пошкоджені зерна, %</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>1,4</i>	<i>0,8</i>
<i>Пророслі зерна, %</i>	-	7,5	3,0	-
Запах	властивий	пліснявілий	пліснявілий	властивий

Для усунення проблеми верхній шар кукурудзи, у якому збільшена вологість -17,1%, зіпсовані зерна – 1,4%, пророслі – 7,5% видалено, оскільки він є джерелом вологи та спричиняє розвиток плісняви. Запущено вентиляцію з подальшим перемішуванням зерна, для рівномірного розподілу температури та зниження вологості.

**Дослідження партії №4** . Партія кукурудзи нормальної якості. Для зберігання закладено сухою та чистою, відповідає вимогам ДСТУ 4525:2006, без сторонніх запахів та ознак. Придатна для тривалого зберігання. Забезпечено оптимальні умови. Початкова якість кукурудзи партії №4 представлена у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Початкова якість кукурудзи партії №4

Показник	Відбір 1	Відбір 2	Відбір 3	Відбір 4	Відбір 5
1	2	3	4	5	6
<b>Вологість, %</b>	<b>14,5</b>	<b>14,2</b>	<b>14,3</b>	<b>14,3</b>	<b>14,5</b>
<b>Смітна домішка, %</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>
<i>Прохід сита, %</i>	<i>1,3</i>	<i>1,5</i>	<i>1,1</i>	<i>0,9</i>	<i>1,3</i>
<i>Зіпсовані зерна, %</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,0</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>
<i>Органічна домішка, %</i>	<i>0,2</i>	<i>0,0</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>
<b>Зернова домішка, %</b>	<b>2,5</b>	<b>2,2</b>	<b>2,1</b>	<b>2,6</b>	<b>2,9</b>
<i>Биті зерна, %</i>	<i>2,0</i>	<i>1,8</i>	<i>1,6</i>	<i>2,2</i>	<i>2,4</i>
<i>Пошкоджені зерна, %</i>	<i>0,5</i>	<i>0,4</i>	<i>0,5</i>	<i>0,4</i>	<i>0,5</i>
Запах	властивий	властивий	властивий	властивий	властивий

Під час відвантаження зафіксовано відповідність початковій якості майже всієї партії, окрім нижнього шару. Там, за рахунок самосортування виникло збільшення смітної домішки, а саме фракція «прохід».

Приклад самосортування представлено на рис. 3.4. Цей процес є природним явищем, виникає під час руху зерна під впливом аеродинамічних та гравітаційних сил. Під час завантаження та розвантаження самосортування посилюється. Недоліками процесу є нерівномірна якість зерна.

Також у табл. 3.5 охарактеризовано якість кукурудзи партії №4 під час відвантаження.



Рис. 3.4. Самосортування

Таблиця 3.5 – Якість кукурудзи партії №4 під час відвантаження

Показник	Відбір 1	Відбір 2	Відбір 3	Відбір 4	Відбір 5
1	2	3	4	5	6
Вологість, %	14,4	14,5	14,5	14,2	14,1
Смітна домішка, %	1,4	1,0	1,1	0,9	3,1
Прохід сита, %	1,2	0,9	0,9	0,8	2,6
Зіпсовані зерна, %	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2
Органічна домішка, %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
Зернова домішка, %	2,2	2,4	2,5	2,5	3,6
Биті зерна, %	1,8	2,0	2,1	2,0	3,1
Пошкоджені зерна, %	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Запах	властивий	властивий	властивий	властивий	властивий

**Дослідження партії № 5.** На підприємство надходить партія кукурудзи. Проведено процес підробки, закладено на зберігання сухою та чистою. В процесі зберігання спостерігалось порушення умов, а саме зараженість.

Визначення якості зараженої кукурудзи представлено на рис. 3.5.



Рис. 3.5. Визначення якості зараженої кукурудзи

Зараженість кукурудзи при зберіганні виникла через несприятливі умови, а саме підвищення температури в складі, при переході з осінньо-зимового на весняно-літній період, а також через відсутність санітарної обробки складів перед зберіганням. В результаті отримали зараження всієї партії. Шкідник – міль зернова. Очищено на сепараторі БСХ-100. Використано такі сита: верхні - Ø 12,0, нижні – Ø 2,0.

Якість кукурудзи партії №5 наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Якість кукурудзи партії №5

Показник	Для зберігання	Після очищення
1	2	3
<b>Вологість, %</b>	<b>13,8</b>	<b>14,4</b>
<b>Смітна домішка, %</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>
<i>Прохід сита, %</i>	<i>0,8</i>	<i>0,3</i>
<i>Зіпсовані зерна, %</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>
<i>Органічна домішка, %</i>	<i>0,4</i>	<i>1,1</i>
<b>Зернова домішка, %</b>	<b>3,2</b>	<b>15,2</b>
<i>Пошкоджені, %</i>	<i>2,1</i>	<i>5,7</i>
<i>Биті зерна, %</i>	<i>1,1</i>	<i>1,4</i>
<i>Поїдені, %</i>	-	8,1
Запах	властивий	властивий
Зараженість	не виявлено	міль зернова

### Висновки до розділу 3

1. Сушіння та очищення зерна кукурудзи є невід'ємними етапами технологічного процесу, які забезпечують оптимальні умови для зберігання. Якісно підготовлене зерно зберігається довше, без втрати якості, що знижує економічні ризики та забезпечує високий рівень ефективності його використання.

2. Пересушування, або не правильно підібрані режими можуть призвести до погіршення якості, а саме збільшення кількості пошкоджених та зіпсованих зерен. Недостатнє сушіння залишає ризик розвитку грибків, утворення токсинів (наприклад, афлатоксинів).

3. Вологість обернено пропорційна до температурних режимів: чим вища вологість, тим нижчі температури нагріву зерна та агенту сушіння.

4. Формувати максимально однорідні партії для сушіння з мінімальним розходженням по волозі. Розходження не повинні перевищувати 2%, ідеально — 1%.

5. В першу чергу потрібно забирати на сушіння зерно з найвищими показниками вологості, особливо в теплу погоду і при високому вмісті вологи (більше 20%). Інакше зерно може почати псуватися вже через 1-2 дні перебування в ємності.

6. Кукурудза має низьку вологовіддачу в порівнянні з іншими культурами через щільну оболонку. Також цей показник залежить від розміру, форми зернин тощо. Щоб кукурудза не тріскалась під час сушіння, на початкових етапах температуру підвищують поступово. Пересушування також сприяє появі тріщин, що погіршує зберігання та знижує якість.

7. Швидке охолодження висушеної партії підвищує ризик розтріскування зерна, тому необхідно підтримувати низьку швидкість сушіння кукурудзи (не більше 10% на годину), з подальшим охолодженням і вентиляцією. При нагріванні кукурудзи понад 60 °C відбувається окислення жирних кислот в її складі, що призводить до зниження якості зерна.

## **РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПІДГОТОВКИ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ДО ЗБЕРІГАННЯ**

### **4.1 Характеристика сировини та підприємства**

Зерно кукурудзи виступає ключовою сировиною в процесах сушіння і очищення, необхідних для забезпечення адекватних умов його зберігання. За своєю природою, кукурудзяне зерно має високий вміст крохмалю, помірну кількість білків та жирів, що робить його чутливим до умов вологості і температур режиму зберігання [45, с. 48-49].

Підвищений рівень вологості разом з теплими температурами створює сприятливі умови для швидкого розмноження мікроорганізмів, зокрема пліснявих грибів, які негативно впливають на якість зерна і значно скорочують його термін зберігання [46].

Для сушіння кукурудзяного зерна застосовується зерносушарка GSI, яка є високопродуктивним пристроєм з автоматизованим контролем температури та вологості. Ці зерносушарки забезпечують рівномірне нагрівання та видалення вологи, що дозволяє досягти оптимального рівня вологості для тривалого зберігання.

Обладнання оснащене технологіями для заощадження енергії та точного контролю процесу сушіння, що знижує ризик перегрівання зерна та втрати його поживних властивостей.

Використання зерносушарки GSI дає змогу підготувати зерно до зберігання за високими стандартами якості, що сприяє продовженню терміну його зберігання та мінімізації втрат [47, с. 18].

## **4.2 Дослідження ступеню травмування зерна кукурудзи у виробничих умовах**

З метою зменшення рівня травмування насіння в процесі його післязбиральної обробки рекомендується застосовувати низку заходів: сушіння при м'яких температурних режимах, обмолот зерна з врахуванням його вологості, менш інтенсивне сепарування, зменшення кількості переміщень зернової маси норіями і конвеєрами.

Для вирішення цієї проблеми є два напрями: перший – скоротити кількість обладнання в транспортно-технологічних лініях при обробці зерна, і другий – операції, які залишилися повинні мінімально травмувати зерно. Перший шлях передбачає розробку і створення багатофункціональних машин з можливістю глибокого регулювання режимів їх роботи, а другий (тісно пов'язаний з першим) – дія на зерно виконавчих механізмів повинна бути «м'якою».

Таким чином, важливого значення набуває зменшення травмування зерна під час його технологічної обробки, що зумовлює необхідність дослідження впливу сучасного технологічного обладнання на зерно кукурудзи у виробничих умовах.

Проведення досліджень щодо впливу технологічного та транспортного обладнання на рівень травмування зерна кукурудзи безпосередньо на підприємстві є важливим для визначення ключових факторів, які сприяють збільшенню кількості битих і пошкоджених зерен [48, с. 2, 7].

### 4.3 Види кукурудзи та вимоги до різних класів

Відповідно до ДСТУ 4525:2006 з поправками від 2009 року «Кукурудза. Технічні умови», кукурудза класифікується за типами та класами в залежності від призначення. Кукурудза будь-якого класу повинна бути в доброму стані, без ознак прілості та теплових пошкоджень під час сушіння.

Вона повинна мати запах, характерний для здорового зерна, який не має містити затхлих, солодових, пліснявих та інших сторонніх запахів, а також мати відповідний типу здорового зерна колір. Відповідно до склоподібності, структури та кольору, виділяють дев'ять типів кукурудзи. Їх детальний опис буде наведено у таблиці 4.1 [50; 51, с. 40-41].

Таблиця 4.1 – Типи зерна кукурудзи

Тип	Колір і форма зерна	Кукурудза інших типів
1	2	3
I Зубоподібна жовта	Жовта, оранжева, жовта з білою верхівкою. Зерно переважно витягнуте, з нахиленими сторонами і втиснутою верхівкою	15,0, в т. ч. білої не більше ніж 5,0
II Зубоподібна біла	Біла, кремова, ніжно-рожева. В основному, подовжена, зі скошеними боками та вдавненою верхівкою зерна	15,0, в т. ч. жовтої не більше ніж 2,0
III Кремениста жовта	Зерно характеризується жовтим і оранжевим забарвленням із білою верхівкою. Верхівка зерна має округлу форму без будь-яких вдавнень. Поверхня зерна відзначається блиском	15,0, в т. ч. білої не більше ніж 5,0
IV Кремениста біла	Біла, кремова, ніжно-рожева. Верхівка зерна округла, без заглиблення. Зерно має блискучий вигляд	15,0, в т. ч. жовтої не більше ніж 2,0
V Напівзубоподібна жовта	Жовтий або оранжевий відтінок. Форма варіюється від зубчастої до кременистої, з верхівкою зерна, яка може бути злегка втиснутою або без будь-якого вдавнення	25,0, в т. ч. білої не більше ніж 5,0
VI Напівзубоподібна біла	Білого, кремового або ніжно-рожевого кольору. Форма може варіюватися від зубоподібної до кременистої, інколи злегка вдавненою верхівкою зерна або без такого вдавнення	25,0, в т. ч. жовтої не більше ніж 2,0
VII Розлусна жовта	Плід має жовтий, подовгуватий вигляд із верхівкою, що нагадує дзьоб або є округлою. Поверхня зерна гладка	15,0 в т. ч. білої не більше ніж 5,0

1	2	3
VIII Розлусна біла	Біла та витягнута з дзьобоподібною або округлою верхівкою, з гладкою поверхнею зерна	15,0 в т.ч. жовтої не більше ніж 2,0
IX Некласифікований	Кукурудза, яка не підпадає під жоден з раніше зазначених критеріїв (змішаний тип)	

Кукурудзу заготовляють як у вигляді зерна, так і в качанах. Кукурудза в качанах має доставлятися на підприємства очищеною від обгорток, при цьому вміст качанів з обгортками не повинен перевищувати 2%.

За узгодженням із зерновими складами або іншими суб'єктами підприємницької діяльності, допускається перевищення норм вологості зерна та вмісту зернових і смітних домішок, якщо є можливість доведення таких показників до якості, описаної у таблиці 4.2. Для використання у харчових або кормових цілях кукурудзу постачають виключно в зерні [51, с. 42-43].

Таблиця 4.2 – Вимоги до зерна кукурудзи

Показник	Характеристика і норма для зерна кукурудзи (Характеристика і норма для зерна кукурудзи різних груп використання вилучено згідно зміни 1)				
	2 клас	1 клас	2 клас	3 клас	
	Харчові концентрати і продукти	Продукти дитячого харчування	Крупи, борошно	Крохмаль і патока	Кормові потреби
1	2	3	4	5	6
Типовий склад	I-VII типи				I-IX типи
Вологість, %, не більше	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Зернова домішка, %, не більше	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Зокрема:	7,0	3,0	7,0	7,0	15,0
пророслі зерна	2,0	Не дозволено	2,0	У межах зернової домішки	5,0
пошкоджені зерна	1,0	Не дозволено	1,0	Не дозволено	У межах зернової домішки
Смітна домішка, %, не більше	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
<i>Зокрема:</i>					
зіпсовані зерна	0,5	Не дозволено	1,0	1,0	1,0
мінеральна домішка	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0
зокрема: галька, шлак, руда	0,1	0,1	0,1	У межах мінеральної домішки	
шкідлива домішка	0,2	Не дозволено	0,2	0,2	0,2
<i>Зокрема:</i>					
сажка і ріжки	0,15	Те саме	0,15	0,15	0,15
гірчак повзучий і в'язель різнокольоровий	0,1	Те саме	0,1	0,1	0,1
триходесма сива, геліотроп опушеноплідний і насіння рицини	Не дозволено				
<b>Крупність, %, не менше</b>	80,0	Не визначається			
для кукурудзи VII— VIII типів	Не визначається				
<b>Схожість, %, не менше</b>	Не визначається	55,0	Не визначається	55,0	Не визначається
<b>Зараженість шкідниками</b>	Не дозволено		Не дозволено, крім зараженості кліщем не вище 1 ступеня		

Кукурудза, призначена для експорту, повинна бути в належному стані, тобто мати природний запах та колір, а також не містити слідів ураження шкідниками. Кожну партію супроводжують документами, що підтверджують вміст пестицидів, токсичних елементів, мікотоксинів і радіонуклідів, а також сертифікатом якості. Транспортування кукурудзи здійснюється навалом за допомогою різних видів транспорту, відповідно до чинних правил перевезення вантажів, які регламентовані для цього виду транспорту. Транспортні засоби повинні бути чистими і не мати сторонніх запахів. Зберігання кукурудзи має здійснюватися в зернохосовищах, які є чистими, сухими, без сторонніх запахів та не мають пошкоджень від шкідників. Це повинно відповідати санітарним нормам та умовам зберігання, що офіційно затверджені в Україні [52, с. 19].

#### 4.4 Розрахунок і підбір обладнання для приймання і відпуску зерна кукурудзи

Необхідна продуктивність та кількість обладнання для приймання зерна, яке доставляється автотранспортом, визначаються з урахуванням коефіцієнтів добової ( $K_{\text{доб}}$ ) та годинної ( $K_{\text{год}}$ ) нерівномірності надходження зерна на підприємство.

При розробці типових проектів показник  $K_{\text{доб}}$  обирають залежно від обсягу заготівель  $A$  та тривалості розрахункового періоду заготівель  $P_p$  [53].

##### 4.4.1 Розрахунок кількості зерна кукурудзи в заліковій масі

Залікова маса обчислюється під час приймання зерна на зберігання. Її фіксують у реєстрах форм N ЗХС-3 та З ХС-4, а також у відповідних складських документах. У випадках переоформлення, розрахунок залікової маси не виконується, якщо дії відбуваються після обробки зерна. Ця маса використовується для всіх видів грошових розрахунків, зокрема для заставних закупівель.

*Залікова (розрахункова) маса* відображає фізичну масу зернової продукції (винятком є кукурудза в качанах), зменшену на величину відхилень до встановлених норм вмісту вологи та домішок, які вказані у договорі на зберігання:

$$Z_m = \Phi_m - \Phi_m * \frac{C_c + X_B}{100} \quad (4.1)$$

де  $Z_m$  - залікова маса зерна, кг;

$\Phi_m$  - фізична маса зерна, кг;

$C_c$  - відсоток зменшення смітної домішки, %;

$X_B$  - відсоток зменшення вологості, %.

*Розрахунок відсотка зменшення вологості:*

$$X_b = \frac{100*(a-b)}{100-b} \quad (4.2)$$

де  $X_b$  - відсоток зменшення вологості, %;

$a$  - показник вологості за надходженням, %;

$b$  - показник вологості згідно з договором, %.

*Розрахунок відсотка зменшення смітної домішки:*

$$C_c = \frac{(100-X_b)*(C_c-C_d)}{100-C_d} \quad (4.3)$$

де  $C_c$  - відсоток зменшення смітної домішки, %;

$C_n$  - показник смітної домішки за надходженням, %;

$C_d$  - показник смітної домішки згідно з договором, % [54, с. 11; 61].

Отже, за формулами (4.1-4.3) представимо розрахунок залікової маси зерна на підприємстві:

- відсоток зменшення вологи (4.2):

$$X_b = \frac{100*(25-14)}{100-14} = \frac{100*11}{86} = \frac{1100}{86} = \underline{\underline{12,8\%}}$$

- відсоток зменшення смітної домішки (4.3):

$$C_c = \frac{(100-12,8)*(6-2)}{100-2} = \frac{87,2*4}{98} = \frac{348,8}{98} = \underline{\underline{3,5\%}}$$

- залікова маса зерна кукурудзи (4.1):

$$Z_m = 20000000 - 20000000 * \frac{3,5+12,8}{100} = 20000000 - (20000000 * \frac{16,3}{100}) = 20000000 - (20000000 * 0,163) = 20000000 - 3260000 = 16740 \text{ ТОН}$$

Це варто підкреслити, що даний розрахунок застосовується виключно в тому випадку, коли зерно дійсно потребує подальшого опрацювання. Під час процесів сушіння та очищення відбувається зниження маси зерна через втрати вологи та наявність домішок. Якщо ж попереднє сушіння і очищення зерна не є доречним, зменшення його маси відбувається лише в межах допустимих норм природних втрат. Після завершення зберігання, елеватор надає акт-розрахунок, у якому деталізує та аргументує всі випадки зменшення маси збереженої партії [55, с. 54].

#### 4.4.2 Розрахунок кількості зерна кукурудзи в фізичній масі

Кількість зерна, що надходить, у фізичній масі становить [56]:

$$A_{\phi} = A_{зал} * K_{\phi} \quad (4.4)$$

де  $A_{зал}$  – обсяг заготівель у заліковій масі, т;

$K_{\phi}$  – коефіцієнт перерахунку залікової маси в фізичну (для зернових культур, при надходженні зерна автотранспортом протягом 30 діб = 1,15).

Отже, фізична маса зерна становить:

$$A_{\phi} = 16740 * 1,15 = \underline{\underline{19251 \text{ тон}}}$$

Максимальне добове надходження зерна визначають за формулою:

$$A_{доб} = \frac{0,75 * A_{авт} * K_{доб}}{P_p} \quad (4.5)$$

де  $A_{авт}$  – обсяг зерна, що приймається з автотранспорту, т;

$K_{доб}$  – коефіцієнт добової нерівномірності (приймаємо 1,6);

$P_p$  – розрахунковий період заготівель для даного підприємства (приймаємо як 30 діб) [57].

Отже, максимальне добове надходження зерна становить:

$$A_{доб} = \frac{0,75 * 19251 * 1,6}{30} = \frac{23101,2}{30} = \underline{\underline{770,04 \text{ т/добу}}}$$

#### 4.4.3 Приймання та відпуск зерна з автомобільного транспорту

Кількість необхідних технологічних ліній для приймання зерна з автотранспорту залежить від максимального обсягу зерна, що надходить за годину. Цей показник обчислюється як максимальний потік зерна автомобільним транспортом у тонах за годину, використовуючи відповідну формулу (4.6):

$$A_{нг}^a = \frac{A * K_{\Gamma}}{T} \quad (4.6)$$

де  $K_{\Gamma}$  – коефіцієнт нерівномірності надходження зерна;

$T$  – розрахунковий час роботи обладнання, год.

$$A_{\text{нг}}^a = \frac{770,04 \cdot 1,6}{8} = \frac{1232,06}{8} = \underline{\underline{154,0 \text{ т/год}}}$$

Добове надходження насіння розраховується за формулою:

$$A_{\text{нд}}^a = \frac{0,8 \cdot A \cdot K_d}{P_p} \quad (4.7)$$

де  $A$  – кількість зерна кукурудзи, що надходить від виробників за весь період заготівлі, т;

$K_d$  – коефіцієнт добової нерівномірності (приймаємо як 1,6);

$P_p$  – тривалість розрахункового періоду заготівлі, дів [58, с. 25-28].

Отже, розрахуємо максимальний потік зерна автомобільним транспортом за (4.7):

$$A_{\text{нд}}^a = \frac{0,8 \cdot 770,04 \cdot 1,6}{30} = \frac{985,65}{30} = \underline{\underline{32,9 \text{ т/добу}}}$$

При відпуску зерна на автомобільний транспорт приймають: розрахунковий місячний відпуск:

$$A_{\text{в.м.}}^a = \frac{A_{\text{в.р.}}^a}{N} \cdot K_{\text{в.м.}}^a \quad (4.7)$$

де  $N$  – число місяців відпуску;

де  $K_{\text{в.м.}}^a$  – коефіцієнт місячної нерівномірності відпуску насіння на автомобільний транспорт (приймаємо як 1,7).

$$A_{\text{в.м.}}^a = \frac{19251}{6} \cdot 1,7 = 3208,5 \cdot 1,7 = \underline{\underline{5454,45 \text{ т/міс}}}$$

Розрахунковий добовий відпуск:

$$A_{\text{в.д.}}^a = \frac{A_{\text{в.м.}}^a}{T_{\text{м}}^a} \cdot K_{\text{в.д.}}^a \quad (4.8)$$

де  $T_{\text{м}}^a$  – тривалість відпуску в місяць;

$K_{\text{в.д.}}^a$  – коефіцієнт добової нерівномірності відпуску насіння на автомобільний транспорт (приймаємо як 1,7).

$$A_{\text{в.д.}}^a = \frac{5454,45}{30} \cdot 1,7 = 181,8 \cdot 1,7 = \underline{\underline{309,06 \text{ т/добу}}}$$

Розрахунковий годинний відпуск:

$$A_{\text{в.г.}}^a = \frac{A_{\text{в.д.}}^a}{T_{\text{в.д.}}^a} \cdot K_{\text{в.г.}}^a \quad (4.9)$$

де  $T_{\text{в.д.}}^a$  – тривалість відпуску на добу;

$K_{в.г.}^a$  – коефіцієнт годинної нерівномірності відпуску насіння на автомобільний транспорт (приймаємо як 1,7).

$$A_{в.д.}^a = \frac{309,06}{8} * 1,7 = 38,6 * 1,7 = \underline{\underline{65,62 \text{ т/год}}}$$

Для транспортування зерна автомобільним транспортом передбачено використання бункера ємністю 20 тонн. У складі підприємства, враховуючи характер і обсяг робіт із зерном кукурудзи, передбачено лабораторію для прийому. Схема руху автотранспортом на заводі зображено в додатку А.

Приймаємо автоматичний пробовідбірник моделі А1-УП-2А. Весь обсяг зерна, що надходить на підприємство, повинен проходити попереднє очищення від грубих та легких домішок під час приймання, а також основне очищення до умов, що відповідають його цільовому призначенню.

Продуктивність сепараторів для основного очищення зерна розраховується відповідно до формули:

$$Q_c = \frac{0,04}{P_p} \left( \frac{A_1}{K_1} + \frac{A_2}{K_2} + \dots + \frac{A_n}{K_n} \right) \quad (4.10)$$

де  $A_1, A_2, A_n$  – маса зерна різноманітних культур які надходять на підприємство на протязі всього періоду заготівлі, т;

$K_1, K_2, K_n$  – коефіцієнти які залежать від культури, вологості і вмісту відокремлюваних домішок.

$$Q_c = \frac{0,04}{30} * \frac{20000}{0,9} = \underline{\underline{29,62 \text{ т/год}}} \text{ (приймаємо як } \underline{\underline{30 \text{ т/год}}})$$

Число сепараторів основного очищення:

$$N_c = \frac{\sum Q_c}{Q_{сп}} \quad (4.11)$$

де  $Q_{сп}$  – паспортна продуктивність сепаратора т/год.

$$N_c = \frac{30}{80} = \underline{\underline{0,375}} = \underline{\underline{0,4}}$$

Для даної технологічної схеми встановлено 1 сепаратор БСХ-100, зовнішній вигляд якого представлено на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Сепаратор BCX-100

#### 4.4.4 Розрахунок вагового устаткування

Під час визначення техніко-експлуатаційних характеристик зернового терміналу слід розрахувати необхідну кількість автомобільних ваг  $N_{ва}$  для вимірювання маси бруто і тари. Це число визначають за наступною формулою:

$$N_{ва} = 0,000666 * \frac{A_{пра} * K_{да} * K_{га} * t_3}{\Pi_{пз} * G_a} \quad (4.12)$$

$A_{пра}$  позначає загальну масу зерна, що надходить за допомогою автотранспорту протягом усього періоду заготівлі, вимірювану в тоннах.

Показник  $K_{да}$  відображає нерівномірність надходження зерна впродовж доби, тоді як  $K_{га}$  характеризує варіативність цієї нерівномірності за окремими годинами.

Час, необхідний для подвійного зважування одного автомобіля з реєстрацією документів, позначається як  $t_3$  і вимірюється в хвилинах.

Для розрахунків рекомендується використовувати такі параметри:

- час на подвійне зважування одиничного автомобіля або автомобіля з причепом становить 3 хвилини за одну установку на платформі вагів;

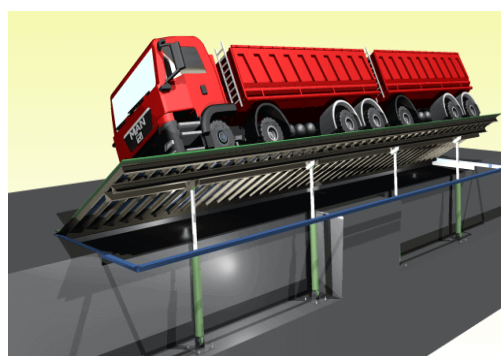
- для автопоїздів з причепами — 4,7 хвилини при двох зважуваннях та 8,7 хвилини при трьох. Для ваг з циферблатною головкою і механізмом друку даних цей час зменшується відповідно до 2,5; 3,7; 4,2 хвилин.

Показник  $P_{пз}$  представляє тривалість періоду заготівель у днях, а  $G_a$  — розрахункову вантажопідйомність автомобілів в тоннах.

Зерно розвантажують за допомогою спеціальних пристроїв. Для цього облаштовують підземні бункери, що через нижню транспортерну галерею під'єднуються до норій робочої вежі елеватора (рис. 4.2).



*а – через задній борт*



*б – через бічний борт*

Рис. 4.2. Автомобілерозвантажувач

Розвантаження здійснюється автомобілерозвантажувачами різних типів через задній або бічний борт без залучення ручної праці; за допомогою транспортерів зерно передається до норій робочої вежі.

Продуктивність і кількість обладнання для приймання зерна від автомобільного транспорту визначаються на основі найбільш напруженої доби, враховуючи збіг операцій і об'єм обробки. Також враховується нерівномірність надходження зерна протягом дня [59, с. 80-81].

$$N_{ва} = 0,000666 * \frac{20000 * 1,7 * 2,4 * 3}{30 * 25} = 0,000666 * 326,4 = \underline{\underline{0,22}}$$

Отже, кількість ваг приймаємо у кількості 1.

#### 4.5 Розрахунок і підбір обладнання для очищення зерна кукурудзи

Весь зерновий матеріал, що доставляється автотранспортом на заготівельні елеватори та хлібоприймальні пункти, спочатку проходить очищення від грубих і легких домішок.

Далі в процесі основного очищення видаляються домішки до рівня якості, який відповідає призначенню зерна. Основне очищення від домішок, що не впливають на довготривале зберігання, може бути виконано після завершення заготівельного періоду.

Машини для очищення зерна, такі як ворохоочисники, скальпелятори, нормалізатори чи сепаратори, повинні мати потужність, яка відповідає швидкості обробки на приймальних лініях [60, с. 24].

Очищення від домішок заплановано на етапі приймання зерна з автомобілів. Годинна продуктивність зерноочисних машин повинна бути розрахована з урахуванням їхньої роботи протягом 20 годин на добу.

$$Q_c = \frac{A_{\text{доб}} \cdot 0,8}{20} \quad (4.13)$$
$$Q_c = \frac{770,04 \cdot 0,8}{20} = \frac{616,03}{20} = \underline{\underline{30,8 \text{ т/добу}}}$$

За даними розрахунків нами запропоновано встановлення сепаратора БСХ 100. У таблиці 4.3 представимо його технічну характеристику.

Таблиця 4.3 – Технічна характеристика сепаратора БСХ 100

Показник	Значення
1	2
Продуктивність, т/год:	
- попередня очистка (елеваторний режим);	80
- остаточна очистка (млиновий режим) для пшениці вологістю до 15% і вмістом засмічених домішок до 3%	24
Ефективність очищення від засмічених домішок, %, не менше:	
- попереднє очищення;	20
- остаточне очищення для пшениці вологістю до 15% і вмістом засмічених домішок до 3%	80
Встановлена потужність, кВт, не більше	1,5
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год, не більше:	8500
- на пневмосепарування;	7300
- на аспірацію кузова	1200

1	2
Частота кругових коливань решітного кузова $C^{-1}$ (кол/хв)	6,25 (375)
Радіус кругових коливань кузова мм, не більше	11±2
Габаритні розміри мм, не більше, сепаратора (без циклона): дшв	2457x2509x2154
Площа решіт (підсівних / приймальних) м.кв.	6 (3/3)
Кількість решіт (підсівних / приймальних) шт.	8 (4/4)
Займана площа, м <sup>2</sup> не більше	6,0
Маса кг, не більше	1583
Термін служби, років	8

Створено на основі: [62-64]

Володіючи інформацією про обсяги зерна, що підлягають обробці на кожній технологічній лінії, можливо розрахувати потрібну кількість машин для проведення основного очищення зерна, використовуючи наступну формулу:

$$N_c = \frac{0,04 \cdot A}{\Pi_{т.с.} \cdot \Pi_p} \quad (4.14)$$

де,  $\Pi_{т.с.}$  – паспортна продуктивність, т/год;

$$N_c = \frac{0,04 \cdot 20000}{80 \cdot 30} = \frac{800}{2400} = \underline{\underline{0,33}} = \underline{\underline{1 шт.}}$$

Продуктивність технічна, зазначена в рядку 1, відноситься до очищення вихідної сировини – пшениці з об'ємною масою 760 кг/м<sup>3</sup> та вмістом домішок (насіння бур'янів і культурних рослин): - для попереднього очищення з вмістом засмічених домішок до 15% при вологості до 20%; - для вторинного очищення з вмістом засміченої домішки до 3% при вологості до 15%. При збільшенні вищевказаних норм засміченості і вологості вихідного матеріалу технічна продуктивність сепараторів зменшується на 2% на кожен відсоток збільшення забур'яненості та на 5% на кожен відсоток збільшення вологості. Для очищення інших культур, відмінних від пшениці, продуктивність зменшується таким чином: - для жита і кукурудзи - до 90%; - для проса і ячменю - до 80%; - для гречки та вівса - до 70%; - для соняшнику - до 50% від номінальної.

Сепаратор БСХ-100 призначений для використання в якості зерноочисної машини на підприємствах агропромислового комплексу, в тому числі на вибухонебезпечних виробничих об'єктах. Сепаратор експлуатується в складі зернотоків, в зернопідготовчих відділеннях на зерносховищах, елеваторах, борошномельних заводах, солодовнях, комбікормових заводах і т. п. При застосуванні спеціальних консистентних мастил сепаратор запускається і надійно працює при температурі від мінус 30 °С [64].

#### **4.6 Розрахунок і підбір сушарок**

Термічне сушіння на традиційних енергоносіях і надалі залишатиметься основним методом для первинної обробки вологого зерна, особливо там, де потрібні високий рівень технологічності та автоматизації параметрів, а також їх системне забезпечення.

Цей метод гарантує стабільну якість продукції. З урахуванням специфіки обробки та важливості такої продукції, використання термічного сушіння виправдане і може бути комерційно вигідним [65, с. 18].

Зазвичай, розрахунок параметрів зерносушарки здійснюється на підставі технічного завдання, де визначено тип сушарки, кількість зон сушіння та необхідна продуктивність обладнання [66, с. 91].

Отже, проведемо розрахунок сушарок та представимо найбільш доцільний варіант для нашого виробництва.

Для забезпечення приймання зерна з вологістю, що перевищує базисні кондиції, планується створення сушильного вузла.

Продуктивність та чисельність зерносушарок мають відповідати вимогам сушіння в обсягах середньодобового надходження зернових і бобових культур, що постачаються виробниками зерна [67].

Об'єм сушіння зерна ( $A_c$ , в планових одиницях, тонн) для підприємства в цілому визначають за формулою:

$$A_c = 0,8 * A_{авт} * K_ε * K_n * K_{к.ср} \quad (4.15)$$

де  $A_{авт}$  – кількість зерна, що надходить від постачальників за весь період заготівлі, т;

Коефіцієнт перерахунку ( $K_ε$ ) фізичних одиниць в планові визначається на основі частки вологого і сирого зерна в загальному обсязі заготівель, як зазначено в табл. 4.4.

Для типових проектів  $K_ε$  варіюється: для районів з сухим зерном встановлюється на рівні 0,6; для районів із середньою вологістю зерна – 0,8; для районів з сирим і дуже вологим зерном – 1,2. У нашому випадку ми обираємо коефіцієнт 1,1.

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти перерахунку фізичних одиниць зерна в планові одиниці при його сушінні

Кількість сирого і вологого зерна в загальному об'ємі заготівлі, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	90+
$K_ε$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3

Коефіцієнт середньозважений, відомий як  $K_{к.ср}$ , визначає зміну продуктивності зерносушарок з огляду на тип культури, що підлягає сушінню, і встановлений на рівні 1.

Коефіцієнт  $K_n$  враховує цільове призначення зерна: для продовольчих і фуражних культур він дорівнює 1, а для насінневих культур — 2. У даному випадку значення  $K_n$  також прийняте як 1.

$$A_c = 0,8 * 20000 * 1,1 * 1 * 1 = \underline{\underline{17600 \text{ т}}}$$

Рекомендовані показники продуктивності зерносушарок, залежно від розміру партії, призначеної для сушіння впродовж періоду заготівлі, визначаються згідно з табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Продуктивність зерносушарки в залежності від партії зерна

Розмір партії для сушіння протягом періоду заготівлі, т,	Рекомендована продуктивність зерносушарки, планова т/год
Не менше 10000	100
Не менше 5000	50
Не менше 3000	32...25
Менше 3000	10

Отже, спираючись на дані з таблиці 4.5 можемо зробити висновок, що доцільним для сушіння буде зерносушарка, яка має продуктивність не менше ніж 100 т/год.

Планова кількість зерна ( $Q_{т, план.}$  т), яку може просушити одна сушарка за період заготівель, визначається за формулою:

$$Q_z = Q_{zn} * K_{пер} * П_p * 20,5 * K_{\delta} \quad (4.16)$$

де  $Q_{zn}$  – паспортна продуктивність зерносушарки, планована у тоннах за годину;

$K_{пер}$  – коефіцієнт, який враховує зниження продуктивності зерносушарки у залежності від кількості партій, що спрямовуються на неї. Значення цього коефіцієнта приймається згідно з табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Містить значення коефіцієнтів щодо зниження продуктивності зерносушарок

Число партій	$K_{пер}$
1	1,0
2	0,94
3	0,84
4	0,73
5	0,35

$K_{\delta}$  – коефіцієнт, що відображає зниження продуктивності зерносушарок у процесі роботи. Для елеваторів коефіцієнт  $K_{\delta}$  дорівнює 1,0;

$П_p$  – розрахунковий період заготівлі, виражений у кількості діб.

Приймаємо в експлуатацію зерносушилку GSI моделі 2418. У таблиці 4.7 представимо технічні характеристики обраної сушарки.

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики сушарки GSI моделі 2418

Характеристика	Показник
1	2
Тип	Безпервна колонна сушарка
Продуктивність, т/год, т	75-100
Ємність, т	200
Тип палива	Газ, пропан
Максимальна температура нагріву, °C	До 110
Система контролю	Автоматизована, з можливістю налаштування температури та вологості
Споживання електроенергії	Залежить від типу нагрівача та конфігурації вентиляторів
Рівень шуму	Середній, з наявністю шумопоглинаючих елементів
Габарити, мм	15000x3000x10000
Вага, кг	20000

GSI 2418 являє собою значну вертикальну споруду, виготовлену з металевих панелей, зазвичай пофарбованих у світлий відтінок. Вона, як правило, складається з основного корпусу, на одній стороні якого розташована система вентиляторів, а також включає теплогенератор або піч.

Крім того, вона обладнана спеціалізованою системою для вивантаження сухого зерна [68].

$$Q_3 = 75 * 1 * 30 * 20,5 * 1 = \underline{\underline{46125 \text{ т}}}$$

Для визначення необхідної кількості зерносушарок використовуємо наступну формулу:

$$N_c = \frac{A_c}{Q_3} \quad (4.17)$$

$$N_c = \frac{17600}{46125} = 0,38 = 0,4 = 1$$

Отже, приймаємо 1 зерносушарку GSI 2418.

Рекомендована місткість ємностей для зерносушарок визначається на основі кількох ключових факторів, зокрема обсягів зерна, яке планується обробляти, типу зерносушарки, а також її експлуатаційних умов.

Оптимальний вибір місткості забезпечує ефективність сушіння, зменшує енергетичні витрати і сприяє збереженню якісних характеристик оброблюваного зерна. Таким чином, підбір відповідної місткості є критично важливим для досягнення максимальних результатів праці й економічної вигоди в аграрному секторі.

Рекомендована ємність сховища для розміщення сирого і вологого зерна в одній зерносушарці визначається відповідно до табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Рекомендована місткість ємностей для зерносушарок

Продуктивність зерносушарки, пл.т/год	Місткість оперативної ємності, т	Місткість накопичувальної ємності, т
10...12,5	100	1000
25...32	250	3000
50	400	5000
100	800	10000

Для визначення місткості ємностей групи зерносушарок розглядають суму місткостей кожної окремої сушарки. Враховуючи те, що обрана модель сушарки (GSI 2418) має продуктивність близько 75-100 тонн зерна на годину, можемо вказати, що ємність для оперативного зберігання прийнята на рівні 800 тонн, а накопичувального резервуара – 10,000 тонн.

#### **4.7 Розрахунок і підбір норій та транспортерів**

Визначення необхідної кількості норій слід здійснювати з урахуванням всіх операцій з обробки зерна, які відбуваються одночасно. Число необхідних норій у робочій башті обчислюється на основі наведених вихідних даних і проведених розрахунків.

Розрахунок кількості норій проводиться з умовою виконання протягом доби найбільшого обсягу таких операцій:

1. Приймання зерна з автотранспорту – 3204 тонни.
2. Відвантаження зерна в автомобілі – 2000 тонн.
3. Очищення зерна – 1500 тонн на добу.
4. Сушіння зерна – 720 тонн на добу.
5. Провітрювання – 2000 тонн.

Кількість годин роботи норії ( $N_z$ , години) для кожної операції розраховується за відповідною формулою:

$$N_z = \frac{a \cdot K_n}{Q_n \cdot K_v \cdot K_{вз} \cdot K_k} \quad (4.18)$$

де  $a$  — добовий обсяг операції в тоннах;

$K_n$  — кількість підйомів зерна, визначена об'ємно-планувальними рішеннями виробничого приміщення. У разі одноступінчатої схеми, цей коефіцієнт для всіх операцій дорівнює 1, а для сушіння дорівнює 2;

$Q_n$  — продуктивність норії, т/год; вважається на рівні 175 т/год;

$K_v$  — коефіцієнт використання норії, обирається згідно з табл. 4.9;

$K_{вз}$  — коефіцієнт, що визначається якісною характеристикою зернової маси, обирається згідно з табл. 4.10;

$K_k$  — коефіцієнт, що залежить від типу транспортуваної культури, обирається згідно з табл. 4.11.

Таблиця 4.9 – Коефіцієнт використання норії

№	Операція	Норії продуктивністю т/год			
		100	175	250	500
1	2	3	4	5	6
1	Приймання зерна, що вивантажується з автомобілів	0,85	0,8	0,75	0,7
2	Прийом зерна, яке вивантажується з залізничних вагонів	0,8	0,75	0,75	0,7
3	Прийом зерна, що розвантажується з водного транспорту	0,85	0,8	0,75	0,7
4	Відправлення зерна у залізничні вагони	0,8	0,75	0,7	0,65

## Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6
5	Подача зерна у відпускні ємності для завантаження водного транспорту	0,85	0,85	0,75	-
6	Подача зерна в надсепараторні, надсушарні бункери і схожі пристрої	0,9	0,85	0,8	-
7	Транспортування зерна з ємностей під сепараторами, під сушарками та інших подібних систем	0,9	0,85	0,8	-
8	Підготовка зернових партій для виробництва	0,9	0,85	0,8	-
9	Внутрішнє переміщення зерна: а) із ємності в ємність, при інвентаризації та інші. б) при провітрюванні зерна, підсортуванні	0,9 0,6	0,9 0,55	0,8 0,5	- -

Таблиця 4.10 – Коефіцієнти, що впливають на зміну продуктивності обладнання, залежно від вологості зерна та рівня його засміченості

Вміст відокремлюваної домішки, %	Вологість, %					
	<15	15-17	17-19	19-22	22-25	25<
1	2	3	4	5	6	7
<i>Автомобілерозвантажувачі</i>						
до 10	1,0	1,09	0,9	0,9	0,8	0,7
більше 10	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6
<i>Норії, конвеєри</i>						
до 5	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
від 5 до 10	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7
від 10 до 15	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7
<i>Сепаратори для попередньої очистки (скальператори)</i>						
до 5	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7
від 5 до 10	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6
від 10 до 15	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5
<i>Сепаратори основної очистки</i>						
до 10	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
від 10 до 15	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
від 15 до 20	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
більше 20	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2

Таблиця 4.11 – Коефіцієнти зміни продуктивності обладнання в залежності від типу культури

Зерновакультура	Норії, конвеєри
Пшениця	1,0
Ячмінь	0,8
Овес	0,7
Жито	0,9
Просо	0,8
Горох	0,9
Гречка	0,7
Соняшник	0,6
Соя	0,9
Кукурудза	0,9

Розрахуємо необхідне число годин роботи норій:

1. Приймання зерна, що розвантажується з автотранспорту:

$$N_z = \frac{3204 * 1}{175 * 0,8 * 1 * 0,9} = \frac{3204}{126} = 25,4 \text{ н.г.}$$

2. Відвантаження зерна в автомобілі:

$$N_z = \frac{2000 * 1}{175 * 0,8 * 1 * 0,9} = \frac{2000}{126} = 15,9 \text{ н.г.}$$

3. Очистка зерна:

$$N_z = \frac{1500 * 1}{175 * 0,9 * 0,9 * 0,9} = \frac{1500}{127,6} = 11,8 \text{ н.г.}$$

4. Сушіння зерна:

$$N_z = \frac{720 * 1}{175 * 0,9 * 0,9 * 0,9} = \frac{720}{127,6} = 5,6 \text{ н.г.}$$

5. Провітрювання:

$$N_z = \frac{2000 * 1}{175 * 0,6 * 0,7 * 0,9} = \frac{2000}{66,15} = 30,2 \text{ н.г.}$$

$$\Sigma N_z = 25,4 + 15,9 + 11,8 + 5,6 + 30,2 = 88,9 = \underline{\underline{90 \text{ н.г.}}}$$

У таблиці 4.12 представимо узагальнені дані щодо кількості годин роботи норій по операціям.

Таблиця 4.12 – Кількість годин роботи норій по операціям

№	Операція	Об'єм операції за добу	Необхідна кількість годин роботи на певній операції
			Продуктивність норій, т/год – 175
1	2	0	0
1	Приймання зерна, що розвантажуються автотранспорту з	3204	25,4
2	Відвантаження зерна в автомобілі	2000	15,9
3	Очистка зерна	1500	11,8
4	Сушіння зерна	720	5,6
5	Провітрювання	2000	30,2
	<b>ВСЬОГО:</b>	<b>9424</b>	<b>88,9 (прийм. як 90)</b>

Розрахункову кількість норій ( $N_{np}$ , шт.) визначають за формулою:

$$N_{np} = \frac{\sum H_{\Gamma}}{24}, \text{ шт} \quad (4.19)$$

$$N_{np} = \frac{90}{24} = 3,75 = \underline{\underline{4 \text{ шт}}}$$

Необхідну кількість норій ( $N_n$ , шт.) визначають за формулою:

$$N_n = \frac{N_{np}}{K_n}, \text{ шт} \quad (4.20)$$

де  $K_n$  – це коефіцієнт використання основних норій за часом.

Якщо  $N_{np}$  менше 3, він становить 0,65; якщо  $N_{np}$  від 3 до 4, тоді 0,7; якщо  $N_{np}$  від 4 до 5, він дорівнює 0,75. Ми приймаємо значення 0,75.

$$N_n = \frac{4}{0,75} = \underline{\underline{5,3 \text{ шт}}}$$

Таким чином, з урахуванням наших даних необхідно використання мінімум 5 норій, з запасом рекомендовано використати 6 шт.

Приклад зернових норій представлено на рис. 4.3.



Рис. 4.3. Норії зернові

Норії серій НМ та НЦ активно застосовуються для вертикального переміщення зерна та інших сільськогосподарських культур на задану висоту в елеваторах, комбикормових заводах, млинах та інших промислових підприємствах.

В норіях серії НМ в якості тягового органу використовується стрічка з закріпленими ковшами, тоді як у серії НЦ – ланцюг із ковшами. Висота норій регулюється залежно від потреб конкретного підприємства, причому з її збільшенням встановлюються потужніші мотор-редуктори.

Максимальна висота для норії НМ-50 не перевищує 30 метрів, для серій НЦ-50 та НЦ-20 – 40 метрів, а найвища допустима висота для норії НМ-100 може досягати 60 метрів. Серед представлених моделей норії найбільш продуктивною є серія НМ, особливо модель НМ-100.

Слід зазначити, що числове позначення після серійного коду НМ вказує на її продуктивність; так, норія НМ-100 здатна переміщувати до 100 тонн

зерна на годину. Цей принцип також застосовується до моделі НМ-50, яка має продуктивність до 50 тонн на годину.

У випадку з норіями НЦ-50 та НЦ-20 продуктивність не співвідноситься з числовим позначенням серії; НЦ-50 може транспортувати до 25 тонн на годину, тоді як НЦ-20 – лише 12 тонн на годину. Норії моделей НМ-100 та НМ-50 можуть експлуатувати різноманітні приводи таких виробників, як Bauer, Bonfoglioli, Sew-Eurodrive, Nord.

Моделі НЦ-20 та НЦ-50 мають трохи ширший вибір виробників для комплектування, включаючи Bauer, Bonfoglioli, Sew-Eurodrive, Nord, Sitty, Innovarry та 4МЦ2С. Параметри окремих складових частин норій у різних моделях також суттєво розрізняються.

Так, потужність приводу норії НМ-100 при мінімальній висоті 10 м становить 7.5 кВт/год, при максимальній висоті 60 м – 30 кВт/год. У випадку з норією НМ-50 ця потужність варіюється від 4 кВт/год при висоті 10 м до 9.2 кВт/год при висоті 30 м.

Для норії НЦ-50 ці показники становлять 3 кВт/год та 7.5 кВт/год відповідно, а для моделі НЦ-20 – від 1.5 кВт/год до 5.5 кВт/год. Порівняно з аналогами норія НМ-100 споживає значно більше електроенергії.

Маса норії НМ-100 при висоті 10 м становить 1640 кг, а при висоті 60 м – 5520 кг. Маса норії НЦ-20 при висоті 10 м складає 1010 кг, а при максимальній висоті 40 м – 2440 кг. Вага норії НЦ-50 при висоті 10 м – 1160 кг. Вага для норії НМ-50 була встановлена лише для висоти 20 м і становить 993 кг. Найбільшою за масою серед аналогів є норія НМ-100 [69, с. 15-16].

Далі нами буде представлено *підбір транспортерів*.

На елеваторах для транспортування зерна як правило рекомендуються наступні типи транспортерів: стрічкові, ланцюгові, шнекові.

Продуктивність приймально-відпускних конвеєрів в залежності від об'єму виконуваної операції слід визначати, враховуючи потужність пов'язаних з ними норій. Продуктивність надсилосних та підсилосних транспортерів приймається аналогічно.

Кількість транспортерів для приймання і відпуску слід визначати з урахуванням необхідної кількості ліній.

Кількість надсилосних і підсилосних транспортерів визначається об'ємно-планувальним вирішенням, але не може бути меншою за кількість потоків, одночасно виконуваних операцій.

Кут підйому похилої частини стрічкових конвеєрів допускається не більше 14°. Радіус викривлення підйому транспортера, як правило, приймають рівним 85 м.

Швидкість стрічок транспортерів приймають не більше 2,8 м/с [70].

#### 4.8 Розрахунок місткостей для зберігання зерна кукурудзи

Силоси конструюються у різноманітних формах, включаючи круглі з діаметром 6 метрів та квадратні, сторона яких може мати величину 3, 3,2 або 4 метри у горизонтальному перерізі.

Розташування круглих і квадратних силосів виконується у рядки, що залежать від місткості корпусу силосу, його інтеграції з робочою баштою та максимальної кількості надсилосних та підсилосних транспортерів.

Типові проекти передбачають висоту силосів до 30 метрів [71].

Необхідна паспортна місткість зерносховища розраховуємо за формулою:

$$E_{np} = (A_{\phi} + O_n + B_n) * K_k \quad (4.21)$$

$A_{\phi}$  – загальна кількість зерна, що надійде в фізичній масі – 19251 т.

$O_n$  – запланований перехідний залишок зерна для типових проектів 15% від  $A_{\phi}$ , розраховуємо за формулою:

$$O_n = A_{\phi} * 15\% \quad (4.22)$$

$$O_n = 19251 * 15\% = \underline{2887,7 m}$$

$B_n$  – запланований об'єм відвантаження за період заготівлі 10% від  $O_n$ :

$$B_n = O_n * 10\% \quad (4.23)$$

$$B_n = 2887,7 * 10\% = \underline{288,8 m}$$

$K_k$  – середньозважений коефіцієнт на розміщення різних культур.

$$E_{np} = (19251 + 2887,7 + 288,8) * 0,8 = 22427,5 * 0,8 = \underline{17942 t}$$

Накопичувальна здатність для тимчасового зберігання зерна, окрім ємностей зерносушарок, враховується у загальній місткості підприємства, що розташоване в робочій башті, і становить від 5 до 15% від загальної місткості:

$$E_{m.p.} = E_{np} * 0,10 \quad (4.24)$$

$$E_{m.p.} = 17942 * 0,10 = \underline{1794,2 t}$$

Паспортна місткість силосного корпусу:

$$E_{ek} = E_{np} - E_{m.p.} \quad (4.25)$$

$$E_{ek} = 17942 - 1794,2 = \underline{16147,8 t}$$

Для зберігання зерна кукурудзи з паспортною місткістю силоса в 16,147.8 тонн підходять моделі від компаній GSI, Sukup або Chief, які пропонують варіанти з необхідним обсягом.

Оскільки у нас вже встановлені зерносушарки від GSI, оптимальним вибором може стати силос GSI Model 4016, який відповідає цим вимогам і відрізняється надійною вентиляційною системою та можливістю ефективного контролю вологості, що робить його ідеальним для зберігання кукурудзи.

Зовнішній вигляд силосів представлено на рис. 4.4.



Рис. 4.4. Силос для зберігання зерна кукурудзи GSI

Силос GSI Model 4016 може вміщувати приблизно від 12000 до 16000 тонн, у залежності від щільності зерна та умов зберігання, таких як вологість. Отже, для розрахунку необхідної кількості силосів візьмемо середнє значення у 14000 т:

$$16147,8 / 14000 = \underline{\underline{1,15}}$$

Отже, для виробництва вистачає 1 силосу GSI Model 4016.

Необхідно також розглянути встановлення системи температурного моніторингу, що допоможе оптимізувати процес зберігання і забезпечити відповідні умови для збереження якості зерна [72].

## Висновки до розділу 4

1. Застосування зерносушарки GSI дозволяє підготувати зерно до зберігання, дотримуючись високих стандартів якості. Це допомагає продовжити термін зберігання і мінімізувати втрати.

2. Особливу увагу слід приділити зниженню травматизації зерна в процесі його технологічної обробки. Це підкреслює необхідність проведення досліджень щодо впливу сучасного технологічного обладнання на зерно кукурудзи в умовах реального виробництва.

3. Кукурудза класифікується на різні типи залежно від її подальшого використання, включаючи кормову, цукрову, кременисту та зубоподібну. Кожен із цих класів потребує дотримання певних вимог, які стосуються таких параметрів, як рівень вологості, вміст крохмалю, цукрів або білків, що визначається сферою застосування—харчова промисловість, виготовлення кормів чи біоенергетика. Дотримання цих вимог є запорукою високої якості кінцевої продукції.

4. Проведено розрахунок і підбір обладнання для приймання і відпуску зерна кукурудзи.

При фізичній масі зерна в 19251 тону максимальне добове надходження зерна становить 770,04 т/добу. Кількість ваг приймаємо у кількості 1.

Доцільним для сушіння буде зерносушарка, яка має продуктивність не менше ніж 100 т/год, а саме GSI 2418.

5. При розрахунку місткостей для зберігання зерна кукурудзи, було встановлено, що кращим силосом для виробництва буде GSI Model 4016.

## РОЗДІЛ 5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАССР

Ефективність функціонування підприємницьких структур у аграрному секторі економіки суттєво залежить від регіональних особливостей, спеціалізації та природно-кліматичних умов відповідного регіону.

На думку аграрних науковців, один з ключових факторів, що позитивно впливають на ефективність роботи фермерських господарств, - це розмір землекористування.

Збільшення площі оброблюваної землі сприяє дотриманню агротехнічних вимог, впровадженню науково обґрунтованих сівозмін і застосуванню інтенсивних технологій [73, с. 9-10].

Ефективність діяльності підприємства є багатогранною ознакою його функціонування як соціально-економічної системи.

Для її оцінки доцільно застосовувати комплексний метод, який включає різноманітні критерії, такі як продуктивність витрат, досягнення цілей та конкурентоспроможність.

Показник ефективності є одним з основних критеріїв для продовження існування та розвитку підприємства.

Соціально-економічна ефективність виражається у підвищенні рівня життя населення, ефективності суспільного виробництва й національного багатства країни.

Узагальнене уявлення про соціально-економічну ефективність демонструється на рис. 5.1 [74, с. 187-188].

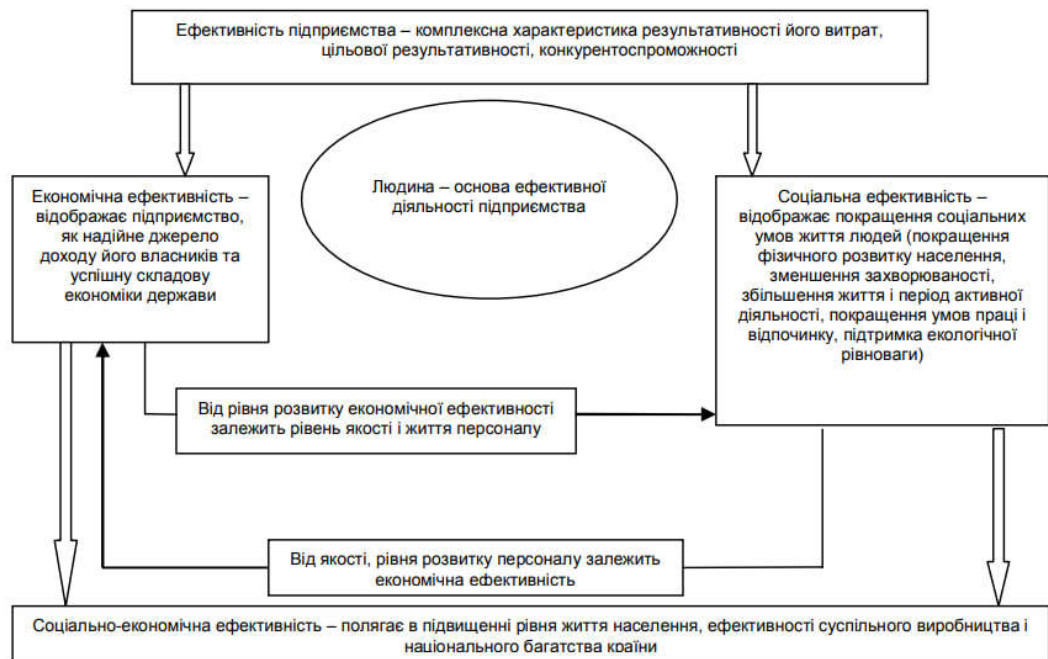


Рис. 5.1. Модель узагальненої суті соціально-економічної ефективності

Економічна та соціальна ефективність зазвичай розглядаються як протилежні характеристики підприємства: економічна ефективність здебільшого відображає приватні інтереси обмеженого кола власників засобів виробництва, в той час як соціальна ефективність орієнтована на суспільні інтереси та інтереси колективів підприємств.

Незважаючи на очевидну різницю, ці два типи ефективності є взаємопов'язаними і формують єдине поняття загальної ефективності функціонування підприємства.

Проте, окрім цього аспекту інтеграції, існує й інший: економічна ефективність може слугувати підґрунтям для зростання соціальної ефективності, і навпаки.

У межах ринкових відносин взаємозв'язок між економічною та соціальною ефективністю, зазвичай, носить односторонній характер, де підвищення економічної ефективності часто досягається шляхом зменшення соціальної.

Це спричиняє те, що єдність між економічною та соціальною ефективністю стає все більш суперечливою, ведучи до загострення негативних явищ, таких як посилення соціальної нерівності, зростання безробіття та бідності, а також погіршення екологічної ситуації.

Економічна ефективність, що зростає за рахунок зниження соціальної ефективності, не може бути стійкою в довготривалій перспективі, оскільки суспільство, що занепадає у фізичному, матеріальному та моральному плані, буде неспроможним підтримувати економічне зростання, що вигідне лише невеликій частині власників підприємств.

Тому держава повинна виконувати функцію перерозподілу фінансових ресурсів між найбагатшими і найбіднішими верствами населення, щоб забезпечити стабільний соціальний та економічний розвиток суспільства без втрати мотиваційних стимулів у продуктивно діючої частини населення [75, с. 260].

### **Застосування принципів НАССР**

На кожному виробництві пріоритетом є створення групи з безпеки продукції (група НАССР), яка повинна бути призначена керівництвом відповідно до нормативних вимог. Система НАССР на виробництві має включати такі елементи:

1. Утворену та затверджену групу НАССР для забезпечення безпеки продукції.
2. Досконалий опис продукту, сировини та допоміжних матеріалів, що застосовуються у виробництві.
3. Чітко визначене призначення продукту.
4. Розроблену блок-схему технологічного процесу.
5. На місці перевірену блок-схему технологічного процесу.
6. Принцип 1: Проведення аналізу небезпечних факторів.
7. Принцип 2: Визначення критичних контрольних точок.
8. Принцип 3: Встановлення критичних меж для кожної точки.
9. Принцип 4: Запровадження процедур моніторингу.

10. Принцип 5: Розробка коригувальних дій. 1

1. Принцип 6: Створення процедур верифікації для підтвердження ефективності заходів.

12. Принцип 7: Впровадження детального документування всіх процедур і протоколів.

Для забезпечення ефективної роботи системи НАССР необхідно розробити й впровадити процедури, які включатимуть щорічну валідацію та верифікацію через внутрішні аудити. Рекомендується зберігати записи протягом щонайменше трьох років.

Групі НАССР радять проводити регулярні тренінги для персоналу з питань безпеки продукції, як мінімум один раз на рік [76, с. 21-22].

### **Етап 1: створення робочої групи НАССР**

Для успішної підготовки та впровадження системи НАССР на підприємстві, керівництво обов'язково формує групу НАССР (група забезпечення безпеки продукції) шляхом видання наказу. Рекомендується, щоб до складу цієї групи входили представники з кожного відділу або підрозділу, зокрема, виробництва, контролю якості та безпеки, інженерної служби тощо.

Також має бути призначено керівника групи НАССР та його заступника. Для того щоб підготувати інформацію для оцінки ризиків та їх аналізу, група розробляє детальні описи продукції, сировинних матеріалів, хімічних сполук та додаткових матеріалів, які можуть контактувати з продуктом або потенційно впливати на його безпеку.

### **Етап 2. Опис продукції**

Сировина, призначена для подальшої переробки та зберігання, а також продукт, до якого застосовується система планування НАССР, повинні містити такі ключові елементи:

- назва категорії чи конкретного виду продукції;
- посилання на відповідний нормативний документ;
- визначення характеристик продукції;

- інформація про походження продукції;
- цільове використання продукції;
- деталі пакування;
- особливості маркування;
- термін придатності та умови зберігання;
- критерії приймання та умови відвантаження, включно з вимогами до документації;
- умови транспортування;
- виявлення небезпечних факторів.

### **Етап 3. Визначення передбачуваного використання продукту**

Необхідно визначити, для чого споживач планує використовувати продукт: чи буде він перероблений для вживання в їжу, чи, можливо, використаний для виготовлення кормів.

Ретельне і повне виконання 3 та 4 етапів суттєво сприятиме формуванню повного розуміння призначення продукту та допоможе виявити потенційні загрози.

### **Етап 4. Побудова блок-схеми виробничого процесу**

Технологічна схема процесів має забезпечувати безперервність виконання етапів, охоплювати всі кроки та служити основою для подальшого аналізу ризиків. Вона представлена у формі блок-схеми, де кожен блок відображає окремий етап та взаємозв'язок всіх виробничих етапів.

Група НАССР повинна перевірити точність технологічної схеми через перевірку на місці. Для всіх продуктів харчування, кормів та їхньої сировини, що охоплюються системою, необхідно розробити детальні схеми процесів.

Схеми технологічних процесів повинні включати:

- послідовність та взаємодію всіх етапів, від отримання сировини до відвантаження продукції, включаючи підрядні роботи;
- дані про обладнання, що використовуються у виробництві;
- етапи, на яких сировина та допоміжні матеріали включаються в процес;

- етапи для проведення контрольних заходів, важливих для безпеки продуктів;

- етапи, на яких здійснюється доопрацювання та повернення продукції;

- етапи, де вилучаються проміжні продукти та відходи з процесу;

- маршрути руху сировини, матеріалів і готової продукції, а також відходів, які вилучають з процесу.

Схеми повинні бути досить деталізовані для визначення небезпечних факторів. Необхідну інформацію можна подавати у вигляді додатків до схем. У разі потреби розробляються плани виробничих приміщень.

Група НАССР повинна проводити початкову та періодичну перевірку точності, достатності та відповідності описів сировини, продуктів і схем реальному стану справ.

#### **Етап 5. Перевірка схеми виробничого процесу на виробництві**

Важливо, щоб блок-схема точно відображала виробничі операції, адже вона служить основою для аналізу ризиків. Зазвичай, підтвердження актуальності блок-схеми передбачає фізичну перевірку процесу. Якщо це неможливо, важливо покладатися на знання та досвід учасників системи НАССР, щоб гарантувати відповідність блок-схеми реальним операціям і виробничим процесам. Технологічна схема по прийманню і зберіганню зерна наведена в **Розділі 1** рисунок 1.7.

#### **Етап 6. Ідентифікація та оцінювання небезпечних факторів**

Група НАССР повинна здійснити ретельний аналіз усіх потенційних ризиків для кожного етапу технологічного процесу, враховуючи біологічні, хімічні та фізичні небезпечні фактори, починаючи від приймання сировини і завершуючи відвантаженням продукції кінцевому замовнику.

Особливу увагу слід звертати на небезпечні фактори, описані в законодавчих актах, державних санітарних нормах, нормативних документах та договорах з клієнтами.

Ідентифікація небезпечних чинників в сировині Ідентифікація небезпечних чинників в сировині та матеріалах оформлюється за формою, що подана у табл. 5.1, проаналізувавши ДСТУ 4525:2006.

Таблиця 5.1. - Ідентифікація небезпечних чинників в кукурудзі

Сировина	Нормативний документ	Небезпечні чинники		
		Біологічні-Б	Хімічні-Х	Фізичні-Ф
Кукурудза	ДСТУ 4525:2006	Патогенні гриби, бактерії, гризуни, шкідники хлібних запасів	Мікотоксини, токсичні елементи, пестициди, радіонукліди	Металеві домішки, камінці, скло, пластик, уламки дерева

- *Біологічний небезпечний фактор*: можливість розвитку патогенних мікроорганізмів, що може відбутися в результаті біологічного забруднення ззовні, або розвиватися в ході виробництва чи зберігання;

- *Хімічний небезпечний фактор*: можлива наявність хімічних забруднюючих речовин, що можуть бути принесені з сировиною або допоміжними матеріалами, виникати через недостатнє видалення залишків миючих засобів чи проявлятися як продукти розпаду хімічних сполук, таких як пестициди і речовини, використовувані у виробничому процесі;

- *Фізичний небезпечний фактор*: ризик потрапляння в продукт сторонніх предметів, таких як уламки скла, деревини або металу.

Група НАССР повинна скласти детальний перелік цих небезпечних факторів і оцінити ступінь їх потенційного несприятливого впливу на здоров'я людини та/або тварин. Види небезпечних факторів при прийманні та зберіганні зерна більш детально описано у табл. 5.2.

Також у табл. 5.3 представило аналіз потенційних небезпек.

Таблиця 5.2 – Види небезпечних факторів при прийманні та зберіганні зерна

<b>Вид небезпечного фактора</b>	<b>Що саме?</b>	<b>Причини появи</b>	<b>Контрольні заходи</b>
Ф	Сторонні тіла, які можуть забруднювати зерно й завдавати шкоду споживачу: скло, металеві частини, каміння, пісок	Вхідне зерно з первинного виробництва, забруднення під час зберігання.	Лабораторний контроль при прийманні, контроль при зберіганні та відвантаженні
Х	показники безпеки	Результат росту плісєних грибів під час сушіння та зберігання зерна	Лабораторний контроль при прийманні, контроль при зберіганні та відвантаженні
Х	Залишки ЗЗР	Неналежне використання	Лабораторний контроль при прийманні, контроль при
Б	БГКП, МФАМ, КОЕ, шкідники	Забруднення зерна може бути від персоналу, обладнання чи навколишнього середовища (наприклад, шкідники, попередні види обробки, суміжні операції)	Гігієна персоналу, заходи боротьби зі шкідниками, прибирання поверхонь, належне проведення прибирання.

Таблиця 5.3 - Аналіз потенційних небезпек

<b>Етап технологічного процесу</b>	<b>Шифр небезпеки (Б - біологічна, Х - хімічна, Ф - фізична)</b>	<b>Опис небезпеки</b>	<b>Запобіжні дії</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Приймання сировини	Б	Сировина може бути заражена патогенними мікроорганізмами при порушенні умов зберігання і транспортування	Лабораторний вхідний контроль.

*Продовження таблиці 5.3*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
----------	----------	----------	----------

	Ф	Сторонні включення різного походження, забрудненість шкідниками хлібних запасів.	
Очищення	Ф	Сторонні домішки	Контроль роботи обладнання
Сушіння	Х	Утворення токсинів, наприклад афлатоксинів	Контроль технологічного процесу сушіння
Зберігання	Б	Сировина може бути заражена патогенними мікроорганізмами та шкідниками хлібних запасів при порушенні умов зберігання	Контроль температури зерна вологості та зараженості
	Ф	Сторонні включення різного походження (рештки металу від обладнання)	Дотримання технологічного процесу.Перевірка справності обладнання.
Відвантаження	Б	Сировина може бути заражена патогенними мікроорганізмами при порушенні умов транспортування	Перевірка транспортного засобу перед відвантаженням. Проведення процесу
	Ф	Різні включення різного пошкодження	відвантаження лише за належних умов.

Результати визначення на скільки серйозні ці потенційні небезпеки подаються у підсумковій таблиці 5.4. аналізу небезпечних факторів

Таблиця 5.4 – Аналіз небезпечних факторів

		<b>Джерело</b>	<b>Оцінка небезпечного чинника</b>	
--	--	----------------	------------------------------------	--

Назва етапу	Опис небезпечного чинника		Імовірність виникнення	Серйозність	Значущість фактора	Заходи з управління
1	2	3	4	5	6	7
Приймання кукурудзи	Б1- Сировина може бути заражена патогенними мікроорганізмами	Порушення режимів зберігання та транспортування сировини, зараженість з поля	0,3	3	Значимий	Лабораторний контроль. Несвоєчасний збір врожаю або недостатнє сушіння призводить до розмноження.
	Ф1- забрудненість шкідника хлібних запасів	Зараженість з поля чи складу, неналежні умови зберігання	0,3	3	Значимий	
	Ф2- сторонні домішки (каміння, уламки дерева)	Потрапляння при транспортуванні у транспорт	0,3	3	Значимий	Лабораторний контроль при прийманні
	X 1 наявність пестецидів та токсинів	Не дотримання відповідних умов вирощування	0,3	3	Значимий	Лабораторний контроль при прийманні
Очищення кукурудзи	Ф1- сторонні домішки (металеві домішки)	Неналежне обслуговування	0,3	3	Значимий	Контроль роботи та вчасний ремонт. Недотримання правил обслуговування обладнання
Сушіння кукурудзи	X1- утворення токсинів, наприклад афлатоксинів	Не дотримання умов технологічного процесу	0,3	2	Значимий	Контроль технологічного процесу сушіння, перевірка на показники безпеки
			0,3	2	Значимий	

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

	Б1- утворення грибів, бактерій					
Зберігання	Б1-Сировина може бути заражена патогенними мікроорганізмами при порушенні умов зберігання	Не дотримання умов технологічного процесу	0,3	3	Значимий	Контроль температури та вологості при зберігання
	Ф1- зараженість шкідниками хлібних запасів	Не належне дотримання умов зберігання готової продукції.	0,3	3	Значимий	Контроль температури зерна вологості та зараженості.
Відвантаження	Ф1- сторонні домішки	Потрапляння при транспортуванні	0,3	2	Значимий	Перевірка транспортного засобу перед відвантаженням.
	Ф2- шкідники хлібних запасів	Не дотримання умов зберігання	0,3	3	Значимий	Лабораторний контроль
	Б1- патогенні мікроорганізми	при порушенні умов транспортування	0,3	3	Значимий	Лабораторний контроль, дотримання правил відвантаження (чистота транспорту, відсутність опадів)

### Етап 7. Визначення критичних контрольних точок

При застосуванні методу «Дерева прийняття рішень», комітет НАССР ретельно аналізує кожний етап виробничого процесу з метою ідентифікації потенційних загроз високого рівня ризику. Згодом, кожен ризик оцінюється стосовно відповідних заходів контролю.

Критичні контрольні точки (ККТ) визначаються тоді, коли рівень ризику сягає значення 16 або перевищує його.

Документована форма плану НАССР повинна включати наступні елементи для кожної ККТ:

- конкретні етапи технологічного процесу;
- ідентифіковані небезпечні чинники, що можуть загрожувати безпеці продукції та підлягають обов'язковому контролю;
- впроваджені заходи контролю;
- встановлені критичні межі;
- процедури моніторингу для підтримки параметрів в межах встановлених стандартів;
- заплановані корекційні та коригувальні дії у випадках перевищення критичних величин;
- розподіл відповідальності і повноважень серед персоналу;
- методи верифікації ефективності процедур;
- система ведення записів та звітність під час здійснення моніторингу.

Складаю дерево рішень для визначення критичних точок на основі технологічних процесів:

Питання 1. Розглянутий небезпечний фактор повинен враховуватися при виготовленні даної продукції? Якщо відповідь «так» переходимо до наступного питання №3

Питання 2. При виконанні даної операції виконуються дії з ідентифікації, усунення або зниження(до допустимого рівня) ризику по даному фактору? Якщо «так» переходимо до наступного питання №4.

Питання 3. На даній операції відбувається зростання ризику по даному фактору?

Якщо відповідь ствердна переходимо до наступного питання №4

Питання 4. Чи буде ризик по даному фактору усунутий ,виявлений або знижений до допустимого рівня на наступних операціях?

Дерево рішень відповідно до питань наведено на рис. 5.2.

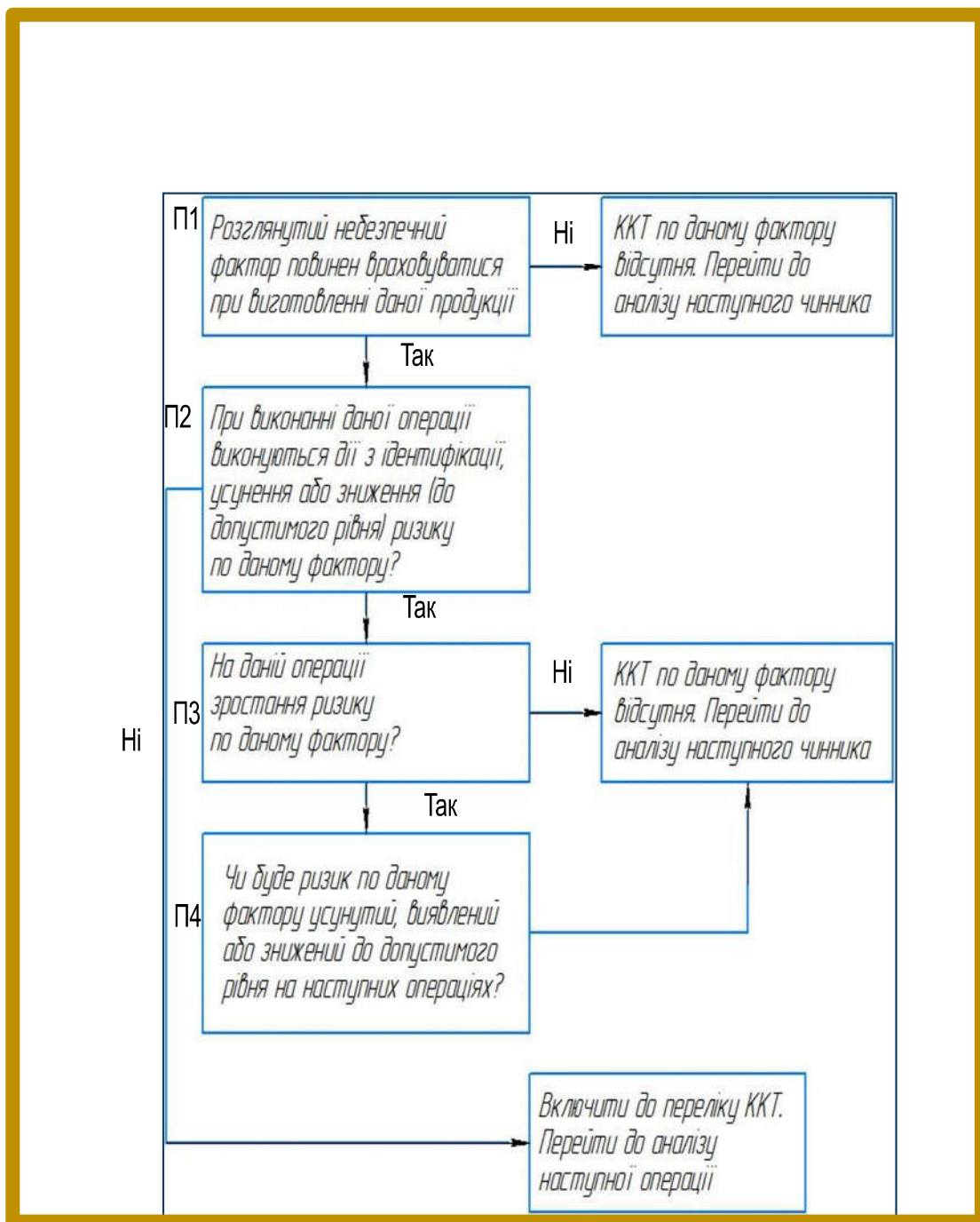


Рис. 5.2. Дерево рішень

Аналіз критичних контрольних точок в технологічному процесі наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 - Виявлення критичних контрольних точок

Етап	Небезпечний фактор	Значущість	П1	П2	П3	П4	Чи є ККТ?

Приймання кукурудзи	Б1- Сировина може бути заражена патогенними мікроорганізмами	0,9	Так	Ні	-	-	ККТ 1.1
	Ф2- сторонні домішки (каміння, уламки дерева)	0,9	Так	Ні	-	-	ККТ 1.2
	Х-1 наявність пестецидів, та токсинів	0,9	Так	Ні	-	-	ККТ 1.3
Очищення	Ф1- сторонні домішки(металеві домішки)	0,9	Так	Так	Ні	-	Не ККТ, а ОПП2.1
Сушіння кукурудзи	Х1- утворення токсинів, наприклад це афлатоксини	0,6	Так	Ні	-	-	ККТ 2.1
	Б1-утворення грибів, бактерій	0,6	Так	Ні	-	-	ККТ 2.2
Зберігання	Ф1- сторонні домішки	0,9	Так	Ні	-	-	ККТ 3.1
	Б2- зараженість шкідниками хлібних запасів	0,9	Так	Ні	-	-	ККТ 3.2
Відвантаження	Ф1- сторонні домішки	0,6	Так	Ні	-	-	ККТ 4.1
	Б2- шкідники хлібних запасів	0,9	Так	Ні	-	-	ККТ 4.2
	Б1- патогенні мікроарганізми	0,9	Так	Ні	-	-	ККТ 4.3

### **Етап 8. Встановлення гранично допустимих рівнів для кожної критичної контрольної точки**

Після визначення всіх критичних контрольних точок (ККТ) група НАССР повинна встановити критичні межі для контрольних заходів в кожній з цих точок.

Критична межа є показником, що відокремлює прийнятний стан від неприйняттого, наприклад, безпечний продукт від потенційно небезпечного.

Ця межа встановлюється для того, щоб гарантувати контроль над ККТ і повинна бути вимірюваним або спостережуваним параметром, пов'язаним з ККТ, який можна виразити кількісно.

Наприклад:

- *Біологічний аспект:* жодного зараженого зерна в партії продукції.

- *Хімічний аспект*: рівень афлатоксинів у зерні для харчових цілей не перевищує 0.002 ppm.

- *Фізичний аспект*: відсутність сторонніх предметів, таких як скло, каміння, деревина в партії продукції.

Рекомендується встановлювати операційні межі для кожної критичної контрольної точки.

### **Етап 9. Встановлення системи моніторингу для кожної ККТ**

Кожен критичний контрольний пункт (ККП) потребує регулярного контролю, щоб підтвердити, що впроваджені заходи ефективно відповідають встановленим стандартам і дозволяють своєчасно вживати коригувальні дії при необхідності.

Моніторинг передбачає здійснення заздалегідь запланованої серії спостережень та вимірювань контрольних параметрів з метою оцінювання ефективності контрольних заходів. Процедури моніторингу та коригувальні дії для обраних ККТ наведені в Додатку В.

### **Етап 10. Встановлення коригувальних дій для кожної ККТ**

У разі виявлення втрати контролю над процесом під час моніторингу або перевірки програм-передумов, важливо швидко і відповідно відреагувати. Необхідно вжити коригувальних заходів, щоб повернути процес у стабільний стан і запобігти появі потенційно некондиційної продукції.

Ці заходи повинні бути практичними та здійсненими, із обов'язковим постійним переглядом, щоб визначити, які дії необхідні. Коригувальні заходи мають також враховувати попередження повторення проблем у майбутньому.

### **Етап 11. Встановлення процедур перевірки (аудиту)**

Рекомендується проводити перевірку плану НАССР щонайменше раз на рік. Верифікація включає використання методів, процедур, аналізів та інших оцінок, які доповнюють моніторинг критичних контрольних точок, щоб підтвердити відповідність плану НАССР.

Це може бути окремий аудит або частина планового аудиту системи безпеки харчових продуктів та кормів. План має отримати затвердження від

керівництва підприємства. Валідація підтверджує, що заходи з управління виконуються згідно з планом НАССР і є ефективними. Усі нові види сировини, матеріалів, процесів чи обладнання мають бути розглянуті та, за потреби, включені до плану НАССР. За це відповідає група НАССР.

Причини для перегляду системи НАССР можуть включати:

- будь-які зміни, що впливають на безпечність продукції;
- встановлення нового обладнання, яке може вплинути на безпечність;
- зміни в технологічному процесі;
- зміни у програмах дератизації, фумігації, дезінфекції або прибирання;
- збої в роботі системи безпеки продуктів і кормів;
- важливі зміни в призначенні продукту;
- нова інформація про небезпечні фактори або ризики;
- зміни в законодавстві чи стандартах;
- наукові рекомендації;
- скарги клієнтів.

Зазвичай, НАССР на об'єктах для зберігання зерна, таких як елеватори, склади чи термінали, переглядається щорічно, наприклад, перед початком сезону збору нового врожаю.

### **Етап 12. Встановлення документування і реєстрації даних**

Ефективне і точне ведення записів є ключовим аспектом успішного впровадження принципів НАССР і всієї системи загалом. Важливо продемонструвати правильність застосування цих принципів. Робоча система НАССР може створювати велику кількість документів, особливо пов'язаних із моніторингом. Для цього можуть використовуватися спеціально розроблені форми або вже існуючі системи, такі як електронні інструменти запису чи простий щоденний журнал.

Обраний метод залежатиме від специфіки операцій та масштабу потужностей для зберігання зерна. Наприклад, може бути не обов'язково записувати результати кожної перевірки, лише підтвердження їх проведення.

Однак у випадку невідповідності слід виконувати детальний запис, включаючи опис дій, що були вжиті, і коригувальних заходів для вирішення ситуації, а також їх обґрунтування. Документація НАССР охоплює:

- опис команди НАССР і протоколи нарад;
- опис продуктів, сировини та допоміжних матеріалів;
- перевірені блок-схеми технологічних процесів на місцях;
- аналіз небезпечних факторів і визначення ККТ;
- обґрунтування та встановлення критичних меж;
- процедури і записи моніторингу ККТ;
- процедури і записи коригувальних дій;
- процедури і записи валідації та верифікації;
- звіти про аудити системи НАССР;
- записи навчання персоналу [77, с. 7-10].

Основна мета впровадження системи НАССР – це забезпечити безпеку харчової продукції та кормів на всіх етапах харчового ланцюга, як говорять «від лану - до столу».

Впровадження системи НАССР на елеваторах не лише гарантуватиме безпечність вітчизняного зерна під час зберігання та транспортування, але і забезпечить конкурентні переваги та інвестиційну привабливість підприємства, а також підвищить економічний інтерес до українського зерна на міжнародній арені.

НАССР -план для елеватора по прийманню і зберіганню зерна кукурудзи наведено в **Додатку С**.

## Висновки до розділу 5

На продуктивність аграрного бізнесу впливають багатогранні чинники, серед яких головними є регіональні відмінності, обсяг землекористування і застосування новітніх технологій.

Важливість інтеграції економічної та соціальної ефективності не можна недооцінювати, оскільки їхнє поєднання є основою стійкого розвитку як самих підприємств, так і суспільства загалом.

Система НАССР є ключовим інструментом для забезпечення безпеки продукції, що вимагає всебічного підходу: починаючи з організації робочої групи і до стадій моніторингу та перевірки.

Ефективне ведення документації і регулярні контрольні заходи дозволяють підвищувати стандарти безпеки, при цьому підтримуючи конкурентоспроможність бізнесу.

## ВИСНОВКИ

1. У даній роботі було здійснено всебічний аналіз процесів сушки та очищення зерна кукурудзи, які суттєво впливають на ефективність його зберігання. Значимість теми визначається вагомою роллю сільського господарства України в забезпеченні продовольчої безпеки та вагомим внеском кукурудзи у національну економіку, особливо в експортні можливості країни.

2. Проведений літературний огляд та аналіз фізичних і технологічних властивостей зерна кукурудзи свідчать, що такі фактори, як геометричні характеристики, вологість і наявність домішок, мають значний вплив на якість зерна під час зберігання. Правильні методи підготовки, включаючи сушіння та очищення, можуть знизити ризик розвитку патогенів, покращити поживну цінність зерна та подовжити термін його зберігання.

3. Описані етапи підготовки зерна до зберігання і сучасні технології очищення та сушіння підкреслюють важливість правильного вибору обладнання, яке відповідає сучасним стандартам. Встановлено, що оптимальні параметри сушки та очищення критично важливі для забезпечення високої якості кукурудзи на ринку.

4. Експериментальні дослідження підтвердили взаємозв'язок між характеристиками зерна та його якістю під час зберігання і показали, що зміни температурних режимів, вологість зерна, засміченість а також зараженість можуть суттєво впливати на збереження якості продукції.

5. Розрахунки і підбір обладнання для всіх етапів обробки кукурудзи дали можливість не лише зосередитися на технологічних аспектах, але й врахувати економічні та соціальні переваги від імплементації вдосконалених технологій.

6. Впровадження рекомендованих технологічних рішень сприятиме зниженню втрат, підвищенню якості продукції та зміцненню позицій українського аграрного сектора на світових ринках.

7. З урахуванням річного завантаження зерна кукурудзи у 20000 т. залікова маса зерна складає 16740 тон, в той час як фізична маса зерна відповідно до розрахунків відповідає значенню у 19251 т. Серед обладнання нами було розраховано та підібрано: 1 сепаратор БСХ 100, 1 автомобілерозвантажувач, 1 зерносушарка GSI 2418, 6 норій серій НМ та НЦ, 1 1 силос GSI Model 4016.

8. Таким чином, результати цього дослідження можуть бути використані для подальшого вдосконалення процесів підготовки та зберігання зерна кукурудзи. Це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українських зернових культур та забезпечить сталий розвиток аграрного сектору України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаповаленко О. І. Технологічна характеристика зерна кукурудзи. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. 2019. Т. 83, Вип. 2. С. 39–43.
2. Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О., Петренко А.О. Подрібнення оптимізованих зернових сумішей. Зберігання та переробка зерна. Дніпропетровськ : АПК-Зерно, 2017. № 11(219). С. 31-33.
3. Оцінка якості зерна – Словник агронома – SuperAgronom.com. *Superagronom.com*. URL: <https://superagronom.com/slovník-agronoma/ocinka-yakosti-zerna-id18694> (дата звернення: 08.09.2024).
4. Панцирева Г.В. Методичні вказівки для проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Стандартизація та управління якістю» для студентів факультету агрономії та лісівництва денної та заочної форм навчання, освітнього рівня «Бакалавр», спеціальності 201 «Агрономія». Вінниця. ВНАУ. 2019. 90 с.
5. Органолептичні показники якості зерна - Харчові технології. *Харчові технології*. URL: <https://foodtechnology.pro/pererobka-zerna-v-boroshno/organoleptychni-pokaznyky-yakosti-zerna> (дата звернення: 08.09.2024).
6. Ткачук, С. О. and Мороз, О. С. and Фурманець, О. А. (2019) Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 6.090101 «Агрономія» денної форми навчання. Рівне. НУВГП. 2019. 96 с.
7. Налобіна О. О., Шимко А. В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Технологія вирощування та переробки сільськогосподарської продукції» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою

«Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» всіх форм навчання. Рівне : НУВГП, 2022. 36 с.

8. Савченко А. С., Кулігіна О. М., Святецький В. Ю. Характеристика зернової маси як об'єкта зберігання. *Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво* : Міжнар. науково-практ. конф., м. Миколаїв, 17 жовт. 2018 р. Миколаїв, 2018. С. 22–23.

9. Фізичні показники якості зерна - Харчові технології. *Харчові технології*. URL: <https://foodtechnology.pro/pererobka-zerna-v-boroshno/fizychni-pokaznyky-yakosti-zerna> (дата звернення: 08.09. 2024).

10. Петрова І.О, Стріха Л.О, Крамаренко О.С. Харчова хімія : Метод. рек. для проведення лаборатор. занять для здобувачів вищ. освіти СВО «Бакалавр». Миколаїв : Миколаїв. Нац. Аграр. Ун-т, 2020. 147 с.

11. Соколовська О., Валевська Л. Аеродинамічні властивості зерна кіноа. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024. Т. 335, № 3(1). С. 216–221.

12. Захарченко Р.В. Автоматизована система керування процесом сушіння зернових культур : Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування. Кропивницький, 2019. 214 с.

13. Sammy Sadaka, Lalit Verma. On-Farm Corn Drying and Storage. *Arkansas Corn Production Handbook*. 2014. P. 1–8.

14. Natural-air corn drying. *Extension at the University of Minnesota*. URL: <https://extension.umn.edu/corn-harvest/natural-air-corn-drying> (date of access: 10.09.2024).

15. In-store grain drying: high-temperature and near-ambient air approaches | AHDB. *Home* | AHDB. URL: <https://ahdb.org.uk/knowledge-library/in-store-grain-drying-high-temperature-and-near-ambient-air-approaches> (date of access: 10.09.2024).

16. Кравчук В. Аналіз будови та функціонування зерносушарок шахтного типу. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової*

техніки і технологій для сільського господарства України. 2018. Вип. 23. С. 89-101.

17. Лиса О.В., Сіверський Н.С. Аналіз зерносушарок та їх систем автоматизації. III Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». 26 листопада 2021. 2021. 3 с.

18. Покрасьон, Д. А. Модернізація прямої сушильної установки з метою підвищення енергоефективності : кваліфікаційна робота ... бакалавра : 133 Галузеве машинобудування. Київ, 2021. 127 с.

19. Наказ Міністерства аграрної політики України. 15 червня 2004 року N 228 «Про затвердження Технічного регламенту зернового складу». 78 с.

20. ДСТУ-4525:2006. Кукурудза. Технічні умови. На заміну ГОСТ 13634 - 90 ; чинний від 2006-02-28. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 33 с.

21. Павленко О. «Про затвердження Регламенту зберігання зерна та продуктів його переробки». 2015. 54 с.

22. On-Farm Grain Storage and Drying Considerations. University of Missouri extension. 11 p.

23. Maj G, Szyszlak-Bargłowicz J, Zając G, Słowik T, Krzaczek P, Piekarski W. Energy and Emission Characteristics of Biowaste from the Corn Grain Drying Process. *Energies*. 2019; 12(22). 20 p.

24. ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. На заміну ГОСТ 12036-85, ГОСТ 12037-81, ГОСТ 12038-84, ГОСТ 12039-82, ГОСТ 12041-82, ГОСТ 12042-80, ГОСТ 12044-81, ГОСТ 12045-81, ГОСТ 12046-85 ; чинний від 2004-01-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 148 с.

25. Кирпа М. Я., Лук'яненко Т. М. Вологість насіння кукурудзи – технологічне значення та методи визначення. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 151–155.

26. Куленко Р. А., Шинкаренко В. І., Куленко О. А. Визначення вологості та показників якості зерна гібридів кукурудзи Pioneer. Крок у науку: дослідження у галузі природничо-математичних дисциплін та методик їх навчання : *Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю студентів, аспірантів і молодих учених* (1 грудня 2022 р.). Чернігів : НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2022. С. 46-47.

27. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Чинний від 2007-08-09. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 7 с.

28. Stepanenko M. Influence of sowing methods on starch and protein content in the grain of corn hybrids. *Foothill and mountain agriculture and stockbreeding*. 2023. Vol. 74, no. 2. P. 107–115.

29. Паламарчук В.Д, Вінник О.В, Коваленко О.А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 143–156.

30. Наказ Про затвердження та надання чинності ГСТУ 46.045.2003 "Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості". від 25 липня 2003 року N 250. МАПУ. 7 с.

31. Effects of Amylose, Corn Protein, and Corn Fiber Contents on Production of Ethanol from Starch-Rich Media / X. Wu et al. *Cereal Chemistry Journal*. Vol. 83, no. 5. P. 569–575.

32. Гуд, Б. В. Виробництво соєвої олії шляхом прямої екстракції у цеху потужністю 558 т насіння сої за добу : дипломна робота ... бакалавра : 181 Харчові технології. Київ, 2020. 86 с.

33. Вовчек В. Використання стандартизованих і експрес-методів для визначення якості зерна в умовах ПОП «ВІКТОРІЯ» Баштанського району : кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка». Миколаїв : МНАУ, 2022. 88 с.

34. Поп М.М., Біланич В.С. Наукові аналітичні та оптичні прилади: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2024. 184 с.
35. Михальська О.М., Білоцерківець Т.І. Проблеми застосування діючих методик з визначення вмісту білка в продукції рослинництва. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. праць. Вип. 17, Т. II. С. 374-377.
36. Визначення якості кукурудзи. *Venta Lab*. URL: <https://ventalab.ua/vyznachennia-yakosti-kukurudzy/> (дата звернення: 11.10.2024).
37. Білок (протеїн) в зерні і зернових культурах - методика вимірювання та лабораторні прилади. *SocTrade – лабораторне обладнання для нафтохімічної, сільськогосподарської, фармацевтичної промисловості. ТОВ «СОК ТРЕЙД»*. URL: <https://soctrade.ua/otrosli-ukr/analiz-silgospprodukcziyi/zernovi-ta-produkti-yix-pererobki/bilok-protein/> (дата звернення: 11.10.2024).
38. Кукурудза. *АПК-Інформ*. URL: <https://www.apk-inform.com/ru/directory/51788> (дата звернення: 12.10.2024).
39. Процесна сушарка GSI | GSU. *GSU*. URL: <https://www.gsu.com.ua/ru/node/348> (дата звернення: 12.10.2024).
40. Поляков В. І. Особливості формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від комплексу елементів технології вирощування. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 132–138
41. Станкевич Г. М., Желобкова М. В. Вплив вологості на показники якості зерна кукурудзи при зберіганні в полімерних зернових рукавах. *Зернові продукти і комбікорми*. 2015. Т. 1, № 59.
42. Завадська О., Бондарева Л. Вплив способів зберігання на якість зерна кукурудзи різних гібридів. *Modern engineering and innovative technologies*. 2019. № 22-01. С. 72–76.
43. Технологія збирання кукурудзи на зерно, прибирання і зберігання врожаю кукурудзи. *Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу*.

URL: <https://propozitsiya.com/ua/tehnologiyi-ta-tehnika-zbirannya-i-zberezhennya-zerna-kukurudzi> (дата звернення: 15.09.2024).

44. Григор'єв О.Ю. Інтенсифікація процесу сушіння кукурудзи : Робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр». Вінниця, 2017. 86 с.

45. Скудило, Ю. О. Дослідження зміни показників якості зерна кукурудзи в процесі сушіння : кваліфікаційна робота ... магістра : 181 Харчові технології. Київ, 2021. 83 с.

46. Головне управління Держпродспоживслужби в Дніпропетровській області - Правила зберігання зерна на насіння. *Головна | Головне управління Держпродспоживслужби в Дніпропетровській області*. URL: <https://dp.dpss.gov.ua/news/pravyyla-zberihannia-zerna-na-nasinnia> (дата звернення: 19.09.2024).

47. Бернатович О. П. Проект силосу для зберігання зернових з дослідженням НДС : кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю «192 — будівництво та цивільна інженерія». Тернопіль : ТНТУ, 2021. 62 с.

48. Єфімова, А. В. Дослідження технологічних властивостей зерна кукурудзи : кваліфікаційна робота ... магістра : 181 Харчові технології. Київ, 2024. 67 с.

49. Influence of natural factors on the quality of drying corn grain in a modular type dryer / N. Zanko et al. *Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine*. 2021. No. 28(42). PP. 127-137.

50. Кукурудза – універсальна культура – журнал Пропозиція. *Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/kukurudza-universalna-kultura> (дата звернення: 20.09.2024).

51. В.М. Прокопчук, Кириленко Л.В. Стандартизація і управління якістю продукції рослинництва. Методичні вказівки для проведення практичних робіт для студентів агрономічного факультету заочної форми

навчання ОКР «бакалавр» галузі знань 0901 «Сільське господарство і лісництво» напряму підготовки 6.090101 «Агрономія». Вінниця: Видавничий центр ВНАУ. 2017. 75 с.

52. Рябоконт К.І. Проєкт елеватора ємністю 20 тис. тон в с.Слобода, Конотопського району, Сумської області : Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра. Київ, 2024. 90 с.

53. Розрахунок і підбір устаткування для приймання і відпуску зерна, Технологія елеваторної промисловості, НУХТ. *Купити чи замовити дипломну роботу можна у нас: якісно, швидко і недорого.*  
URL: [https://ua.kursoviks.com.ua/metodychni\\_vkazivky/article\\_post/2532-rozrahunok-i-pidbir-ustatkuvannya-dlya-priymannya-i-vidpusku-zerna-tekhnologiya-yelevatornoi-promislovosti-nukht](https://ua.kursoviks.com.ua/metodychni_vkazivky/article_post/2532-rozrahunok-i-pidbir-ustatkuvannya-dlya-priymannya-i-vidpusku-zerna-tekhnologiya-yelevatornoi-promislovosti-nukht) (дата звернення: 03.10.2024).

54. Інструкція користувача. Дебет Плюс. Автоматизована система управління підприємством. *Заготівля зернопродуктів.* 2020. 62 с.

55. Януш, А. М. Дослідження сушіння зерна кукурудзи в зерносушарках Stela : кваліфікаційна робота ... магістра : 181 Харчові технології. Київ, 2024. 114 с.

56. Розрахунок залікової маси зерна (формула Дюваля) - Аграрні калькулятори. *Інформаційно-аналітична система "Аграрії разом".*  
URL: <https://agrarii-razom.com.ua/calculators/rozrahunok-zalikovoi-masi-formula-dyuvalya> (дата звернення: 04.10.2024).

57. Технологічний розрахунок та підбір обладнання. *StudFiles.*  
URL: <https://studfile.net/preview/8258511/page:6/> (дата звернення: 03.10.2024).

58. Гоман А.В. Удосконалення технологічної лінії з первинної обробки зерна кукурудзи в умовах ТОВ «Юнігрейн-Базис» Кам'янського району Дніпропетровської області : Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра. Дніпро, 2023. 65 с.

59. Будник В.А. Перспективи розвитку інфраструктури портових терміналів України: монографія. Видавництво Іванченка І. С., Харків. 2021. 125 с.

60. Хомик Н.І. Механізація зберігання сільськогосподарської продукції: методичний посібник до курсового проектування. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 124 с.

61. Про затвердження Інструкції про ведення обліку й оформлення операцій із зерном і продуктами його переробки на хлібоприймальних та зернопереробних підприємствах : Наказ від 13.10.2008 № N 661 : станом на 30 лип. 2012 р.

62. Трактори, мобільні навантажувальні машини та причепа. *Міжнародний інформаційно-маркетинговий центр "Машини і обладнання для АПК"*. URL: [http://www.agrotechnika-ukr.com.ua/infotorg.php?categoria=%CC%E0%F8%E0%E3%F0%E3\\_%E4%EB%FF\\_%EF%B3%F1%EB%FF%E7%E1\\_%EE%E1%F0%B3%E7%E1%E5%F0%E2%F0%EE%E6&grupa=%C7%E5%F0%ED%EE%EE%F7%E8%F9%F3%E2%E0%EB%FC%ED%B3%20%EC%E0%F8%E8%ED%E8,%20%E0%E3%F0%E5%E3%E0%F2%E8%20%F2%E0%20%EA%EE%EC%EF%EB%E5%EA%F1%E8&marka=%D1%C5%CF%C0%D0%C0%D2%CE%D0%20%C7%C5%D0%CD%CE%CE%D7%C8%D1%CD%C8%C9&model=%C1%D1%D5-100&second=true](http://www.agrotechnika-ukr.com.ua/infotorg.php?categoria=%CC%E0%F8%E0%E3%F0%E3_%E4%EB%FF_%EF%B3%F1%EB%FF%E7%E1_%EE%E1%F0%B3%E7%E1%E5%F0%E2%F0%EE%E6&grupa=%C7%E5%F0%ED%EE%EE%F7%E8%F9%F3%E2%E0%EB%FC%ED%B3%20%EC%E0%F8%E8%ED%E8,%20%E0%E3%F0%E5%E3%E0%F2%E8%20%F2%E0%20%EA%EE%EC%EF%EB%E5%EA%F1%E8&marka=%D1%C5%CF%C0%D0%C0%D2%CE%D0%20%C7%C5%D0%CD%CE%CE%D7%C8%D1%CD%C8%C9&model=%C1%D1%D5-100&second=true) (дата звернення: 05.10.2024).

63. Каталог продукції ХМЗ. Хорольський механічний завод. URL: <https://mehzavod.com.ua/ua/catalog/separatory-zernoochistitelnye/bskh-100/> (дата звернення: 05.10.2024).

64. Сепаратор зерноочищувальний БХС-100. АТ «Хорольський механічний завод». 8 с.

65. Кравчук В., Погорілий В., Постельга С. Погоріла В, Занько М. Наукові аспекти сучасних технологій збирання, післязбиральної переробки і зберігання зерна. Журнал «Техніка і технології АПК», №7 (34), липень 2012 р, С. 15-19.

66. Черкасенко В.Л. Удосконалення конструкції зерносушильного комплексу на основі застосування рециркуляції теплоносія : Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра. Київ, 2022. 151 с.

67. ДБН В.2.2-8-98. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна. Чинний від 2005-04-01. Вид. офіц. Київ : Держбуд України, 1998. 84 с.
68. En global. *GSI* | *Grain Systems*.  
URL: [https://www.grainsystems.com/en\\_global.html](https://www.grainsystems.com/en_global.html) (date of access: 11.10.2024).
69. Кучерявий Є.І. Розрахунок та конструювання норії типу НМ-100 для підвищення її продуктивності: кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. 57 с.
70. Розрахунок і підбір транспортуючого обладнання, Технологія елеваторної промисловості, НУХТ. *Купити чи замовити дипломну роботу можна у нас: якісно, швидко і недорого.*  
URL: [https://ua.kursoviks.com.ua/metodychni\\_vkazivky/article\\_post/2536-rozrakhunok-i-pidbir-transportuyuchogo-obladnannya-tekhnologiya-yelevatornoi-promislovosti-nukht](https://ua.kursoviks.com.ua/metodychni_vkazivky/article_post/2536-rozrakhunok-i-pidbir-transportuyuchogo-obladnannya-tekhnologiya-yelevatornoi-promislovosti-nukht) (дата звернення: 15.10.2024).
71. Обладнання для зберігання та транспортування зерна. Grain house. 2005. 12 с.
72. For the producer 40-series™ Grain bins. GSI. Proven & Dependable. 2015. 32 p.
73. Добрунік Т. П. Економічна ефективність аграрних підприємств як основа забезпечення їх сталого розвитку. *Науковий вісник Буковинського державного фінансово-економічного університету*. Серія: Економічні науки. 2015. 20 с.
74. Якимчук, Т. В. Соціально-економічна ефективність підприємства та її значення в сучасних умовах. *«Вісник ЖДТУ»: Економіка, управління та адміністрування*, 2(56) Ч.2, 2011. 184–189.
75. Колісник Г. М. Соціально-економічна ефективність підтримки підприємництва та його функції в сучасних умовах господарювання. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.13. С. 259-268.
76. Ретьман С.В. Стрихар А.Є. Система НАССР. Управління безпечністю харчових продуктів, кормів та вимоги до організації

технологічного процесу на елеваторах, переробних підприємствах:  
Навчальний посібник. Київ: ІДНО НУХТ, 2019. 40 с.

77. Ткаченко А.С., Басова Ю.О., Сидоренко Т.В. Впровадження системи НАССР для операторів ринку харчових продуктів : практичний посібник. Полтава : ПУЕТ, 2020. 137 с.

78. Influence of natural factors on the quality of drying corn grain in a modular type dryer / N. Zanko et al. *Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine*. 2021. No. 28(42). pp. 127-137.

ДОДАТОК А

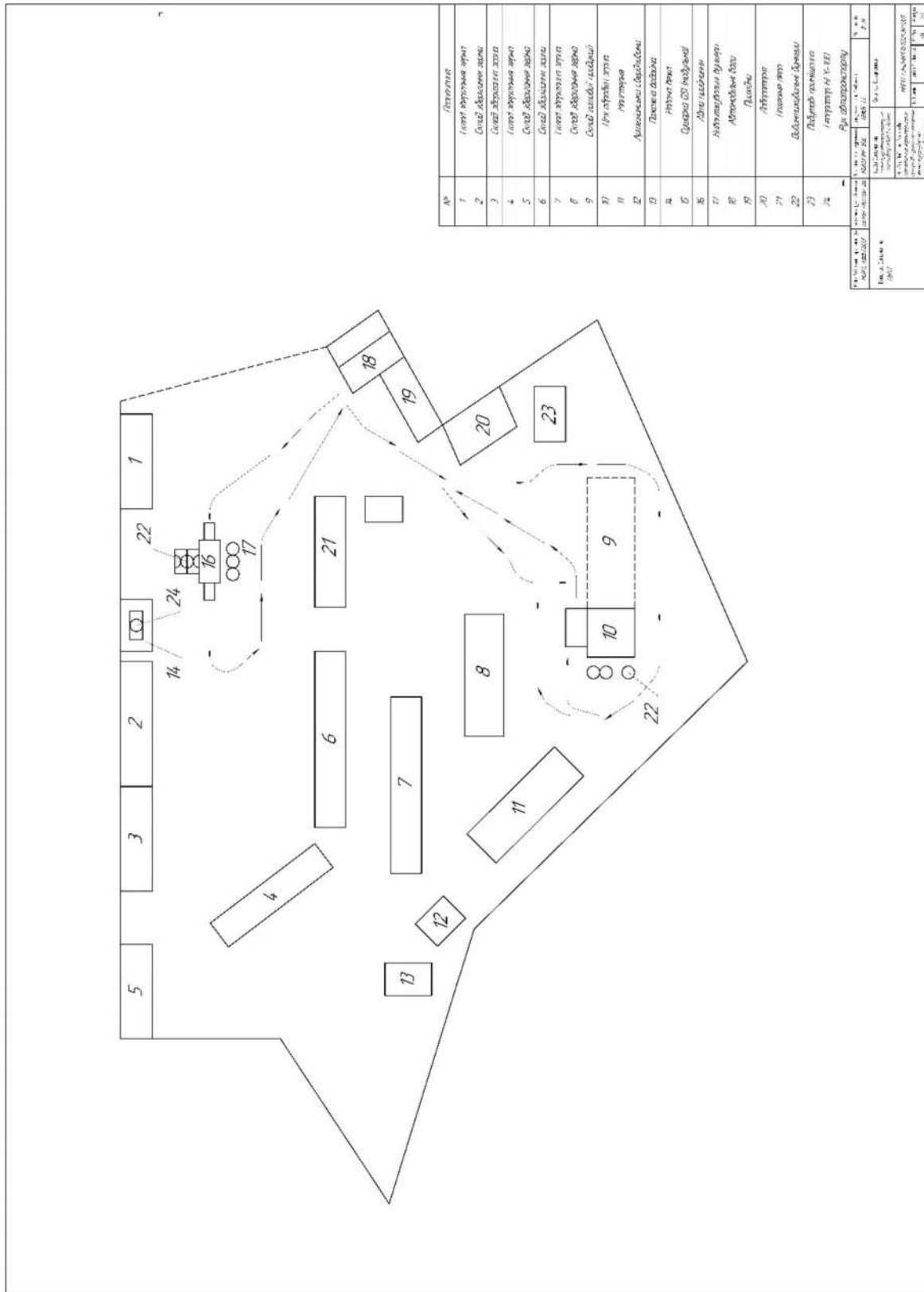


Рис. А.1. Схема руху автотранспорту на Насіннєвому заводі в с.Лазірки

**ДОДАТОК В**

Таблиця В.1 – Процедура моніторингу та корегувальні дії для обраних ККТ

КТК №_/стадія Процедура моніторингу процесу	Небезпечний (і) чинник(и), яким(и) керують КТК	Критична межа	Процедура моніторингу				Коригування та коригувальні дії / Відповідальність/ Протоколи	
			Вимірювання або спостереження	Прилади, що використовуються для моніторингу	Частота	Хто виконує моніторинг/ оцінює результати		Протоколи
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ККТ 1.1 Приймання сировини	Сировина може бути заражена патогенними мікроорганізмами	Перевірка показників органолептичних	Органолептичний аналіз кожної партії.		Кожна партія	Технік- лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання та вхідного контролю, журнал коригуючої дії	Відмова у прийманні за умов його невідповідності вимогам щодо безпеки, що відсутності ТСД та документів, що засвідчують безпеку.
ККТ 1.2 Приймання сировини	Уламки камінів Уламки дерева Металеві домішки	Наявність випробувань свідцтв. Згідно встановлених стандартів на дану продукцію.	Візуальний кожної партії. Проведення органолептичної оцінки.	Щуп, розбірні дошки	Кожна партія	Технік- лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання та вхідного контролю, журнал коригуючої дії	Направлення зерна на додаткову очистку
ККТ 1.3 Приймання сировини	Наявність пестицидів та токсинів	Наявність випробувань,свідцтв,експрес аналіз	Перевірка на наявність документів	Визначення важких металів та інших токсичних елементів	Кожна партія	Технік лаборант	Журнал приймання вхідного вихідного контролю	Відмова у прийманні за невідповідності нормам ДСТУ 4525:2006.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ККТ 2.1 Сушіння	Афлатоксини	Перевірка показники безпеки	Експрес аналіз	Визначення вмісту важких металів та інших токсичних елементів	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	Журнал лабораторного контролю сушіння № 71, журнал контролю теплоносія та вологості	Дотримання технологічних параметрів процесу.Контроль обслуговування обладнання; Контроль температурного режиму
ККТ2.2 Сушіння кукурудзи	Патогенні мікроорганізми	Перевірка показників	Перевірка температури зернової маси	Термоштанга	Кожні три дні	Технік-лаборант виробничої лабораторії		
ККТ 3.1. Зберігання кукурудзи	Патогенні мікроорганізми	Перевірка показників	Перевірка температури зернової маси	Термоштанга, шул, розбірні дошки,	Кожні три дні	Технік-лаборант виробничої лабораторії	Журнал термометрії	
ККТ 3.2 Зберігання кукурудзи	Шкідники хлібних запасів(міль зернова)	Перевірка показників	Візуальний контроль партії, на аналіз зараженість з 2 кг загальної партії	Шул,розбірні дошки,сита на зараженість	Кожна партія	Технік-лаборант	Журнал коригувальної дії	За ознак появи на направлення доочистку, за наявності-утилізація.
ККТ 4.1 Відвантаження	Сторонні домішки	Перевірка транспорту перед відвантаженням	Візуальний огляд		Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	Журнал коригуючої дії	За виявлення бруду, води, відсутності тента – відмовлення у відвантаженні.
ККТ 4.2 Відвантаження	Шкідники хлібних запасів(міль зернова,зараженість кліщем)	Перевірка показників	Візуальний контроль партії, на аналіз зараженість з 2 кг загальної партії	Шул,розбірні дошки, відповідні ситаза ДСТУ на перевірку зараженості	Кожна машина	Технік-лаборант	Журнал вихідного контролю,журнал коригувальної дії	За ознак появи відправлення на доочистку, за наявності-утилізація .Відмова у відвантаженні, утилізація партії
ККТ 4.3 Відвантаження	Патогенні мікроорганізми	Перевірка якості стан транспорного засобу	Лабораторний аналіз		Кожна партія	Технік-Лаборант виробничої лабораторії	Форма №42, протоколи безпеки	Відмова у відвантаженні, утилізація партії.

ДОДАТОК С

Таблиця С.1 - НАССР план для елеватора

№ ККТ/ОП П	Етап	Небезпечний чинник	Опис небезпечного чинника	Критичні межі / цільові значення	Моніторинг			Корекції/коригувальні дії	Протоколи	Перевірка							
					Що?	Як?	Частота?				Хто?						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
ККТ1	Приймання сировини	Х1	Токсинні елементи, мікотоксини, радіонукліди, пестициди	Згідно специфікації на сировину Згідно ДСТУ 4525:2006	Пестициди, радіонукліди, мікотоксини	Згідно протоколу показників безпеки Визначення вмісту важких металів та інших токсичних елементів	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	Відмова у прийманні за рахунок невідповідності вимогам щодо безпечності, відмова в разі відсутності документів про безпеку.	10	Протоколи досліджень вхідного контролю кожної поставки зерна. Форма №42	12					
													Камінці, дерева, металомангіт на домашка	Визначення вмісту металомангіт і та інших домішок	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	Посвідчення про якість.
													Гриби, бактерії	Органолептичний аналіз кожної партії	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	
Ф1	Камінці, Уламки дерева Металомангітні домішки	Не допускаються	Камінці, дерево, металомангіт на домашка	Визначення вмісту металомангіт і та інших домішок	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	Посвідчення про якість.	сердньодобових зразків під час приймання зерна.									
Б1	Патогенні мікроорганізми	Не допускаються	Гриби, бактерії	Органолептичний аналіз кожної партії	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	Посвідчення про якість.		сердньодобових зразків під час приймання зерна.								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ККТ2	Сушіння	Х1	Утворення токсинів	Згідно специфікації на сировину	Афлатоксини	Згідно протоколу показників безпеки. Визначення вмісту токсичних елементів	Кожна партія	Технік - лаборант виробничої лабораторії	Контроль параметричних показників налаштування обладнання. Відмова у прийманні за умов його невідповідності вимогам щодо безпечності, відсутності ТСД та документів, що засвідчують безпечність товару. Контроль за станом і роботою обладнання, проведення планових ремонтів	Форма №71, Журнал контролю теплоспоживання та вологості,	Результати перевірки виконання технологічного процесу.
		Б1	Гриби ,бактерії ,що сприяють псуванню	Не допускаються	Гриби, бактерії	Вимірювання температури та відносної вологості	Кожні 5 днів	Технік-лаборант виробничої лабораторії	За ознак появи активне охолодження ,за наявності-утилізація	Форма №71. Журнал реєстрації лабораторних досліджень під час сушіння	Результати перевірки лабораторного аналізу.
ККТ 3	Зберігання	Ф1	Сторонні домішки	Не допускаються	Домішки	Визначення вмісту металомангнітної та інших домішок	Кожні 5 днів	Технік-лаборант виробничої лабораторії	Направлення на додаткову очистку .	Форма №66 Журнал спостереження за зерном, що зберігається на складах і в силосах елеватора, контролю за санітарним станом приміщення та проводити	Результати внутрішніх аудитів Здійснювати контроль за санітарним станом приміщення та проводити
		Б1	Шкідливі хлібних запасів	Не допускаються окрім, зараженість кліщем I ступеня	Міль зернова, кліщ, довгоно сик	Вимірювання температури та відносної вологості,	Кожні 5 днів	Технік-лаборант виробничої	За виявлення направляємо на доочистку якщо можливо ,або на утилізацію. Відмова у відвантаженні.		

						контроль шкідників		лабораторії				дослідження на зараженість шкідниками
					для кукурудзи 3 клас кормові потреби.							

Закінчення таблиці С.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КТК 4	Відвантажання	Ф1	Сторонні домішки	Не допускаються	Домішки	Визначення вмісту металомангнітної та інших домішок	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	За виявлення бруду, води, відсутності тента – відмовлення у відвантаженні. Відмова відвантаженні, утилізація партії.	Форма №47, 42, протоколи безпеки	Результати перевірки журналу реєстрації лабораторних досліджень під час відвантаження.
		Б1	Гриби, бактерії, що сприяють псуванню	Не допускаються	Грибки, бактерії	Вимірювання температури та відносної вологості, мікробіологічні дослідження	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	За наявності утилізація. Відмова у відвантаженні	Форма №42, протоколи безпеки	Результат перевірки протоколів безпеки на дану продукцію.
		Б2	Шкідники хлібних запасів	Не допускаються окрім, зараженість кліщем I ступеня для кукурудзи 3 клас кормові потреби	Міль зернова, кліщ, довгоносик	Відбір проб та дослідження на зараженість партії з 2 кг.	Кожна партія	Технік-лаборант виробничої лабораторії	За направлення на доочистку якщо можливо, або на утилізацію. Відмова у відвантаженні.	Форма №42-посвідчення про якість	Результати перевірки картки лабораторного аналізу зерна та перевірка журналу форма №56.