

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**  
**Факультет комп'ютерних наук**  
**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій**

**ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ**  
В. о. завідувача кафедри АКІТ,  
кандидат технічних наук, доцент

\_\_\_\_\_ М. І. Сіделєв

“ \_\_\_\_ ” 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**  
на тему: «**Автоматизація процесу зберігання зерна в малих зерносховищах**»

**Пояснювальна записка**

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917113

Студент \_\_\_\_\_ Сосновський І.В.

Керівник \_\_\_\_\_ Щесюк О.В.

Консультант \_\_\_\_\_ Алексеєва А.О.  
(дата)

Кафедра Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
 Автоматизація процесу зберігання зерна в малих зерносховищах  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення: Комп'ютерних наук  
 Кафедра, циклова комісія: Автоматизація та КІТ  
 Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Напрямок підготовки 151 «Автоматизація та приладобудування»  
 (шифр і назва)

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
 (шифр і назва)

### ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. завідувача кафедри, голова циклової комісії**

Сідєлєв М. І. \_\_\_\_\_  
 “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Сосновського Івана Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

Автоматизація процесу зберігання зерна в малих зерносховищах

керівник проекту (роботи) канд. техн. наук, доцент Щєсюк Олег Володимирович,  
 затверджені наказом вищого навчального закладу від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022 року  
 № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 17.06. 2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Вимірювання температури, вимірювання відносної вологості, вимірювання рівня наповненості зерносховища, керування роботою вентиляції, автоматизація керування на основі вимірних параметрів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація; вступ; аналітичний огляд літератури та інформації за темою роботи; розробка структурної схеми системи; розробка функціональної схеми системи; розгляд охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна; висновки; перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) структурна, функціональна схеми, дизайн мобільного додатку, 3-D модель силосного зерносховища з термопідвісками.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Кафедра Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
 Автоматизація процесу зберігання зерна в малих зерносховищах

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Щєсюк О.В., доцент кафедри АКІТ	17.10.2022	
2	Щєсюк О.В., доцент кафедри АКІТ	03.01.2023	
3	Щєсюк О.В., доцент кафедри АКІТ	03.04.2023	
4	Алексєєва А.О., доцент кафедри екології	19.04. 2023	

7. Дата видачі завдання «17» жовтня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2022	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3	Формування завдання	17.10.2022	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2022	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2022	
6	Виконання першої частини	01.12.2022	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9	Робота над третьою частиною	03.04. 2023	
10	Робота над розділом з охорони праці	19.05. 2023	
11	Передзахисти	22.05. 2023	
12	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	17.06. 2023	

\*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

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

Керівник проекту (роботи)

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

## АНОТАЦІЯ

**Сосновський І.В. Автоматизація зберігання зерна в малих зерносховищах. Бакалаврська кваліфікаційна робота із спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології. – Миколаїв, ЧНУ ім. Петра Могили, 2023. – 83 сторінки, 23 рисунки, 4 таблиці.**

Бакалаврська робота присвячена автоматизації зберігання зерна в малих зерносховищах. В ході роботи розглянуто модель автоматизованого силосного зерносховища.

Створено структурну та функціональну схеми, мобільний додаток, вибрані елементи системи.

Проведено аналіз існуючих сучасних рішень проблеми зберігання зерна, виділено переваги та недоліки кожного виду зерносховищ та обрано найдоцільніше під задані умови.

Автоматизоване зерносховище є важливим і корисним в контексті сучасного сільського господарства. Вона дозволяє ефективно контролювати та оптимізувати умови зберігання зерна у сховищах, що дає змогу зберігати врожай до підвищення цін без втрати якості продукції.

Таке сховище дозволяє створити оптимальне середовище для зберігання зерна, забезпечуючи необхідні умови згідно вимог до зберігання зерна. Також дозволяє знизити навантаження на людський персонал за рахунок автоматизації. Система може автоматично дотримувати необхідні умови виконувати дії з оптимізації середовища, що зменшує ризик помилок та необхідність постійної людської присутності. Це забезпечує більш надійний догляд за зерном та стабільне керування умовами в зерносховищі, а також економить час та зусилля сільськогосподарських працівників, особливо на завантаження і розвантаження зернової продукції.

## ANNOTATION

**Sosnovskiy I.V. Automatization of storage grain in small storagies.  
Bachelor work of specialty in 151 Automation and computer-integrated  
technologies. - Mykolaiv, Petro Mohyla Black Sea National University, 2023. 83  
pages, 23 figures, 4 tables.**

The bachelor's thesis is devoted to the automation of grain storage in small granaries. In the course of the work, a model of an automated silo grain storage facility was considered.

Structural and functional diagrams, a mobile application, and selected system elements were created.

The existing modern solutions to the problem of grain storage are analyzed, the advantages and disadvantages of each type of grain storage are highlighted, and the most appropriate one is selected for the given conditions.

An automated grain storage facility is important and useful in the context of modern agriculture. It allows you to effectively control and optimize grain storage conditions in storage facilities, which makes it possible to store crops until prices rise without losing product quality.

Such a storage facility allows us to create an optimal environment for grain storage, providing the necessary conditions in accordance with the requirements for grain storage. It also reduces the workload on human staff through automation. The system can automatically observe the necessary conditions and perform actions to optimize the environment, which reduces the risk of errors and the need for constant human presence. This ensures more reliable grain care and stable management of the conditions in the grain storage facility, as well as saves time and effort for agricultural workers, especially for loading and unloading grain products.

**ЗМІСТ**

Перелік скорочень .....	9
ВСТУП .....	10
<b>1 СУЧАСНІ ВИДИ ЗЕРНОСХОВИЩ ТА ВАРІАНТИ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА. ....</b>	<b>14</b>
1.1 Загальна інформація про зерносховища .....	14
1.2 Силосні зерносховища .....	17
1.3 Підлогові зерносховища .....	32
1.4 Вибір зерносховища під необхідні умови .....	37
1.5 Завдання на проектування.....	38
Висновки до розділу 1 .....	39
<b>2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ, БЛОК СХЕМИ, АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНУСНОГО СИЛОСНОГО ЗЕРНОСХОВИЩА .....</b>	<b>40</b>
2.1 Будова конусного силосного зерносховища .....	40
2.2 Функціональна схема силосного зерносховища .....	45
2.3 Апаратне забезпечення зерносховища .....	47
2.4 Програмне забезпечення силосного зерносховища .....	55
2.5 Розрахунок орієнтовної вартості та доцільності інвестицій .....	58
Висновки до розділу 2 .....	61
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>62</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....</b>	<b>63</b>
<b>3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ .....</b>	<b>67</b>
<b>ВСТУП .....</b>	<b>67</b>
1. Актуальність дотримання вимог охорони праці на елеваторах .....	68
2. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна .....	69
3. Вимоги безпеки під час виконання робіт у силосах і бункерах.....	70
4. Вимоги безпеки під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт із зерном та іншими сипучими продуктами.....	77
Висновки до розділу 3 .....	84
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....</b>	<b>85</b>

## **Перелік скорочень**

ПЗ – програмне забезпечення

США – сполучені штати Америки

СМВУ – силос металевий вентильований уніфікований

УФ – ультрафіолетовий

ПК – персональний комп'ютер



## ВСТУП

Післязбиральне життя та якість сільськогосподарської продукції залежать, головним чином, від її якості під час збору врожаю. Однак після збору врожаю кілька взаємопов'язаних факторів формують складні взаємозв'язки, які можуть призвести до погіршення якості під час зберігання. Хоча період збору врожаю сільськогосподарської продукції є відносно коротким, попит на неї існує протягом усього року. Таким чином, сільськогосподарська продукція повинна зберігатися безпечно з використанням належних методів консервації для стабільного постачання протягом усього року. Зернові, як сільськогосподарська продукція, займають важливе місце в харчуванні людини, оскільки вони є основним джерелом енергії для більшості населення планети.

Один з нових трендів в будівництві елеваторів полягає в переході до малих і мобільних установок. Цей тренд зумовлений бажанням диверсифікувати ризики пошкодження зерносховищ[1].

Урахування погодних умов також має важливе значення. Наприклад, в районах з великим сніговим навантаженням необхідно враховувати цей фактор при проектуванні елеваторів.

В Україні слід розглянути можливість заміни великих "монстрів-елеваторів" на менші, розміщені ближче до місць виробництва. Ця практика вже успішно впроваджується в США, де фермери зберігають свою продукцію на власних установках і продають її, коли це є найбільш вигідним.

В українських умовах часто стикаються з проблемою неякісного зерна, яке надходить з поля. Тут можна використати досвід США і розмістити біоетанольне виробництво поруч з елеваторами. Переробка неякісного зерна на біоетанол є цікавим рішенням, особливо з урахуванням паливної кризи, оскільки біоетанол може бути доданий до бензину в певних пропорціях.

Мобільність і гнучкість стають важливими вимогами в умовах війни. Це також стосується систем зберігання. Прогнозується переформатування ринку елеваторів навіть у великих агрохолдингах. не закінчиться завтра, і після неї настане період економічної реабілітації. Україна має достатньо потужностей для зберігання близько 50-60 млн тонн зерна, але може вирощувати приблизно 100 млн тон [1]. Хоча спостерігатиметься спад у будівництві елеваторів, проте в подальшому ринок знову зростатиме. Однак важливо, щоб ціни на метал і дизель стабілізувалися, щоб бізнес не став залежним від непередбачуваних витрат.

Таким чином, в українському контексті цікавими рішеннями є розміщення біоетанольного виробництва поруч з елеваторами та використання рухомих систем зберігання, які забезпечують гнучкість і мобільність у воєнний період.

В останні роки агрокомпанії все більше розглядають можливість переробки своїх сільськогосподарських продуктів для уникнення логістичних проблем з експортом. Це означає, що замість простого експорту сировини, вони починають виробляти готові продукти для харчування або альтернативні джерела енергії. Наприклад, багато компаній переробляють соняшник на олію, що буде має актуальність і в майбутньому. Також зросла зацікавленість у переробці зерна на крупи. Проте важливо уникнути надмірного виробництва круп, оскільки світу потрібна лише обмежена кількість таких продуктів.

Цікавим варіантом є переробка рослинницької продукції на біогаз або біоетанол. Якщо агропідприємство стає незалежним від дорогих енергоносіїв і має можливість продавати надлишки енергії, це може бути вигідною інвестицією.

Таким чином, переробка сільськогосподарської продукції викликає все більший інтерес серед агрокомпаній. Це дає їм можливість уникнути логістичних проблем, розширити асортимент готових продуктів та забезпечити додаткові джерела доходів, особливо в контексті переробки на біогаз та біоетанол.

Малим підприємствам буде корисно будувати на своїх територіях невеликі сілосні бункери, склади. Ринок сілосних зернових бункерів досить різноманітний і кожному підприємству вдасться підібрати потрібний для конкретних задач зерновий бункер. За рахунок зберігання зерна в таких бункерах можна зберігати агропродукцію в очікуванні підвищення ціни так за один-два роки окупити інвестиції в дані зерносховища.

**Актуальність.** У сучасних умовах, з урахуванням можливості аварії та інших ризиків, малий елеватор є менш вразливим. Наприклад, у разі аварії на один великий елеватор, можливості зберігання зерна в цій локації можуть бути паралізовані. У свою чергу, маленькі елеватори зменшують ризики втрат, оскільки їх пошкодження або знищення не призводять до загального збою у системі зберігання. В зв'язку з цим, актуальним є питання створення автоматизованої системи керування і контролю якості зберігання продукції в малих зерносховищах.

**Метою** роботи є розробка системи автоматизації зерносховища для малих і сімейних фермерських господарств, що забезпечить підвищення якості продукції, яка зберігається.

**Об'єктом** є технологія зберігання зерна в малих зерносховищах.

**Предметом** є автоматизована система керування процесами зберігання зерна в малих зерносховищах, яка складається з комплексу апаратно-програмних засобів.

Для досягнення поставленої мети було поставлено такі **задачі**:

1. Провести аналіз існуючих видів зерносховищ, виділити їх переваги та недоліки.
2. Проаналізувавши усі критерії кожного зі сховищ – обрати найдоцільніший варіант для малих фермерських господарств для подальшого аналізу конкретного виду зерносховищ.

3. Створити загальний опис вибраної системи та її складових.
4. Розробити функціональну схему системи.
5. Розробити мобільний додаток для автоматизації системи.
6. Розрахувати витрати та час відбиття інвестицій.
7. Розглянути питання охорони праці та цивільного захисту.

# 1 СУЧАСНІ ВИДИ ЗЕРНОСХОВИЩ ТА ВАРІАНТИ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА.

## 1.1 Загальна інформація про зерносховища

### Види зерносховищ за способом зберігання

За способом зберігання основними типами є сховища підлогові, бункерні, силосні, а також поліетиленові рукави. У наступних підрозділах ми розглянемо кожен з них. [6]

Вибір відповідного типу зерносховища залежить від інформації про фізіологічні та біохімічні процеси, що відбуваються в зерні під час зберігання, а також від факторів, які впливають на ці процеси. Протягом всіх стадій збору зерна та періоду зберігання відбуваються повільні процеси післязбирального дозрівання, супроводжуючись активним диханням зерна та випаровуванням вологи, яка повинна бути належним чином виведена з зерна, щоб уникнути утворення конденсату та зберегти його якість. Зберігання зерна у вологому середовищі без достатнього провітрювання може призвести до псування зерна та розвитку плісняви.

Щоб зберегти зерно в хорошому стані та запобігти росту плісняви, необхідно максимально уникати зволоження зерна. Зібране зерно часто містить надлишок вологи, який сприяє розвитку плісняви, бродінню та нагріванню, що небажано і негативно впливає на якість зерна. Традиційним методом є розкладання зерна у тонкому шарі на підлозі, щоб забезпечити йому ефективну провітрювання. Після досягнення достатньої сухості, зерно можна перемістити до спеціального зерносховища для подальшого зберігання. Сучасні зерносховища часто використовують механізований зерновий транспорт (наприклад, зернові шнеки) для переміщення зерна з одного місця зберігання в інше.

У сучасних силосах зазвичай використовується система примусової аерації або з сушіння зерна на місці. Це може включати циркуляцію повітря через

зерносховище за допомогою вбудованих систем аерації або використання зовнішнього обладнання для сушіння зерна. Цей процес допомагає контролювати вологість зерна та забезпечує його якість і тривалість зберігання.

Вибір оптимального зерносховища та методів зберігання залежить від багатьох факторів, таких як тип зерна, вологість, кліматичні умови, доступність обладнання та розмір господарства. Важливо обирати такий тип зерносховища, який забезпечує належні умови зберігання, враховуючи потреби конкретного зерна та вимоги фермера.

Загалом, метою вибору та використання зерносховища є забезпечення оптимальних умов зберігання зерна, щоб запобігти його псуванню, втратам та забезпечити збереження якості протягом тривалого періоду часу.

### **Основні технологічні вимоги**

Якість зберігання насіннєвого та продовольчого зерна значно залежить від можливості контролювати фізичні, хімічні і біологічні процеси, що відбуваються в зерновій масі під час зберігання у зерносховищі. Найкращі результати досягаються, коли зерно очищене, сухе та охолоджене перед зберіганням, оскільки такі умови сприяють його максимальній тривалості зберігання.

У зерносховищах встановлюються певні вимоги до їх конструкції, які включають [2]:

- Захист від атмосферних і ґрунтових вод, а також від різких перепадів температури.
- Захист від проникнення гризунів та комах, які можуть завдати шкоди зерновим запасам.
- Наявність механізмів для завантаження, розвантаження та швидкого переміщення зернових мас.

- Здатність зберігати кілька партій насіння, запобігаючи їх змішуванню.
- Стійкість до тиску зерна та вітру, а також до негативного впливу повітря навколишнього середовища.

У зерносховищах під час технологічного процесу можуть виділятися пил та утворюватися відходи. Тому важливо мати аспіраційні установки і спеціальні бункери для збору відходів.

Не рекомендується використовувати каркасні стіни з подвійними обшивками і проміжками між ними, оскільки це може сприяти поселенню шкідників. Також не рекомендується використовувати бетонні підлоги в засікових та наземних зерносховищах, оскільки вони можуть сприяти зволоженню зерна.

Зберігання зернових мас може бути поділене на дві категорії: тимчасове і тривале. Тимчасове зберігання відбувається на короткий період, зазвичай до 3 місяців, тоді як тривале зберігання може тривати кілька місяців або навіть роки. Зернові можуть бути збережені у формі насипу або у тарі.

Зберігання зерна у формі насипу має кілька переваг. Воно дозволяє ефективніше використовувати площу і об'єм зерносховища, спрощує механізоване переміщення зерна та ускладнює доступ шкідникам. Крім того, контроль за показниками зберігання є більш зручним. Такий спосіб зберігання дозволяє знизити витрати на тару і переміщення зерна.

Зерносховища можна класифікувати за різними ознаками, включаючи період зберігання, конструкційні особливості, види проводимих операцій, ступінь механізації та тип установок для активного вентилявання. Зерносховища для тривалого зберігання можуть бути у формі складів, елеваторів або мати змішаний тип. У звичайних складах зерно зберігається насипом на підлозі.

## 1.2 Силосні зерносховища

Силос (від грец. σῖρος - siros, "яма для зберігання зерна") - це споруда для зберігання сипучих матеріалів. Силоси використовуються в сільському господарстві для зберігання зерна. Також силоси використовуються для зберігання вугілля, цементу, технічного вуглецю, деревної тріски, харчових продуктів і тирси [8].

Порівняно з підлоговими або бункерними зерносховищами, силосні сховища мають значно вищу вартість. Однак вони мають деякі переваги, що робить їх привабливими для деяких фермерів. Використання силосних сховищ дозволяє максимально ефективно використовувати внутрішній об'єм, завдяки конусоподібному днищу, яке автоматично випускає зерно. Також вони оснащені спеціальною баштою, де розміщене обладнання для потокової обробки насіння.

Силосні зерносховища зазвичай є повністю механізованими, а деякі навіть автоматизованими. Це дозволяє здійснювати високотехнологічне переміщення, вентилявання та обробку зерна з мінімальною участю персоналу. Вони забезпечують надійне зберігання зерна з мінімальними витратами і дозволяють контролювати температуру зернової маси. Силоси також дозволяють проводити додаткові процеси, такі як досушування, знезараження та дезінсекцію зерна.

Ці зерносховища також можуть мати активну вентиляцію та зберігати зерно у газовому середовищі. Вони мають верхні та нижні люки, а також драбини, що дозволяють здійснювати обслуговування та ремонт різних частин силосного спорудження.

Отже, силосні сховища, хоча і мають вищу вартість, пропонують більше функціональності та автоматизації, що дозволяє ефективно зберігати та обробляти зерно з меншим залученням робочої сили (рис. 1.1).





Рисунок 1.1 – Сталеві силосні зерносховища з конусним дном

## **Види силосних зерносховищ:**

### **1. Силосна башта**

Силосні башти є циліндричними структурами, зазвичай з діаметром від 3 до 27 метрів і висотою від 10 до 90 метрів, при цьому силоси для бетону можуть мати більші розміри (рис. 1.2). Вони можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як дерев'яні пали, бетонні пали, литий бетон або сталеві панелі, кожен з яких має свою вартість, тривалість експлуатації і проникність повітря. Дані силоси використовуються для зберігання зерна, цементу, тріску тощо, і зазвичай вони розвантажуються за допомогою повітряних затворів або шнекових систем. Розвантаження силосів може проводитися в залізничні вагони, вантажівки або за допомогою конвеєрів. [6]



Рисунок 1.2 – Зерновий елеватор з групи сілосних башт у Порт-Джайлз,  
Південна Австралія

Розвантаження баштових силосів, які містять зерно, зазвичай відбувається з верхньої частини штабеля. У наш час для розвантаження використовуються механічні розвантажувачі. Хоча іноді використовуються нижні розвантажувачі силосів, вони можуть мати проблеми з ремонтом. Баштові силоси мають перевагу у тому, що зазвичай добре ущільнюються під власною вагою, за винятком верхніх кількох метрів. Однак це може бути не вигідним для матеріалів, таких як подрібнена деревина. Винахід баштових силосів приписують Франкліну Хайраму Кінгу.

У Канаді, Австралії та Сполучених Штатах багато сільських містечок або великих фермерських господарств у зернових районах мають групи дерев'яних або бетонних баштових силосів, які називаються елеваторами. Вони використовуються для збирання зерна з навколишніх міст, його зберігання та

захисту перед транспортуванням потягом, вантажівкою або баржею до переробників або експортних портів. У періоди високих врожаїв надлишок зерна може зберігатись у купах без використання силосів або бункерів, що призводить до значних втрат.

## **2. Залізобетонні силоси на палях**

**Паля** – у будівництві – дерев'яний, металевий або залізобетонний стрижень який заглиблюють у землю або виконують у землі для додавання міцності та тримальної здатності фундаменту конструкції [5].

Бетонні силоси для зберігання зерна зазвичай будуються з малих збірних бетонних блоків, які мають ребристі пази вздовж кожного краю. Ці блоки з'єднуються між собою, утворюючи міцну оболонку. Бетон має високу міцність на стиск, тому силоси посилюються сталевими обручами, що огортають вежу і стискають штабелі у щільне кільце. Щоб забезпечити стійкість конструкції, вертикальні шари блоків утримуються разом шляхом переплітання кінців палей на невеликій відстані вздовж периметру кожного шару, а також за допомогою обручів, які затягуються через краї палей (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Бетонний силос на стадії будівництва

Силоси мають зростаючий статичний тиск всередині, який поступово збільшується до нижньої частини силосу. Це призводить до зміни розташування обрuchів: вони можуть бути розташовані на більшій відстані один від одного у верхній частині, але зменшуватись у відстані нижче, щоб уникнути розриву з'єднань.

Бетонні силоси будуються з використанням загальних компонентів, які забезпечують високу міцність і тривалий термін служби. Висота силосу може бути змінена залежно від потреб ферми та фінансових можливостей фермера, а також силос може бути повністю розібраний і перевезений на інше місце, якщо він більше не потрібний (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 - Невеликі силоси розширені вгору завдяки зміцненню нижніх

палей

### 3. Баштові силоси з низьким рівнем кисню

Силоси з низьким вмістом кисню призначені для тривалого зберігання ферментованих вмістів у середовищі з низьким вмістом кисню, що допомагає зберегти їх високу якість та запобігти утворенню плісняви та гниття, особливо у верхніх шарах силосу або бункера. Вони відкриваються лише під час завантаження кормів, а розвантаження відбувається через герметично закритий жолоб, щоб уникнути проникнення повітря.

З проектуванням великих конструкцій, що несприйнятливі до змін атмосферного тиску з часом, пов'язані значні витрати. Тому конструкція силосу відкрита до атмосфери, проте зовнішнє повітря відокремлене від внутрішнього за допомогою великих непроникних мішків, які прикріплюються до вентиляційних отворів силосу. У спекотну частину дня, коли силос нагрівається сонцем, газ всередині розширюється, мішки "видихають" і розриваються, дозволяючи повітрю проходити. Вночі, коли силос охолоджується, газ всередині стискається, мішки "вдихають" і знову розширюються.

Хоча колись знакові сині силоси Harvestore з низьким вмістом кисню були широко поширеними, їх розвантажувальний механізм не міг відповідати продуктивності сучасних бункерних силосів, що призвело до їхнього поступового відхилення. Великі витрати на ремонт розвантажувача також серйозно підірвали репутацію компанії Harvestore, оскільки механізм розвантаження розташовується в нижній частині силосу під великою кількістю зерна. У разі поломки ланцюга, вартість ремонту може сягати до 10 000 доларів США. В таких випадках часткове або повне висипання зерна стає необхідним, щоб досягти до пошкодженого розвантажувача і видалити пошкоджені компоненти, які можуть бути застрягли у нижній частині силосу [8].

У 2005 році компанія Harvestore визнала ці проблеми і розробила нові розвантажувачі з подвоєною швидкістю потоку порівняно зі старими моделями, щоб залишатися конкурентоспроможними в порівнянні з бункерними силосами,

Кафедра Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
Автоматизація процесу зберігання зерна в малих зерносховищах  
а також з більш міцним ланцюгом розвантажувача. Крім того, вони застосовують  
контролери частотно-регульованих двигунів з плавним пуском, які реагують на  
навантаження, що зменшує ризик поломки механізму (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Баштові силоси Harvestore з низьким вмістом кисню

#### 4. Пластикові силоси

Пластикові силоси виробляються за допомогою різних методів, таких як лиття під тиском, ротаційне лиття та видувне лиття. Вони виготовляються з різних видів поліетиленових пластиків. Пластикові силоси мають невелику вагу і ідеально підходять для невеликих фермерських господарств, які займаються тваринництвом і вирощуванням зерна. Легка конструкція і економічно вигідні матеріали роблять пластикові силоси прекрасною альтернативою традиційним сталевим бункерам. У порівнянні з тканинними силосами, які піддаються гниттю зерна та можуть привертати шкідників, пластикові силоси є більш безпечними та надійними, забезпечуючи збереження зерна у свіжому та незіпсованому стані. Вони можуть бути виготовлені як стаціонарні зерносховища з донним бункером або як переносні, розміщені на піддонах (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Широкий асортимент пластикових бункерів для зерна, виготовлених компанією Buffer Valley Industries у Саскачевані, Канада



## Загрузка та вивозка силосних зерносховищ

### Загрузка баштових силосів:

**Нагнітачі та шнеки** використовуються для заповнення більшості силосів та в основному вони застосовуються для зернових культур. Нагнітачі та шнекові системи наймовірно дорогі і використовують або складні механічні системи, або стиснене повітря для переміщення зерна до завантажувального входу у верхній частині силосу [9]. Ці системи гарантують, що зерно не буде пошкоджено і допомагають зберегти якість зерна (рис. 1.7)



Рисунок 1.7 – Вигляд шнеку

Для завантаження зерна, вугілля та інших матеріалів у завантажувальний люк, встановлений у верхній частині силосу, може використовуватися **конвеерна система**. Це найпростіший спосіб завантаження силосу, і система може працювати з величезними навантаженнями, що робить її ідеальною для тих підприємств, які планують зберігати великі обсяги. Однак ця система призводить до значних втрат матеріалу через висипання, як з боків конвеєра, так і через стінки бункера. Це робить систему дуже дорогою для фермерів, які зберігають зерно, що використовується у виробництві продуктів харчування.

**Розвантаження башти** – у більшості силосів під дією сили тяжіння зерно висипається з верхньої частини силосу через отвір внизу біля центру. Через цей отвір шнеком зерно транспортується до транспортного засобу або іншого зерносховища. Коли зерно проходить через шнек, воно утворює форму воронки у верхній частині силосу. Якщо працівники стоять у цьому місці, зерно, що витікає, може затягнути їх у воронку, що може призвести до травм або загибелі людей. У силосах з бетонними палями, які є різновидом баштових силосів, зазвичай використовується дещо інший метод розвантаження. Шнеки у верхній частині силосу вдувають зерно до центру конструкції, а потім вивантажують його через двері збоку силосу.

### **Переваги та недоліки силосів для зберігання зерна:**

#### **Переваги**

Використання силосів для зберігання зерна має кілька переваг:

- Для зберігання такої ж кількості матеріалу потрібно менше площі, ніж для зберігання на горизонтальному складі.
- Продукція зберігається в оптимальних умовах.

#### **Недоліки**

Одним з найбільших недоліків силосних сховищ є те, що при поводженні з ними існує багато ризиків.

Найпоширеніші з них такі:

- Ризик пожежі та вибуху, на жаль, дуже поширений на елеваторах.
- Нещасні випадки через задуху та ризик отруєння. Ця обставина виникає при вдиханні легкозаймистих парів, які утворюються при розкладанні зерна.
- Ризик інтоксикації через використання фумігантів та пестицидів
- Ризик задухи при відкритті силосів через накопичення вуглекислого газу.

Але ці ризики стотуються лише великих силосів, в які треба заходити для обслуговування, в нашому ж випадку такі зерносховища недоцільні, оскільки ми розглядаємо мале фермерське господарство.

## 1. Поліетиленові силоси

У 80-их роках ХХ століття в Аргентині з'явилася проблема зберігання зерна через обмежені потужності зерносховищ. Відповідно, мішки-рукави з поліетилену стали інноваційним рішенням для цієї проблеми. Зараз велика частина вирощеного в Аргентині зерна зберігається у таких мішках, навіть великі агропідприємства використовують цю технологію разом із традиційними зерносховищами.

Цей метод зберігання зерна широко застосовується в Україні, а також в країнах Північної Америки та Європи, завдяки його доступності та ефективності.

Поліетиленовий рукав створює замкнуте середовище, в якому концентрація вуглекислого газу збільшується через дихання організмів, що призводить до припинення активності шкідливих організмів та хвороботворних мікроорганізмів завдяки низькому вмісту кисню. Таким чином, зерно може зберігатись тривалий час без втрати якості (рис. 1.8).

Поліетиленові рукави мають довжину до 60 метрів і складаються з п'яти шарів поліетилену, кожен з яких має свої унікальні властивості. Це забезпечує рівномірне розтягування рукава і міцність, щоб уникнути його розриву від ваги зерна. Тришаровий поліетиленовий рукав має товщину до 250 мікрон (залежно від діаметра), що дозволяє підтримувати стабільну внутрішню температуру. У склад полімеру входить УФ-стабілізатор, який захищає плівку від ушкодження від сонячних променів. Згідно з дослідженнями, поліетиленовий рукав може протистояти ультрафіолетовому випромінюванню протягом до двох років, після чого, при потребі, зерно можна перекласти в інший рукав і продовжити зберігання.

Вони упаковуються за допомогою спеціальних машин і герметично запечатуються з обох кінців. Розвантаження здійснюється за допомогою трактора з навантажувачем або навантажувача з поворотною платформою. Мішки поступово утилізуються, по мірі їх розриву.

Отже, технологія зберігання сільгосппродукції у великих поліетиленових мішках-рукавах стала популярною у багатьох країнах, зокрема в Аргентині, Україні, Північній Америці та Європі. Вона дозволяє створити оптимальні умови для збереження зерна, забезпечує його довготривалу якість та є ефективним рішенням для зерносховищ з обмеженими потужностями.

**Загрузка поліетиленових силосів:** силосні мішки заповнюються за допомогою пересувних саней, що приводяться в рух від валу відбору потужності трактора, залишеного в нейтральному положенні, і які поступово просуваються вперед у міру заповнення мішка. Рульове управління трактора контролює напрямок розміщення мішків під час заповнення, але зазвичай мішки укладаються по прямій лінії.



Рисунок 1.8 – Силосний мішок після заповнення і герметизації

## 2. Бункерні силоси

Цей тип сховищ є придатним для зберігання різних сортів зернових культур завдяки своїм конструктивним особливостям.

Бункерні зерносховища забезпечують повністю механізоване переміщення насіння без необхідності вручну працювати або використовувати пересувну механізацію. Це досягається завдяки конусоподібному або пірамідальному днищу, яке дозволяє самопливно розвантажувати зерно.

Існують два способи обладнання бункерних сховищ: за допомогою стаціонарних перегородок або використання конусоподібних днищ. Бункер з конусоподібною конструкцією є більш ефективним, оскільки забезпечує автоматичне самопливне розвантаження зерна. В обох випадках відсіки та ємності для зберігання розташовуються в два ряди, а середину залишають

вільною для технічного обслуговування та контролю над процесом зберігання (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Сучасні сталеві зерносховища в США

Для збереження насінневого зерна необхідно залишити вільний простір або укласти шар теплоізоляції між бункером і стіною. У разі зберігання фуражного чи продовольчого зерна, ємності можуть бути розташовані притул до зовнішніх стін. Розміщення бункерів залежить від виду зерна, яке зберігається.

У США та деяких країнах Західної Європи широко поширені бункери з металу, зазвичай з оцинкованої сталі, що мають різну ємність - від декількох десятків до сотень кубічних метрів. Ці бункери мають циліндричну форму з гладенького або гофрованого металу, іноді вони можуть бути штампованими. Вони обладнані засобами завантаження зерна і мають плоскі або конічні днища,

а також системи аерації або активного вентилявання. Деякі бункери оснащені установками для моніторингу параметрів мікроклімату, наприклад, температури зернової маси [8].

У США ці сучасні сталеві зерносховища широко використовуються для зберігання зернових культур. Вони дозволяють ефективно використовувати внутрішній об'єм, забезпечують механізоване переміщення зерна та контроль над процесом зберігання. Застосування таких бункерних сховищ дозволяє зберігати зерно з мінімальними витратами та забезпечує високотехнологічну обробку зерна з мінімальним втручанням персоналу.

### **1.3 Підлогові зерносховища**

Підлогові зерносховища мають відсіки для розміщення зерна. Підлогові зерносклади зазвичай є одноповерховими будівлями з верхніми і нижніми ярусами, обладнаними механізмами для механізованого завантаження і розподілення зерна. У таких сховищах підлога може бути горизонтальною або похилою. Горизонтальні підлоги використовуються для зберігання різних видів зернових культур, розділяючи загальну площу на відсіки за допомогою знімних щитів або перегородок. У зерносховищах з похилою підлогою, які будуються на місцях з низьким рівнем ґрунтових вод, використовується тільки нижній ярус з транспортерною стрічкою (рис. 1.10, 1.11).

Добре очищене та оптимально зволене продовольче та фуражне зерно можна зберігати в підлогових зерноскладах у шарі до 5 метрів, а в підлогових зерноскладах з похилою підлогою, оснащених механізмами для механізованого завантаження, розвантаження та обробки зерна, до 10 метрів.

Висота насипу зерна олійних культур з вологістю до 14% в холодний період року не повинна перевищувати 2,0-2,5 метри [13].

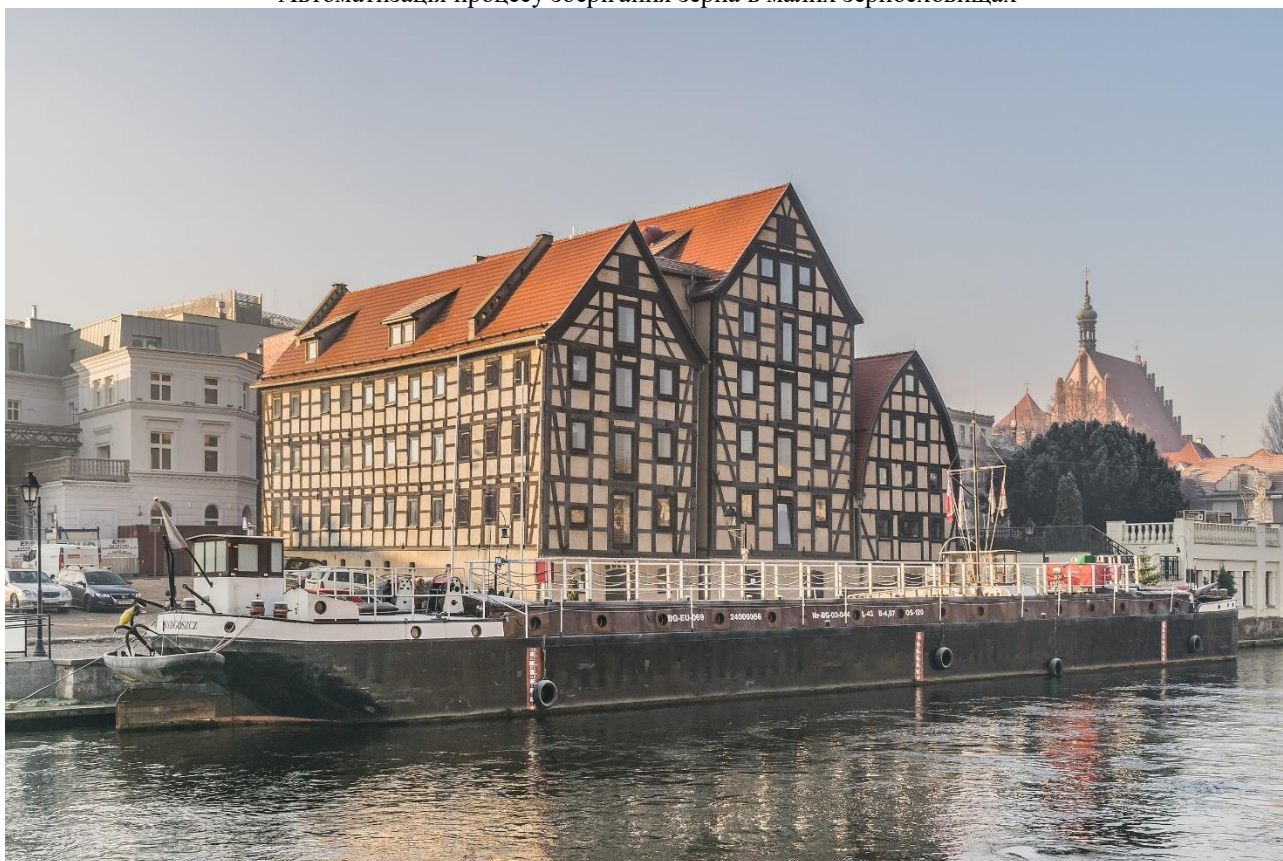


Рисунок 1.10 – Велике зерносховище в Бидгощі, Польща, на річці Брда





Рисунок 1.11 – Підлогове зерносховище в Україні  
2023 р. Сосновський І.В. 151–КРБ – 471.21917113

**Переваги підлогових зерносховищ** полягають у наступному:

- **Гнучкість в зберіганні:** Підлогові зерносклади забезпечують можливість окремого зберігання невеликих партій зерна шляхом зонування складу за допомогою розбірних або мобільних перегородок. Це дозволяє зберігати зерно різних культур чи класів окремо, запобігаючи їх змішуванню.
- **Зберігання дрібнонасінневих культур:** Підлогові сховища є ефективним рішенням для зберігання дрібнонасінневих культур, які не вимагають великих силосних місткостей. У порівнянні з елеваторами з бетонними або металевими силосами, підлогові сховища дозволяють легше працювати з культурами, такими як просо, овес, сорго, сочевиця.
- **Універсальність:** Підлогові зерносховища є найбільш ефективними спорудами для зберігання різних видів зерна, включаючи культури, які легко пошкоджуються, а також насіння і шроти. У цих сховищах зерно можна зберігати як насипом, так і в тарі.

**Недоліки підлогових зерносховищ** включають наступне:

- **Відсутність повної автоматизації:** Технологічні процеси, такі як завантаження, вивантаження і вентилявання, не є повністю автоматизованими у підлогових зерносховищах. Це може вимагати більшої праці та участі персоналу.
- **Вищі витрати на завантаження та вивантаження:** Процеси завантаження та вивантаження зерна у підлогових сховищах зазвичай коштують більше порівняно зі сховищами-силосами. Використовуються спеціальне обладнання, таке як ковшово-шнековий навантажувач, зернокидач або стрічкові транспортери. Деякі операції, наприклад, підгортання зерна, виконуються вручну, що призводить до додаткових витрат на робочу силу, паливо, амортизацію та обслуговування техніки.

- Ускладнений контроль якості: Контроль і відстеження зміни якісних характеристик зерна під час зберігання, таких як температура, вологість та зараженість шкідниками, може бути важким у підлогових зерносховищах. Відсутність автоматичних систем моніторингу може ускладнити контроль за якістю зберігання.
- Обмежене використання території: Підлогові зерносховища мають низький коефіцієнт використання виробничої території. Це означає, що для зберігання такої ж кількості зерна, порівняно з силосами, потрібно більше місця. Таким чином, підлогові сховища можуть бути непрактичними для підприємств зі значним об'ємом продукції.

## 1.4 Вибір зерносховища під необхідні умови

Маємо такі вхідні умови:

- Мале сімейне фермерське господарство із об'ємом зернової продукції 100-150 тон на рік, в залежності від погодних умов та родючості землі у певний рік.
- Відсутність великої кількості робочого персоналу, а отже потреба в максимально можливому рівні автоматизації.
- Низький рівень якості зерна, що потребує додатково контролю якості та процедур очищення, сушіння, досконального догляду в процесі зберігання.
- Тривалість зберігання – пів року, за для продажу у період підвищення ціни: кінець зими, початок весни.
- Культура для зберігання – пшениця одного сорту.

Беручи до уваги всі необхідні умови – найкращим варіантом буде силосне зерносховище з конусним дном для полегшення розвантаження та високого рівня автоматизації.

### **1.5 Завдання на проектування**

Спираючись на поставленні завдання за темою бакалаврської роботи, було визначено головні задачі:

1. Провести аналіз існуючих видів зерносховищ, виділити їх переваги та недоліки.
2. Проаналізувавши усі критерії кожного зі сховищ – обрати найдоцільніший варіант для малих фермерських господарств для подальшого аналізу конкретного виду зерносховищ.
3. Створити загальний опис вибраної системи та її складових.
4. Розробити функціональну схему системи.
5. Розробити мобільний додаток для автоматизації системи.
6. Розрахувати витрати та час відбиття інвестицій.
7. Розглянути питання охорони праці та цивільного захисту.

## **Висновки до розділу 1**

1. Досліджена основна інформація, щодо актуальних рішень проблем зберігання зерна.
2. Проаналізовано технічні особливості сучасних видів зерносховищ, що пропонує ринок.
3. Виконано аналіз недоліків та переваг існуючих зерносховищ та обрано необхідний вид зерносховища.
4. Визначено функціональні та технічні вимоги до автоматизованого силосного зерносховища.
5. Сформовано умови яким має відповідати конкретна обрана модель силосного зерносховища.

## **2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ, БЛОК СХЕМИ, АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНУСНОГО СИЛОСНОГО ЗЕРНОСХОВИЩА**

### **2.1 Будова конусного силосного зерносховища**

Силос з конусним дном передбачений для повного гравітаційного розвантаження. Опорна частина такого силоса являє собою сталеву конструкцію, що сприймає навантаження від власної ваги силоса і продукту, що в ньому зберігається. Завантаження й розвантаження продукції в силосах з конусним дном здійснюються через центральні отвори у верхній та нижній частинах. Воронка для розвантаження виконується зі сталевих листів (пелюстків), з'єднаних болтами. Кут нахилу воронки варіюється від  $45^\circ$  до  $60^\circ$  залежно від виду продукції. Спирання силоса з конусним дном може бути реалізовано такими способами: чотири або більше опори під кожним із силосів, опірне кільце з внутрішніми ребрами жорсткості, окрема сталева рама для групи силосів, окрема залізобетонна рама для групи силосів. У випадку конусного дна система активної вентиляції зерна складається з вертикального повітророзподільника, повітровідводів. Застосування повітря різноманітної температури дозволяє реалізовувати безпосередньо в завантаженому силосі досушування, дозрівання, охолодження і консервацію зерна різної вологості. Розглянемо детальніше конструкцію такого зерносховища (рис. 2.1).

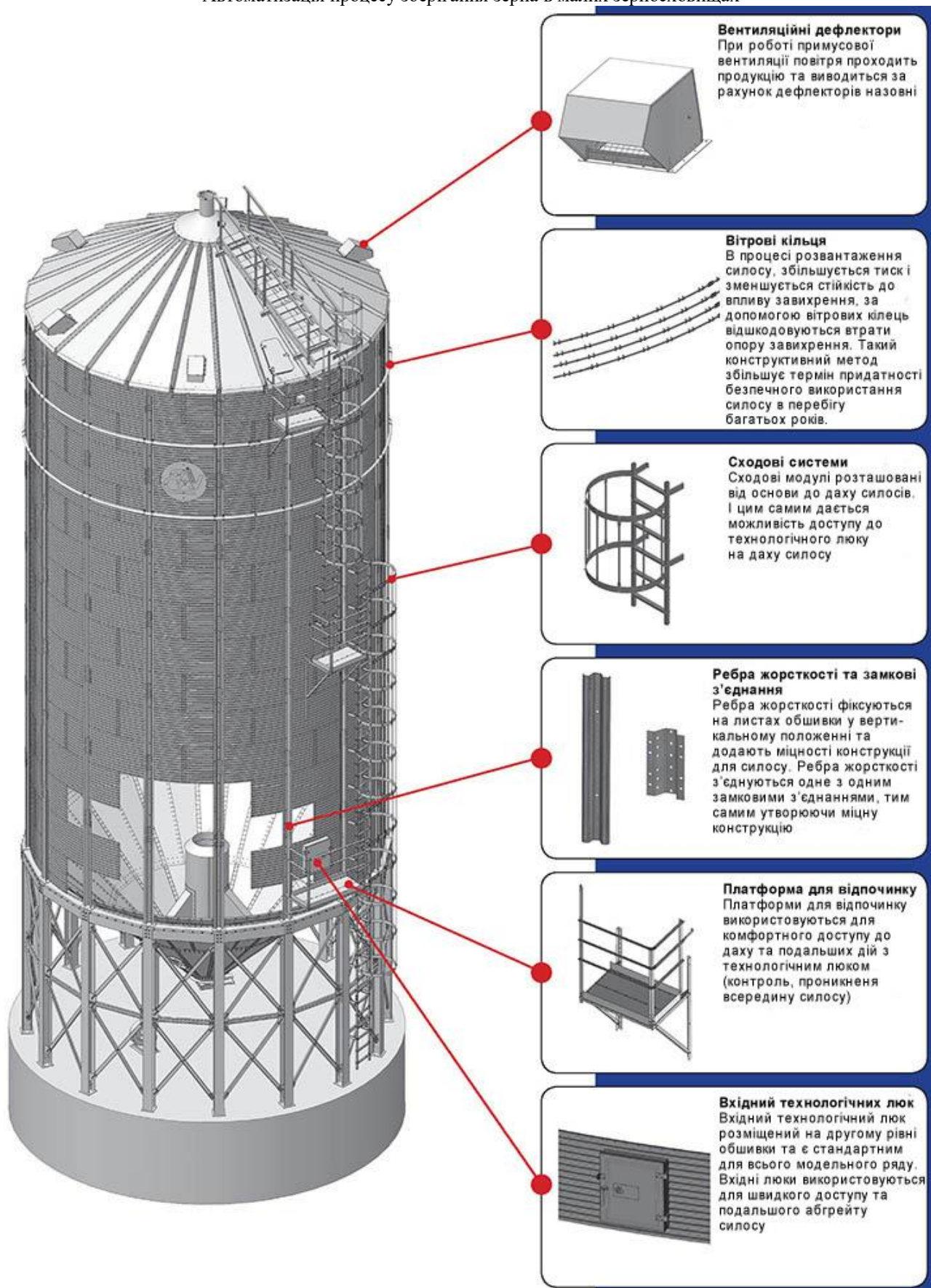


Рисунок 2.1 – Схема будови силосного зерносховища



Розглянемо детальніше будову і структурні дрібниці металевих силосів на прикладі готових рішень від ВАТ "Карлівський машинобудівний завод" [15].

Види каркасів даху:

*Балкового типу* (рис.2.2)

- Модельна лінійка Brice-Baker і СМВУ
- Легка, менш металоємна.
- Більш проста й швидка в монтажі.

*Ферменного типу* (рис.2.3)

- Модельна лінійка СМВУ (силоси діаметром 183, 220 і 275 см)
- Каркас, що гарантує міцність конструкції.

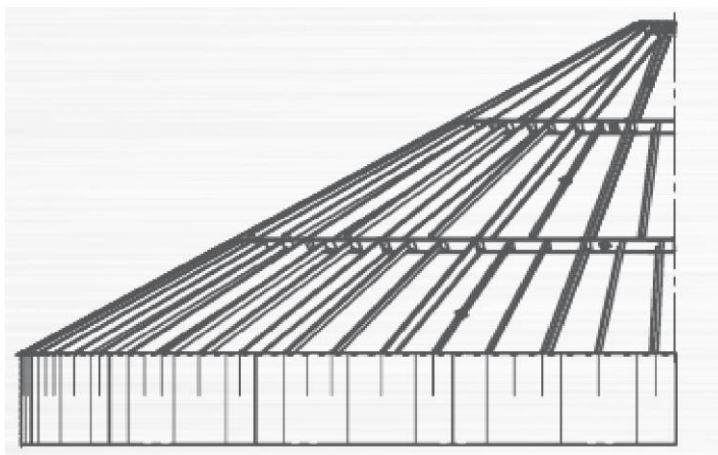


Рисунок 2.2 – Каркас балкового типу

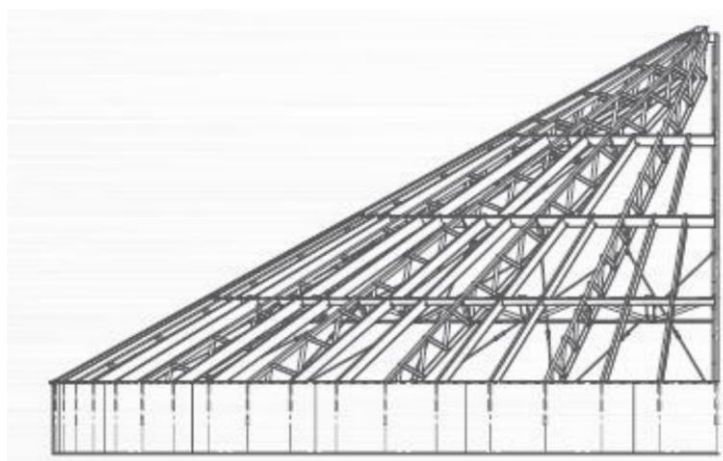


Рисунок 2.3 – Каркас ферменного типу

Якість силосів:

- Мінімальний термін експлуатації становить 15 років.

- Виготовлені з оцинкованої сталі марки S350GD, що виробляється європейськими виробниками. Покриття цинку досягає 600 г/м<sup>2</sup>, що забезпечує високу стійкість до корозії.
- Використання інноваційного металевого покриття "Mg+Zn" дозволяє забезпечити підвищену корозійну стійкість даху силосу.
- Силосні дахи витримують снігові та вітрові навантаження, які характерні для України. Максимальне снігове навантаження на проєкцію даху складає до 320 кг/м<sup>2</sup>, а максимальне вітрове навантаження - 73 кг/м<sup>2</sup> (при швидкості вітру 148 км/год).

Зручність і швидкість монтажу:

- Використовується ідеальна геометрія деталей силосів, що забезпечує високу точність і якість вироблених компонентів.
- На панелях і ребрах жорсткості розміщуються спеціальні мітки, що дозволяють уникнути помилок під час вибору і скорочують час підбору панелей для розміщення по різних ярусах силосу.
- Висота панелей силосу становить 1 200 мм. За рахунок використання вищих панелей, можна зменшити їхню кількість на силосі, що сприяє прискоренню процесу монтажу.
- Наявність систем естакад з міцними настилами й поручнями забезпечує швидкий та безпечний доступ для обслуговування обладнання на силосі. Це сприяє зручності під час проведення ремонтних робіт та обслуговування.

Геометрична точність отворів під болтове з'єднання в панелях і ребрах:

Для кріплення застосовуються болти M10 і M12, клас міцності – 8.8, у комплекті з гайками, конусними шайбами і ущільнювальними прокладками.

Кафедра Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
Автоматизація процесу зберігання зерна в малих зерносховищах  
Інтерактивна система термометрії та рівня зерна:

Контроль температури зерна 24/7 для запобігання самозігріванню продукції в силосі

- Визначення рівня наповнення ємності
- За допомогою спеціального ПЗ інформація виводиться на комп'ютер або ручний вимірювальний прилад (рис.2.9)
- Цифрові термопідвіски з пошаровим контролем температури з датчиками температур із кроком 1,5 м (рис 2.8)

Комплектація:

- Датчики верхнього граничного рівня зерна (рис 2.8)
- Оглядовий люк і люк обслуговування
- Ергономічні естакади та драбини з перилами й огорожами для зручності експлуатації

Дворівнева система вентиляції:

*Пристінні розподільники повітря:* 2-3 симетрично розташовані на конусному днищі вентиляційні короби. Вентилятор із системою зовнішніх повітропідвідних патрубків. (рис.2.4)

*Поперечний розподільник повітря:* поперечний короб із зовнішнім вентилятором. (рис.2.5)

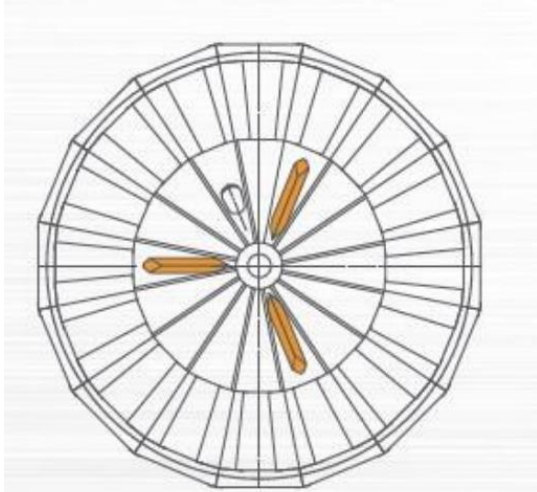


Рисунок 2.4 – Пристінні розподільники повітря

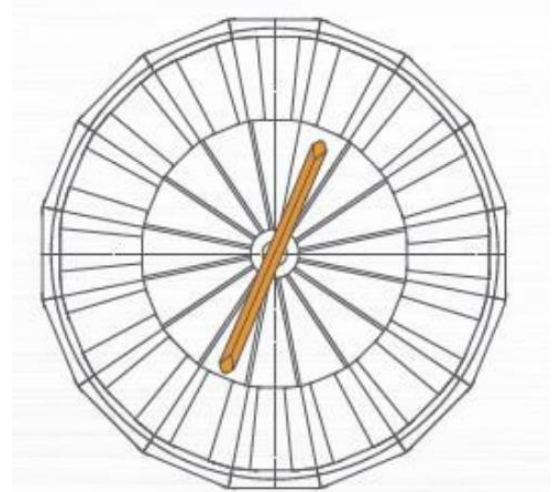


Рисунок 2.5 – Поперечний розподільник повітря

Така система охолоджує зерно після сушіння для попередження його самозігрівання в силосі:

- Розподіляє внутрішню вологість зерна після першого етапу двоетапного сушіння
- Остуджує зерно в зимовий період для припинення життєдіяльності шкідників
- Для пошарової вентиляції (виведення вологи з нижніх ярусів) використовуються пристінні повітроводи (для модельної лінійки СМВУ, діаметр  $\geq 7,3$  м)

## 2.2 Функціональна схема силосного зерносховища

Функціональна схема - це графічне зображення, що показує структуру та зв'язки між різними елементами або компонентами системи або процесу. Вона дозволяє уявно подати послідовність операцій, взаємодію елементів і передачу даних або сигналів. Функціональна схема використовується для аналізу, проектування та управління системами, допомагає зрозуміти принцип роботи системи, виявляти проблеми та забезпечувати ефективну взаємодію між її компонентами.

Проаналізувавши будову силосних зерносховищ та знаючи вимоги до якісного зберігання зерна, які нам потрібно забезпечити, складено функціональну схему (рис.2.6).

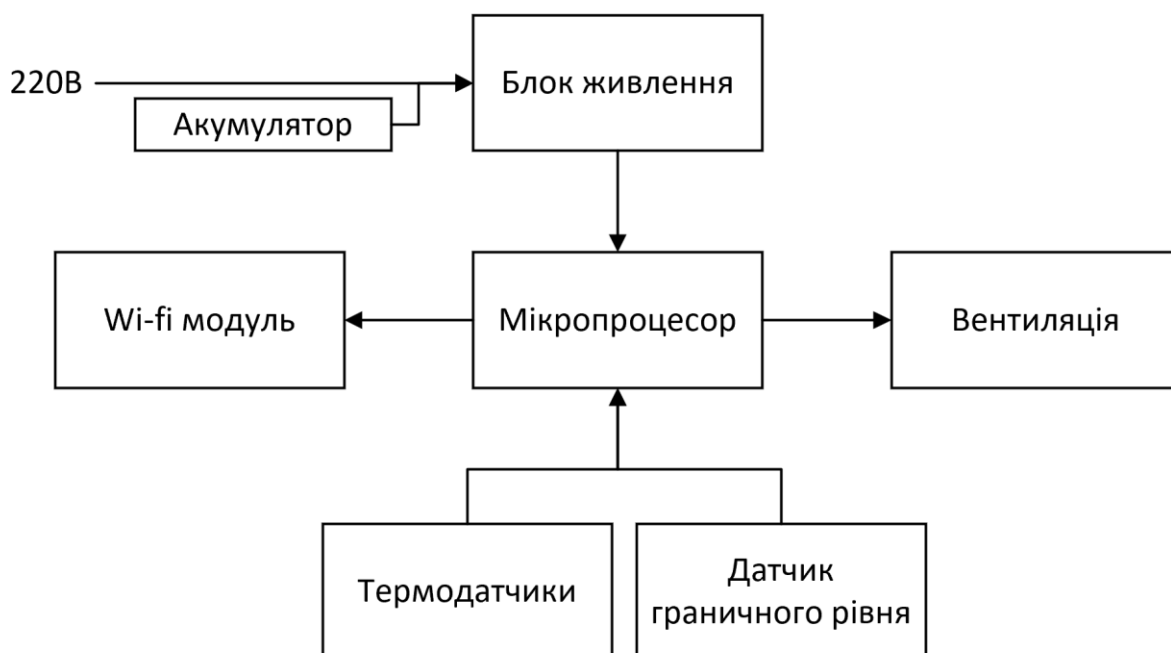


Рисунок 2.6 – Функціональна схема силосного зерносховища.

Схема має такі компоненти:

- *Блок живлення* – живлення відбувається через розетку від мережі 220 V. Також систему удосконалено під сучасні умови, та додано джерело безперебійного живлення на випадок відключення світла. (*Акумулятор*)
- *Мікроконтролер* – виконує роль центрального керуючого пристрою, обробляє дані з датчиків та надсилає команди виконавчим пристроям.
- *Термодатчик* – вимірює рівень температури та вологості зерна 24/7 для запобігання самозігріванню продукції в силосі.
- *Датчик граничного рівня* – вимірює рівень наповненості зерносховища.
- *Вентиляція* – підтримує необхідний рівень температури та вологості у силосі, завдяки чому зберігається якість зерна.
- *Wi-fi модуль* – передає інформацію з датчиків до серверу (ПК) та у мобільний додаток для зручного відстеження показників.

### 2.3 Апаратне забезпечення зерносховища

#### *Джерело безперебійного живлення*

Для підлатування до сучасних умов з можливими відключеннями світла – до системи додано джерело безперебійного живлення (акумулятор). У разі навіть довгого відключення світла акумулятор дасть можливість відстежити інформацію з датчиків через мобільний додаток або ПК, та у разі погіршення якості зерна прийняти необхідні міри. Використовувати вентиляцію від такого джерела не має можливості, враховуючи її потужність, але акумулятор і не розрахований на таке. Зерносховище доукомплектовано ним заради того, щоб підтримувати роботу датчиків під час відсутності електроенергії у мережі, та у разі критичних показників прийняти необхідні міри – увімкнути вентиляцію, використавши, наприклад, дизельний генератор, або інше альтернативне джерело живлення. За відносно до ціни зерносховища невелику доплату власник має можливість контролювати стан свого зерна, навіть у періоди відключення світла. Для підтримання живлення датчиків вистачить звичайного джерела безперебійного живлення від будь-якого якісного виробника, наприклад [Challenger HomeLine 500T12 + АКБ Challenger A12-65](#) [16] (рис.2.7) з такими характеристиками:

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики джерела безперебійного живлення

Виробник	Challenger (Китай)
Тип архітектури	Лінійно-інтерактивний
Форма вихідної напруги	Синусоїда
Акумуляторна батарея	Зовнішня
Потужність, кВт	0,3
Напруга акумуляторної батареї, В	12
Кількість фаз (вхід/вихід)	1/1

Кафедра Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
 Автоматизація процесу зберігання зерна в малих зерносховищах  
 Продовження таблиці 2.1 – Технічні характеристики джерела  
 безперебійного живлення

Нижній поріг вхідної напруги, В	170
Верхній поріг вхідної напруги, В	275
Вихідна напруга, В	220
Частота електромережі, Гц	50
Ток заряду батареї, А	10
Захист	від короткого замикання, перевантаження, перенапруги, розряду та надлишкового заряду батарей, високої/низької напруги.
Маса, кг	5,5



Рисунок 2.7 – Джерело безперебійного живлення

Термодатчик [17]

2023 р.

Сосновський І.В.

151– КРБ – 471.21917113

Зерно, що зберігається, постійно перебуває під загрозою пліснявіння та зараження комахами. У силосі для здорового зберігання продуктів температуру і вологість зерна потрібно тримати під контролем.

Якісне зберігання означає, що зерно зберігається протягом тривалого періоду часу без погіршення або втрати якості цінності. Зерно, що зберігається, змінюється фізично і хімічно протягом періоду зберігання. Свіжозібране зерно зазвичай має більш високі рівні вологості і температури та виробляє додаткове тепло і вологу, що може призвести до розвитку гарячих точок, утворення плісняви, призводить до розвитку мікротоксинів і псування зерна при зберіганні. Сухе, холодне і чисте зерно, дбайливо доглянуте, може безпечно зберігатися протягом більш тривалих періодів часу за допомогою моніторингу температури і зручних методів управління.

Системи моніторингу температури та вологості точно визначають стан вашого зерна, що дозволяє оптимізувати його вартість за допомогою високотехнологічних інструментів, які надають інформацію в режимі реального часу. Запобігти утворенню плісняви, кліщів, комах і мікробів та забезпечити найкращу якість зерна при зберіганні ну силосному зерносховищі. Термодатчики дозволяють точно відстежувати стан зерна.

Виконані у виді термопідвісок з датчиками розташованими кроком 1.5м вони мають такий вигляд (рис.2.8).



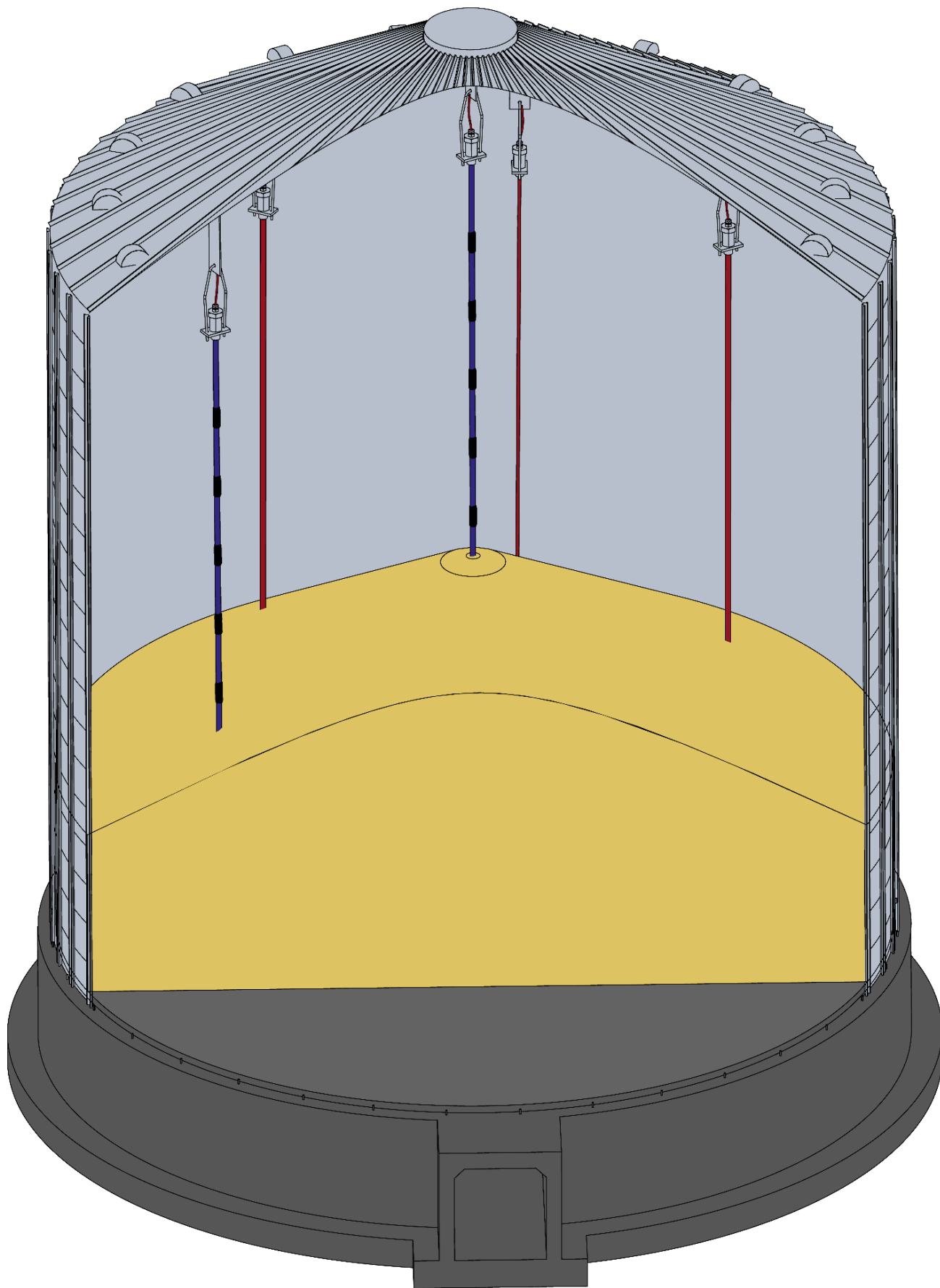


Рисунок 2.8 – 3-D модель силосу з термопідвісками  
2023 р.

### Характеристики термopідвіски:

- 0 ~ 100% Діапазон вимірювання відносної вологості.
- Точність вимірювання відносної вологості  $\pm 3,5\%$  відносної вологості.
- 40°C ~ +85°C Діапазон вимірювання температури.
- $\pm 0,5^\circ\text{C}$  (-10°C ~ 85°C) Точність вимірювання температури.
- Броньована сталева скрутка витримує навантаження до 3000 кг.
- Простий монтаж.
- Низьке споживання енергії.
- Ведення статистичних даних за минулі періоди.
- Сигналізація відповідно до змін температури та вологості зерна.

Завдяки таким термopідвіскам з датчиками встановленими кроком в 1.5м відбувається аналіз температури зерна у силосі по секторам. У спеціальному ПЗ, яке встановлюють для автоматизації елеваторів вікно контролю якості зерна може виглядати так. (рис. 2.9)

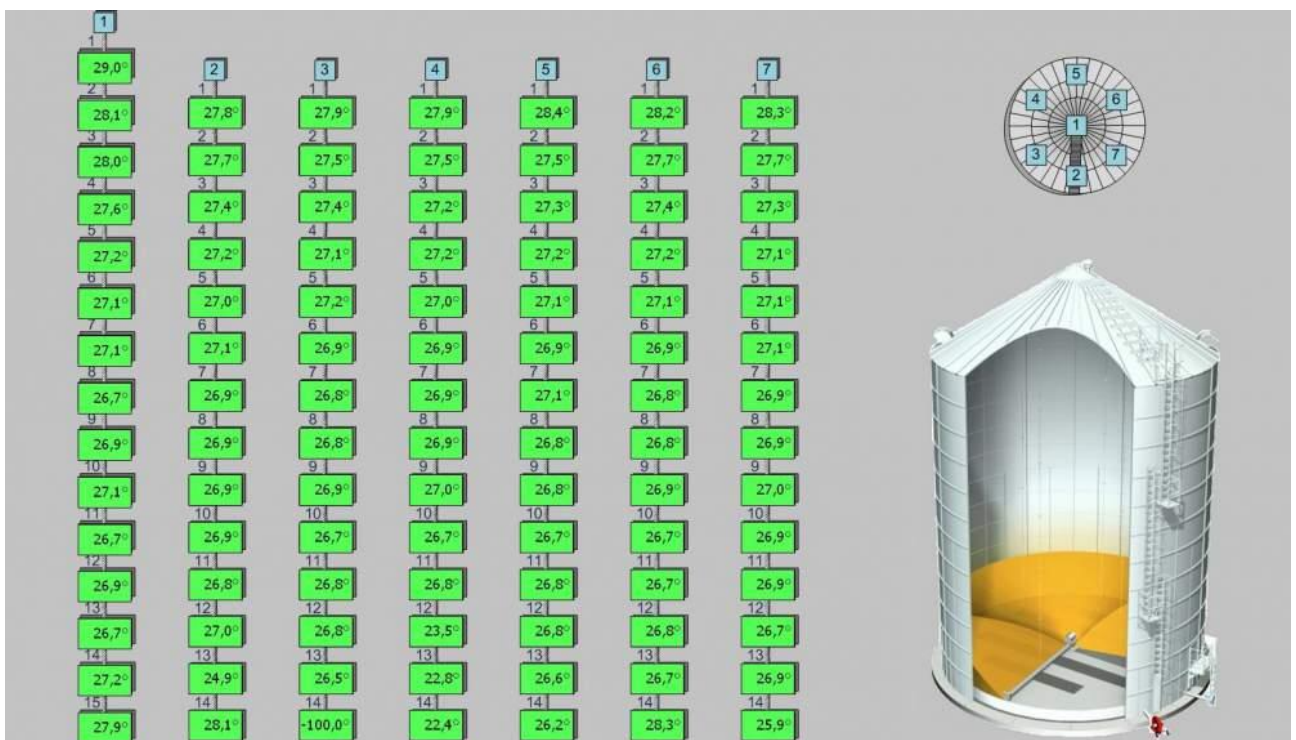
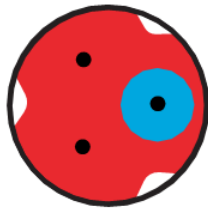
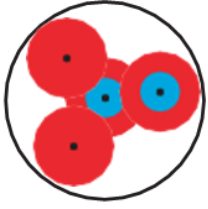

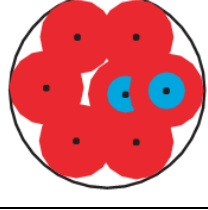
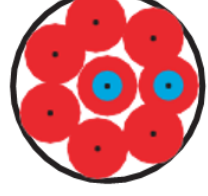


Рисунок 2.9 – Вікно спеціальної програми для контролю якості зерна

Таблиця 2.2 Розташування підвісок в силосах різного діаметру

Діаметр, м	Кіль-сть датчиків температури/вологи	Розташування
8,25	3/1	
12,83	4/2	
14,67	5/2	
16,50	7/2	
18,33	8/2	

Датчик для вимірювання температури показаний червоним кольором, датчик для вимірювання вологості - синім.

*Датчик граничного рівня [18]*

Вилка датчика вібує на своїй резонансній частоті під впливом п'єзоелектричних елементів, встановлених всередині корпусу. При зануренні вилки в контрольований продукт або звільнення від нього, відбувається зміна

амплітуди коливань, що у свою чергу реєструється контролером, який видає команду на спрацьовування сигналізації та підключення/відключення навантаження, що підводиться до контактів реле електронного блоку.

Датчик встановлюється на корпусі ємності за висотою контрольованого рівня. При цьому пластини вібраційної вилки повинні розташовуватися паралельно до руху продукту. При необхідності відстеження рівня на певній відстані від верхньої частини ємності використовується подовжувач робочої частини корпусу датчика. (рис. 2.10)

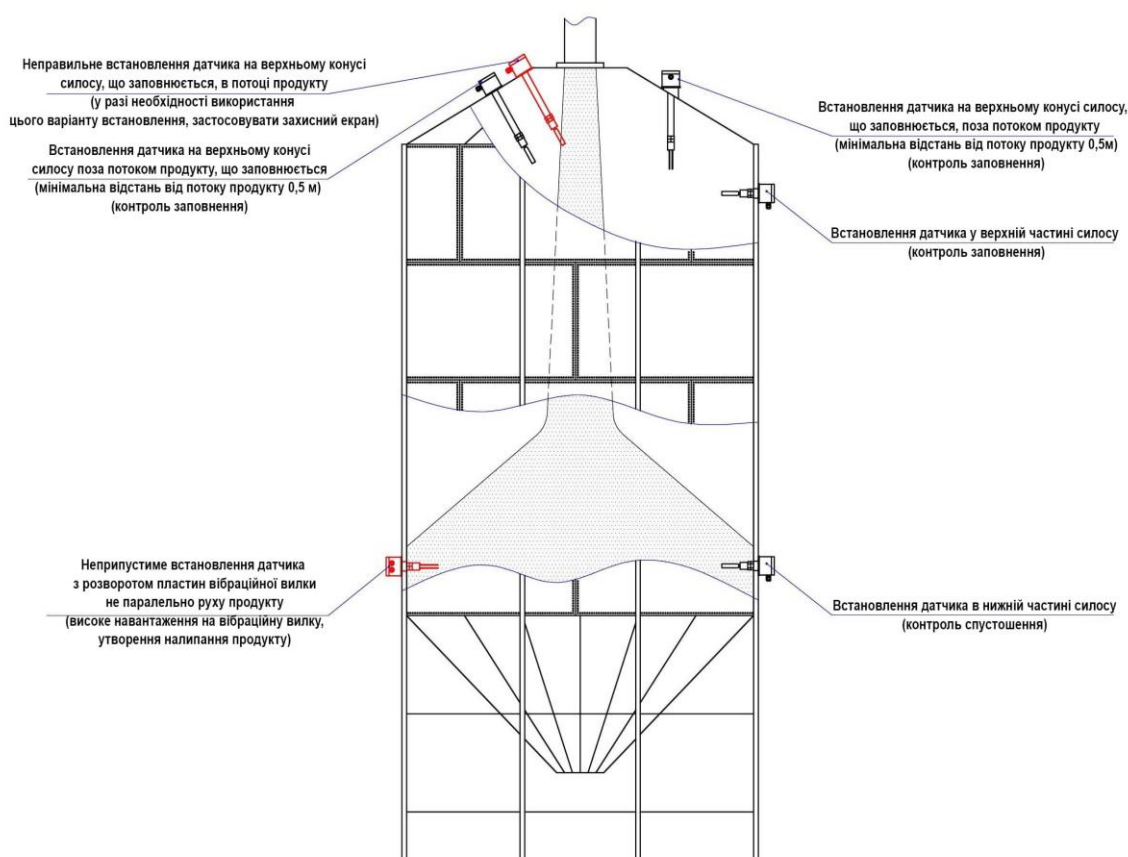


Рисунок 2.10 – Встановлення датчика граничного рівня

Таблиця 2.3 Технічні характеристики датчика граничного рівня

Робочий тиск	1 атм.
Робочий температурний діапазон	від -40°C до +85°C
Вага	до 2,5кг
Матеріал резонатора датчика	нержавіюча сталь
Матеріал корпусу контролера	Сталь з антикорозійним покриттям
Кліматичне виконання згідно з ГОСТ 15150-69	УХЛ 1.1
Ступінь захисту згідно з ГОСТ 14254-80	IP 65
Клас за способом захисту від ураження електричним струмом	I
Живлення	Напруга 100-240В, Ток = 60мА
Комутоване навантаження	I max=8А, U max AC=250В, U max DC=24В
Режим спрацьовування (верхня або нижня межа)	перемикач на платі: включений – верхній рівень; вимкнено – нижній рівень.
Сигналізація спрацьовування	увімкнення світлодіода на платі, замикання контактів реле.
Час спрацьовування	2-3сек

## 2.4 Програмне забезпечення силосного зерносховища

Для більш зручного інформування щодо стану зерна у силосі розроблено [мобільний додаток](#). Наприклад вночі була гроза або непогода і ви можете з дому перевірити чи все добре з вашим силосом. Часто силоси встановлюють на території до якої нема якісної дороги та в сезони дощів або снігопадів дуже складно доїхати до нього, у такому випадку теж допоможе мобільний додаток. Якщо все в порядку, додаток має такий вигляд (рис.2.11).

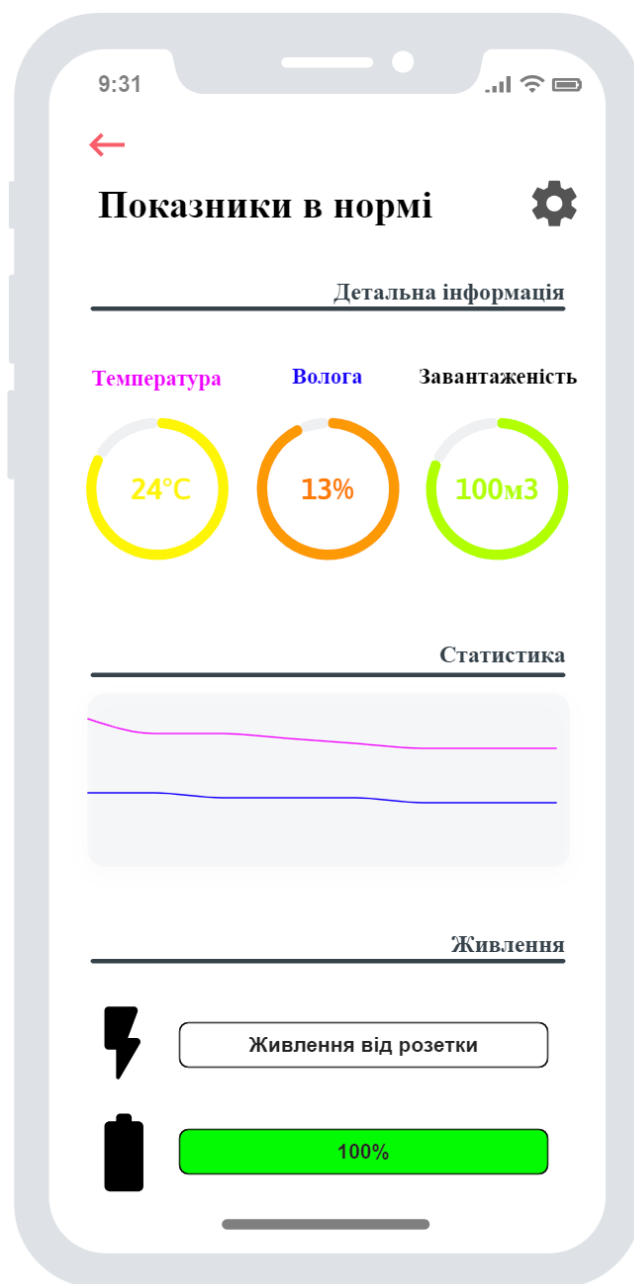


Рисунок 2.11 – Інтерфейс мобільного додатку (а)  
2023 р. Сосновський І.В. 151– КРБ – 471.21917113

У разі проблем із зерном, наприклад щойно завантажили свіжозібране зерно, а ще до купи й відбулось відключення світла додаток має такий вигляд (рис. 2.12)



Рисунок 2.12 – Інтерфейс мобільного додатку (б)

Звісно додаток відображає ще багато іншої корисної інформації, наприклад графічно відображає статистику середньої температури та вологи за кожен день, стан безперебійного джерела живлення, завантаженість силоса, рекомендації щодо необхідних заходів для покращення якості зерна.



## 2.5 Розрахунок орієнтовної вартості та доцільності інвестицій

Наразі більшість фірм з продажу та установки силосних зерносховищ не працюють у зв'язку з становищем в країні, проблемами з доставкою та ін. і актуальні ціни не вдалося дізнатися, навіть звернувшись у письмовій формі до чотирьох підприємств з виробництва та установки силосних зерносховищ, тому для розрахунків взято ціни на силосні зерносховища із «Переліку вітчизняної техніки та обладнання для агропромислового комплексу, вартість яких частково компенсується за рахунок бюджетних коштів за 2020 рік» [19], офіційного документу «Приват банку», а ціни на зернову продукцію взято із власного досвіду сімейного фермерського господарства, яке працює вже понад дев'ятнадцять років. Проаналізувавши ціни за останні 3 роки виведено середню ціну, після вирахування податків, витрат на транспортування та інше.

Отже, маємо такі дані: середня ціна на фуражну пшеницю на початок збору урожаю (середина липня) – 200\$ за тону “на руки”. Після жнива ціна стабільно зростає і досягає свого піку на початку весни, в середньому ціна на даний період складає мінімум 250\$ за тону. Ще раз наголошую, що всі дані взяті для конкретного випадку і господарства: пшениця фуражного класу, продукція продається до «Зернового терміналу ТІС», транспортується найомними водіями з власними вантажівками, через що закупочна ціна портового терміналу значно відрізняється від підсумкової ціни, що доходить до фермера.

Найбільш доцільним буде установка силоса від місцевої фірми «Югелеватор» з такими технічними характеристиками[20]:

Таблиця 2.4 – Дані силоса на конусній основі 45°

Модель силоса	Діаметр циліндра, мм	Висота, мм	Місткість	
			м <sup>3</sup>	Тон, при 0.76 с 5% ущільненням
СМВУ.55.04.К45.В12	5500	10330	147	117

Силос металевий вентиляований уніфікований типу СМВУ.55.04.К45.В12 згідно «Переліку вітчизняної техніки та обладнання для агропромислового комплексу, вартість яких частково компенсується за рахунок бюджетних коштів за 2020 рік» коштує 385781 гривень, що згідно даним від «Google» [21] дорівнює:

$$\frac{385781}{27,41} = 14074,5 \text{ доларів США.}$$

Врахуємо установку, логістику та інше і округлимо отриману суму до 20000 доларів США.

За один сезон врожаю, користуючись даним силосом на різниці цін під час збору урожаю і пікової ціни ми заробимо мінімум:

$$117 \text{ тон} * 50 \text{ доларів США} = 5850 \text{ доларів США,}$$

При таких умовах, враховуючи навіть найменшу дельту пікової ціни і ціни під час збору врожаю інвестиції в силосне зерносховище окупляться дуже швидко, а саме:

$$\frac{20000}{5850} = 3,42 = 4 \text{ сезони,}$$

вже на четвертий рік користування даним силосним зерносховищем інвестиції в нього повернуться і фермер почне отримувати додатковий прибуток.

Навіть одразу після початку користування силосним зерносховищем господарство буде отримувати більше прибутку за таку саму кількість врожаю за рахунок зберігання в силоси до періоду пікової ціни, фізичні затрати і шкода здоров'ю зменшаться за рахунок автоматизації зберігання зерна.

## **Висновки до розділу 2**

1. Проаналізовано та описано основні особливості проектування автоматизованого силосного зерносховища з конусним дном.
2. Виконано загальний опис автоматизованого силосного зерносховища, де були визначені принцип роботи та функціональні можливості системи.
3. Здійснено опис апаратного забезпечення системи, включаючи перелік необхідних компонентів.
4. Проведено опис програмного забезпечення системи. Розроблено мобільний додаток для зручності.
5. Розраховано термін окупності та доцільність інвестицій в конкретну модель силоса.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи з теми "Автоматизація зберігання зерна в малих зерносховищах" розглянуто автоматизоване силосне зерносховище, отримані результати відповідають поставленим цілям та вимогам.

1. Проведено аналіз існуючих видів зерносховищ, виділено їх переваги та недоліки.
2. Проаналізовано усі критерії кожного зі сховищ та обрано найдоцільніший варіант для малих фермерських господарств для подальшого аналізу конкретного виду зерносховищ.
3. Створено загальний опис вибраної системи та її складових.
4. Розроблено функціональну схему системи.
5. Розроблено мобільний додаток для автоматизації системи.
6. Розраховано витрати та час відбиття інвестицій.
7. Розглянуто питання охорони праці та цивільного захисту.

Результатом роботи є автоматизоване силосне зерносховище з конусним дном, яке забезпечує контроль та керування параметрами зберігання зерна для оптимальних умов. Обране зерносховище дозволяє забезпечити автоматичне вмикання та вимикання виконавчих пристроїв на основі зчитаних даних з датчиків.

Комунікація з користувачем передбачена мобільним додатком, що дозволить відстежувати данні з датчиків та дії, що відбуваються в теплиці зі смартфона.

Обрана система підходить для подальшої модернізації та розширення функціоналу.

Результати роботи апробовані на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Могилянські читання – 2022».

### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ринок зберігання зерна. Яким він буде у воєнний та післявоєнний період?. Agravery.com – аграрне інформаційне агентство.  
URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/rinok-zberiganna-zerna-akim-vin-bude-u-voennij-ta-pislavoennij-period> (дата звернення: 09.05.2023).
2. Учасники проектів Вікімедіа. Зерносховище – вікіпедія. *Вікіпедія*.  
URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Зерносховище#Типи\\_зерносховищ\\_з\\_а\\_способом\\_зберігання](https://uk.wikipedia.org/wiki/Зерносховище#Типи_зерносховищ_з_а_способом_зберігання) (дата звернення: 9.05.2023).
3. Зернові елеватори, зерносховища. *Будівництво зернових елеваторів, зерносховищ та АЗС в Україні | ПП Трансвіт*.  
URL: <https://transvitpp.com.ua/category/zernovye-elevatory-zernohranilishcha/> (дата звернення: 12.05.2023).
4. Склад чи силос: переваги і недоліки різних типів зерносховищ. *Головна*.  
URL: <https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinni> (дата звернення: 13.05.2023).
5. Учасники проектів Вікімедіа. Паля – вікіпедія. *Вікіпедія*.  
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Паля> (дата звернення: 10.05.2023).
6. 4.2. основні типи зерносховищ - бібліотека buklib.net. *Головна - Бібліотека BukLib.net*.  
URL: <https://buklib.net/books/23941/> (дата звернення: 13.05.2023).
7. 9 foot diameter bins 7.8 tons to 14.7 tons. *Farm and Ranch Depot*.  
URL: [https://farmandranchdepot.com/9\\_Foot\\_Diameter\\_Bins/](https://farmandranchdepot.com/9_Foot_Diameter_Bins/) (дата звернення: 10.05.2023).
8. Contributors to Wikimedia projects. Silo - wikipedia. *Wikipedia, the free encyclopedia*.  
URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Silo#Plastic\\_Silos](https://en.wikipedia.org/wiki/Silo#Plastic_Silos) (дата звернення: 11.05.2023).

9. Different ways of loading A silo - joner mining. *Joner Mining*.  
URL: <http://jonermine.co.za/different-ways-of-loading-a-silo/> (дата звернення: 10.05.2023).
10. Farm bins - SCAFCO grain systems. *SCAFCO Grain Systems*.  
URL: <https://scafco-grain.com/language/en/?product=farm-bins> (дата звернення: 12.05.2023).
11. How do grain silos work?. *Sciencing*.  
URL: <https://sciencing.com/grain-silos-work-4927013.html> (дата звернення: 11.05.2023).
12. Storage silos: what are they, types and advantages | elebia blog | elebia. *Elebia*.  
URL: [https://elebia.com/storage-silos/#Storage\\_silos\\_What\\_they\\_are\\_types\\_advantages\\_and\\_disadvantages](https://elebia.com/storage-silos/#Storage_silos_What_they_are_types_advantages_and_disadvantages) (дата звернення: 10.05.2023).
13. Warehouse storage management of wheat and their role in food security. *Frontiers*.  
URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.675626/full> (дата звернення: 12.05.2023).
14. Why choose a conveyor over an auger?. *All / Co-op Ag*.  
URL: <https://www.agro.crs/equip/detail/why-choose-a-conveyor-over-an-auger> (дата звернення: 10.05.2023).
15. Зернові елеватори та елеваторне обладнання в Україні | KMZ Industries. *KMZ Industries*.  
URL: <https://kmzindustries.ua/> (дата звернення: 10.06.2023).
16. Готовое решение Challenger HomeLine 500T12 + АКБ Challenger A12-65 (0,3 кВт) в интернет-магазине 220volt в Киеве: цена, отзывы | 170872  
URL: <https://220volt.com.ua/gotovoe-reshenie-challenger-homeline-500t12-akb-challenger-a12-65/> (дата звернення: 11.06.2023)

17. Temperature Monitoring System. *Mysilo Tahıl Depolama Sistemleri*.

URL: <https://www.mysilo.com/en/category/89/temperature-monitoring-system> (Дата звернення: 12.06.2023).

18. Датчик граничного рівня сипучих матеріалів вібраційного типу ДПУ-10 -ТЭМИКС. *Temix-*.

URL: [https://temix.com.ua/uk/product/vibracionnyj\\_datchik\\_signalizator\\_p\\_redelnogo\\_urovnja\\_sypuchih\\_materialov\\_dpu-10/](https://temix.com.ua/uk/product/vibracionnyj_datchik_signalizator_p_redelnogo_urovnja_sypuchih_materialov_dpu-10/) (дата звернення 12.06.2023)

19. Перелік 2020 із змінами 3.xls

URL: <https://static.privatbank.ua/files/> (дата звернення 12.06.2023)

20. Силоси на конусній основі – Югелеватор. *Югэлеватор – Элеваторное оборудование. Силосы, нории, транспортеры*.

URL: <https://td-ugelevator.com/uk/equipment/silos/konusnye/> (дата звернення: 12.06.2023).

21. USD/UAH 36,9728 (▲0,12 %) | Google Финанси

URL: <https://www.google.com/finance/quote/USD-UAH> (дата звернення 12.06.2023)



Кафедра Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
 Автоматизація процесу зберігання зерна в малих зерносховищах  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**

**Факультет комп'ютерних наук**

**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**Автоматизація процесу зберігання зерна  
 в малих зерносховищах**

**СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ. – 471. 21917113

**Студент**

\_\_\_\_\_ І.В. Сосновський  
 підпис ініціали, прізвище

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Консультант канд. техн. наук,**

\_\_\_\_\_ А. О. Алексєєва

**доцент**

\_\_\_\_\_ підпис ініціали, прізвище  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

Миколаїв 2023

2023 р.

Сосновський І.В.

151– КРБ – 471.21917113

### **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ**

#### **ВСТУП**

У суспільстві з орієнтацією на соціальну економіку, охорона праці повинна бути одним з найважливіших завдань як для держави, так і для кожного підприємства та організації. Вона відіграє важливу соціальну роль, оскільки навіть найвищі досягнення в сфері праці не можуть компенсувати втрату здоров'я людини. Статистика смертності в Україні (1994-2010 рр.) показує, що нещасні випадки на робочому місці та в побутовій сфері є головною причиною смертей людей у працездатному віці (приблизно 35% всіх смертей) [1].

Тому питання охорони праці та здоров'я громадян під час праці та будь-якої іншої діяльності повинні стати пріоритетними й отримати визнання на найвищому державному рівні. Адже люди, їхнє життя та здоров'я є найціннішими ресурсами країни. Важливо пам'ятати, що внаслідок нещасних випадків та аварій гинуть не тільки робітники й службовці, на підготовку яких держава витратила значні кошти, але й годувальники сімей, батьки та матері дітей.

Крім соціального аспекту, охорона праці має важливе економічне значення. Вона сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню витрат на оплату лікарняних та компенсацій за тяжкі та шкідливі умови праці.

## **1. Актуальність дотримання вимог охорони праці на елеваторах**

Аграрна галузь України сьогодні забезпечує 17% валового доходу країни і має видатні досягнення в експорті соняшникової олії, а також вирощуванні ячменю, пшениці, кукурудзи і сої. Всі ці досягнення великою мірою залежать від праці людей, зайнятих у сільському господарстві.

Україна має понад 1100 діючих елеваторів, здатних зберігати близько 46 млн тонн зерна одночасно. Тільки в Миколаївській області функціонує 33 елеватори. Сучасні зерносховища є складними інженерними спорудами, включаючи механізацію для завантаження, розвантаження та транспортування зерна, аерожолоби для вентилявання і охолодження повітря, а також робочі споруди для обробки насіння [2].

Після 2010 року в Україні були побудовані нові елеватори з загальною потужністю зберігання близько 13 млн тонн зерна, оснащені сучасними технологіями зберігання та сушіння. Зараз відбувається заміна застарілого обладнання та технологій, оскільки вони зазнали фізичного і морального зносу.

Питання безпеки праці на елеваторах має велике значення. Виконання заходів з охорони праці повинно відбуватися згідно з графіками та планами, включаючи навчання працівників та перевірку їх знань, контроль за технічним станом обладнання. Дотримання працівниками технологічних карт, інструкцій з охорони праці та використання засобів індивідуального захисту грає важливу роль у забезпеченні безаварійної роботи і запобіганні нещасних випадків. Постійний контроль за виконанням цих дій є необхідним.

Відповідальні працівники на підприємстві, які займаються охороною праці, повинні не тільки забезпечувати дотримання вимог нормативно-правових актів, але й стимулювати працівників до відповідального ставлення до збереження життя та здоров'я під час праці.

Продовження впровадження заходів з охорони праці на елеваторах є необхідним для забезпечення безпеки та здоров'я працівників. Такі заходи

сприятимуть підвищенню продуктивності праці, зниженню витрат на компенсації через травми та хвороби, а також збереженню цінних кадрів.

В цілому, охорона праці на елеваторах має велике значення як для безпеки працівників, так і для стабільності та розвитку аграрної галузі України. Подальше удосконалення системи охорони праці і впровадження сучасних технологій допоможуть підтримувати високі стандарти безпеки і забезпечувати ефективну роботу елеваторів.

## **2. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна**

Питання охорони праці для працівників, зайнятих на роботах переробки за зберігання зерна регламентуються наказом №1504 від 20.09.2017 «Про затвердження Правил охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна».

### **Вимоги безпеки під час здійснення технологічних процесів**

1. Технологічні процеси необхідно здійснювати відповідно до затвердженої керівником підприємства схеми переробки та обробки зерна.

2. При проектуванні оперативних силосів та бункерів в робочій башті елеватора їхній об'єм розраховується з урахуванням умов ведення технологічного процесу.

3. Зерно перед сушкою в прямоточних та рециркуляційних шахтних сушарках (без додаткових пристроїв для нагрівання зерна) для уникнення загоряння потрібно очищувати на зерноочисних машинах від грубих та легких домішок, а перед сушкою у рециркуляційних сушарках з нагрівом зерна у камерах з падаючим потоком - від грубих домішок.

4. Температуру сушіння та максимальну температуру нагрівання зерна необхідно регулярно контролювати на вході до зони сушіння прямоточних сушарок, камери нагрівання і до шахти рециркуляційних сушарок.

5. При дистанційному автоматизованому керуванні обладнанням за 15-20 секунд до його пуску має подаватися попереджувальний звуковий сигнал. У разі відмови в роботі попереджувальної сигналізації дистанційне автоматизоване керування машинами та механізмами не допускається.

6. На підприємствах, які експлуатують залізобетонні силоси, крім загальної сигналізації, всі поверхи підприємства та приміщення диспетчера забезпечуються гучномовним зв'язком, виготовленим з вибухопожежобезпечного матеріалу.

На підприємствах, які експлуатують металеві силоси, допускається не встановлювати гучномовний зв'язок. У цьому випадку працівники мають бути забезпечені засобами бездротового зв'язку (раціями, мобільними телефонами).

7. Вогневі роботи здійснюються з дотриманням вимог Інструкції з організації безпечного ведення вогневих робіт на вибухопожежонебезпечних та вибухонебезпечних об'єктах, затвердженої наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 05 червня 2001 року № 255, зареєстрованої в Міністерстві юстиції України 23 червня 2001 року за № 541/5732, та Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30 грудня 2014 року № 1417, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 05 березня 2015 року за № 252/26697 [3].

### **3. Вимоги безпеки під час виконання робіт у силосах і бункерах**

1. Силоси та бункери для зерна, борошна, круп, комбікормів, висівок незалежно від місця їх розташування закривають суцільним перекриттям з облаштуванням в них завантажувальних та лазерних люків із запобіжними ґратами, що щільно зачиняються та закриваються на замок.

2. Внутрішні поверхні стін залізобетонних силосів, бункерів, складів-куполів, їхні днища мають бути гладкими (без виступів, впадин тощо) і забезпечувати повний вихід з них продукту. Залишки зернопродукту допускаються при експлуатації металевих силосів та складів-куполів. Обробка

внутрішньої поверхні силосів має сприяти кращому витіканню сипучого матеріалу. Для обробки внутрішньої поверхні силосів, а також випускних конусів необхідно застосовувати розчини, на які є висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

3. Усі залізобетонні силоси і бункери обладнуються аспіраційним обладнанням та іншими пристроями з таким розрахунком, щоб запилене повітря, яке витісняється під час заповнення силосів і бункерів зерном, готовою продукцією або відходами, не надходило до приміщень, де перебувають люди. Аспіраційне обладнання та оперативну ємність для збору і зберігання пилу допускається об'єднувати в одну аспіраційну установку з технологічним і транспортним обладнанням не інакше, як через шлюзові затори або через вибухозахисні клапани.

Оперативні ємності для збору і зберігання пилу слід аспірувати окремою установкою, їх об'єднання допускається лише з обладнанням, в якому відсутні обертові деталі (насипні лотки, поворотні труби тощо) [3].

4. Перевірка температури продуктів, що зберігаються в силосах та бункерах, здійснюється стаціонарними або переносними установками (у випадках зберігання на підлозі). Опускатись у силоси та бункери працівникам заборонено.

5. Залізобетонні силоси та бункери для зберігання зерна, борошна, висівок, комбікормів, лушпиння та інших сипких продуктів мають бути обладнані пристроями, що забезпечують повне висипання продукту. Силоси для зерна діаметром більше 12 м мають облаштовуватися плоским дном з механізованим підгортанням зерна (колісні ковшові навантажувачі фронтального типу, шнекові навантажувачі тощо) [3].

6. Люки залізобетонних силосів, бункерів у перекриттях повинні зачинятися кришками на рівні підлоги; вивантажувальні лійки металевих силосів - ґратами на рівні підлоги.

7. Не допускається заглиблювати ґрати люків залізобетонних силосів більше ніж на 0,06-0,6 м від поверхні підлоги приміщення.

8. Ґрати люків мають кріпитися на петлях чи болтах та мати пристрій для замикання [3].

9. Лазові люки прямокутного розрізу розміром не менше 0,47x0,65 м розміщують за можливості в центрі залізобетонного силосу.

10. Експлуатацію лебідок для спуску працівників у залізобетонні силоси необхідно здійснювати з дотриманням таких вимог:

- діаметр сталевого каната (троса) для спуску одного працівника має бути не менше 7,7 мм;

- співвідношення діаметрів барабана, направляючого барабана чи блока та діаметра каната має бути не менше 40 мм;

- лебідка повинна бути оснащена справним гальмом, безпечною рукояткою, опускання працівника відбувається тільки під час обертання рукоятки у напрямку, зворотному підйому;

- випробування лебідки проводиться щороку вантажем, який удвічі перевищує максимальне робоче навантаження, відповідно до інструкції заводу-виробника обладнання, що міститься у паспортній або експлуатаційній документації.

При проведенні випробування лебідки опорні башмаки (домкрати) мають бути опущені до рівня підлоги [3].

11. Спуск працівників у силоси та бункери здійснюється лише у виняткових випадках за виробничої потреби та за наявності наряду-допуску на виконання робіт підвищеної небезпеки за формою згідно з додатком 3 до цих Правил.

Тривалість перебування працівника у ємності не повинна перевищувати 30 хвилин, а спуск має відбуватися у присутності призначеної наказом роботодавця особи, відповідальної за проведення таких робіт.

Спуск працівників у металеві силоси та бункери через оглядовий люк здійснюється відповідно до вимог Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 27 березня 2007 року № 62, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 04 червня 2007 року за № 573/13840 [3].

12. Перед спуском залізобетонний силос (бункер) ретельно провітрюється, після чого проводиться аналіз повітря, взятого із силосу, газоаналізатором з індикаторними трубками чи індикаторним папером на наявність вуглекислого газу. За відсутності газоаналізатора чи індикаторного паперу спуск працівників без шлангового протигаса забороняється [3].

13. Якщо довжина шланга 12 м та більше, подачу повітря працівнику в силосі здійснюють за допомогою повітрорудки, що приводиться в дію електродвигуном. Шланг протигаса перед надяганням маски очищується від пилу шляхом ретельного продування за допомогою повітрорудки, а внутрішня частина маски протирається ватою, змоченою у спирті.

14. Під час перебування працівника в силосі або бункері завантаження чи випуск зерна забороняється. На впускному та випускному пристроях вивішуються плакати "Не відкривати. Працюють люди".

На пульті управління механізмами, що подають продукт в силос чи бункер або забирають його, вивішують табличку з написом "Не включати. Працюють люди" [3].

15. При підготовці до опускання та проведення робіт у силосі перевіряється стан лебідки, троса, люльки, пояса, каната, сидіння, респіратора.

16. Під час перебування працівника у силосі або бункері працівнику, що страхує, забороняється залишати робоче місце.

17. Під час виконання робіт з обмітання стін залізобетонних силосів, бункерів працівники застосовують шлангові протигаси.



Під час виконання робіт з обмітання стін металевих силосів, складів-куполів працівники застосовують протипилові респіратори та захисні окуляри.

18. Під час спускання у силоси або бункери через нижній люк працівники застосовують монтажні каски для захисту голови від предметів, що випадково можуть впасти з висоти. Зачищати силос методом "підкопу" забороняється.

19. Силоси та бункери освітлюються згори через люки переносними світильниками прожекторного типу, виконаними з пилонепроникних матеріалів, або переносними акумуляторними ліхтарями, під час виконання робіт у силосі - переносними світильниками.

20. Допускається освітлення бункерів та силосів за вимкнених розвантажувальних (випускних) механізмів та обладнання переносними світильниками з напругою в мережі не вище 12 В (в металевих та ПВХ - ємностях) та 42 В (в залізобетонних та дерев'яних ємностях).

Переносні світильники для освітлення бункерів та силосів мають бути пилонепроникними зі ступенем захисту оболонки, скляні ковпаки переносних ліхтарів - захищеними металевою сіткою [3].

21. Спуск працівників у залізобетонні силоси та бункери виконують тільки із застосуванням спеціальної лебідки, призначеної для спуску та підйому людей. Опускання працівників у залізобетонні силоси та бункери заввишки більше 3 м за допомогою мотузяних складних драбин забороняється.

До спуску в силос та бункер для роботи на лебідці допускаються тільки особи, спеціально навчені безпечним методам роботи. Працівник, який безпосередньо спускається у силос, повинен мати медичний висновок щодо стану здоров'я (стосовно виконання робіт на висоті та у замкнутому просторі). Спуск працівників у силоси та бункери без медичного висновку заборонено.

Роботи у силосах та бункерах проводяться за участю не менше трьох працівників (перший - той, що спускається; другий - той, що працює на лебідці; третій - спостерігач, що знаходиться протягом виконання роботи біля місця спуску для надання допомоги) та у присутності особи, призначеної

роботодавцем відповідальною за проведення робіт у силосах та бункерах. Спостерігач слідкує за шлангом протигазу та не випускає з рук запобіжний канат, що закріплений другим кінцем до запобіжного пояса працівника, який спускається, постійно страхує працівника під час спуску та допомагає йому при підйманні.

Запобіжний канат використовується для передачі сигналів від працівника, який знаходиться у силосі або бункері. Особа, призначена роботодавцем відповідальною за проведення робіт у силосах або бункерах, до початку спуску проводить інструктаж на робочому місці всіх зайнятих у спуску працівників із записом про проведення інструктажу в наряді-допуску [3].

22. Спуск працівника у залізобетонний силос або бункер відбувається за допомогою лебідки повільно, без ривків, у сидінні чи люльці з фіксацією працівника, що спускається, запобіжним поясом на обидві пряжки до стрижня сидіння, а також закріпленням запобіжного каната до його пояса, з надітим шланговим протигазом.

23. Запобіжний канат та шланг протигазу послаблюють у міру опускання працівника, при цьому інший кінець запобіжного каната і шланга протигазу надійно закріплюють для попередження випадкового випускання їх з рук працівника, що послаблює цей канат.

Послаблення каната відбувається через нерухому опору, навколо якої канат обвивають не менше ніж на  $360^\circ$ , або через вузол, що самозатягується, чи "Стопфор". Працівнику, що опускається в силос або бункер, забороняється відстібувати запобіжний канат від пояса та покидати сідло, а також виходити на насип зерна або продукту, який знаходиться у силосі або бункері. Працівнику, що тримає другий кінець каната, забороняється випускати його з рук на весь період спуску та перебування працівника у силосі або бункері [3].

24. У разі використання люльки, що фіксується до внутрішніх стін силосу, запобіжний канат та шланг протигазу знаходяться за спиною працівника.

25. Перед допуском у залізобетонний силос або бункер через люки у днищі та через нижні бокові люки, а у металеві силоси через нижній люк, ємності оглядаються згори для перевірки, чи є на стінах нагромадження або завислі накопичення зерна чи інших продуктів. За наявності накопичень працівник допускається у силос або бункер лише після їх вилучення зі стін.

26. Не допускається перебування працівників під силосом або бункером під час вилучення нагромаджень та завислих накопичень продуктів. Працівник, який виконує роботи у силосі або бункері, має знаходитись у сидінні чи люльці над нависаючим продуктом.

27. Забороняється перебування людей, не зайнятих у вилученні нагромаджень чи завислих накопичень продуктів, в зоні лазових та завантажувальних люків силосів (бункерів).

28. Під час руйнування нагромаджень та завислих накопичень сипучих продуктів лазові та завантажувальні люки силосів і бункерів мають бути відкриті.

29. Забороняється завантажувати та експлуатувати металеві силоси з воротами без повного комплекту замкових затворів.

30. Завантаження металевих силосів зернопродуктами здійснюється тільки через центральний отвір (завантажувальний патрубок), встановлений у верхній частині даху.

Забороняється завантажувати металевий силос через боковий отвір у даху (наглядний люк).

31. Не допускається одночасне проведення операцій із завантаження зерна в металевий силос і його вивантаження з ємності, а також одночасне проведення операцій із завантаження-вивантаження та аерації.

32. Не допускається завантаження зерна вище верхнього рівня (верхнього кільця) завантаження силосу.

33. Вивантаження продукту із металевого силосу здійснюється самопливом через центральну вивантажувальну лійку. Забороняється відкривати

засувки системи проміжного і бокового вивантаження силосу доти, доки зерно не вивантажиться із силосу через центральну вивантажувальну лійку під дією сили власної ваги.

#### **4. Вимоги безпеки під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт із зерном та іншими сипучими продуктами**

1. Вантажно-розвантажувальні роботи із зерном, продуктами його переробки та тарними вантажами виконують механізованим способом за допомогою підйомно-транспортного устаткування та засобів малої механізації відповідно до вимог Правил охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт, затверджених наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19 січня 2015 року № 21, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 03 лютого 2015 року за № 124/26569 [3].

2. Вантаж масою більше 50 кг переміщується за допомогою механізованих засобів (візки, електронавантажувачі, пересувні транспортери).

3. Для переміщення вантажів масою більше 80 кг в одній упаковці по горизонталі, під нахилом чи по вертикалі використовують призначені для цього машини (автомобілі, автопідйомники, автомобільні крани, лебідки, механізовані візки).

4. При перенесенні вантажів масою до 80 кг похилими східцями східці встановлюють з ухилом не більше 1:3 для висоти підйому не більше ніж на 3 м. Переміщення вантажу на висоту більше 3 м відбувається механізовано.

5. Приміщення, де ведуться вантажно-розвантажувальні роботи із солями мікроелементів і вітамінами, обладнують припливно-витяжною вентиляцією.

6. Роботи з навантаження мінеральних солей у приймальні лійки розвантажувальних пристроїв виконують при увімкненому вентиляторі розвантажувальної установки.

7. Мікродобавки зберігають в ізольованих приміщеннях та переміщують у герметичній тарі. Тару з мікродобавками відкривають тільки перед їхнім використанням.

8. На майданчиках для укладання вантажів позначають межі штабелів, проходів та проїздів між ними. Не допускається розміщувати вантажі у проходах і проїздах, а також ближче 2,5 м до залізничної колії.

9. Місця виконання вантажно-розвантажувальних робіт позначаються знаками безпеки.

10. Східці для проходу з вантажем виготовляються з металу або з дощок завтовшки 0,05-0,06 м, завширшки не менше 0,8 м за одностороннього руху і не менше 1,5 м за двостороннього.

Східці повинні мати поперечні планки для упору ніг через кожні 0,3-0,4 м. Переріз планки - 0,02x0,04 м.

При використанні довгих східців та містків (понад 3 м) для попередження вібрацій та прогинання під ними встановлюють дерев'яні опори-козли. Прогинання настилу при максимальному розрахунковому навантаженні не повинно бути більшим за 0,02 м.

Для попередження зсування східці обладнують на одному кінці металевими крюками для зачеплення за дверну рейку вагона чи за інші стійкі елементи об'єкта, який розвантажують [3].

11. На східцях зазначають допустиме навантаження.

12. Після проведення вантажно-розвантажувальних робіт з мікродобавками, преміксами, комбікормами та комбікормовою сировиною працівники приймають душ та переодягаються у чистий одяг.

13. Рух транспортних засобів у місцях ведення вантажно-розвантажувальних робіт здійснюється за транспортно-технологічною схемою з установленням відповідних дорожніх знаків, а також знаків, прийнятих на залізниці, водному та автомобільному транспорті.

14. Переміщення та встановлення вагонів для завантаження та розвантаження зерна проводять відповідно до вимог Правил охорони праці під час виконання навантажувально-розвантажувальних робіт на залізничному транспорті, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 18 грудня 2007 року № 311, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 28 грудня 2007 року за № 1419/14686.

15. Завантаження та розвантаження вагона проводять після його фіксації на залізничних коліях гальмівними башмаками. Підкладати під колеса вагонів сторонні предмети (дошки, ломи, каміння тощо) забороняється.

16. Відкривання дверей критих вагонів чи люків спеціалізованих вагонів проводять після їхньої повної зупинки та встановлення гальмівних башмаків і підготовки приймальних пристроїв. Двері вагонів відкривають за допомогою спеціальних пристосувань (лебідок). Застосовувати ломи забороняється. Люки спеціалізованих вагонів-зерновозів відкриваються за допомогою штурвалів та системи важелів.

Відчиняючи двері вагона, працівник тримається за поручень, встановлений біля них, відходить у бік руху дверей та знаходиться збоку від дверного отвору. Під час відчинення дверей спиратися на дверний стояк, дверний брус чи нижню рейку опорного ролика забороняється.

17. Накатування, підйом та встановлення транспортних механізмів здійснюються за допомогою лебідок або вручну по похилій площині з міцно приєднаними східцями, ширина проходу для працівників має бути не менше 0,75 м з кожного боку.

18. Транспортер-вагонорозвантажувач, на якому встановлена крильчатка, повинен мати упор для унеможливлення самоперевертання.

19. Під час завантаження вагонів через бокові люки та дверний отвір за допомогою самопливних, телескопічних чи інших труб вагононавантажувачів регулювання напрямку насипання дозволено виконувати пристроями, що

знаходяться поза вагоном, не допускаючи їхніх ударів об металеві частини вагона.

20. Зачищення вагонів здійснюється після повної зупинки розвантажувального механізму.

21. Перед розвантаженням вагона-зерновоза відкривають два завантажувальні люки для запобігання утворенню у вагоні вакууму.

22. Завислий у вагоні продукт вивантажують за допомогою вібраторів або спеціальних заступів з подовженою ручкою через верхній люк.

23. Доступ працівників всередину вагонів-зерновозів за наявності у них продукту забороняється.

24. Роботи із навантаження і розвантаження вантажів на електрифікованих залізничних коліях, дахах вагонів, навантажених платформах, цистернах допускається виконувати після відключення контактної мережі і внесення відповідного запису до оперативного журналу електрослужби залізничного транспорту.

25. Під час завантаження вагона через люки у даху переходити з допоміжного майданчика на дах залізничного вагона та у зворотному напрямку допускається тільки по справному відкидному містку з поручнями. У зимовий період відкидний місток очищається від снігу та льоду.

26. Забороняється переходити з даху одного вагона на дах іншого. По даху вагона перехід допускається тільки по трапу.

27. Забороняється проводити роботи на даху вагона без огорожувальних поручнів чи без закріплення рятувального пояса працівника до тросів підвіски.

28. Кришки завантажувальних люків вагонів-зерновозів відкривають обережно, щоб не допустити іскроутворення.

29. Забороняється застосовувати важелі для обертання штурвалів.

30. Телескопічні труби необхідно опускати без ударів по поверхні люків. Під час підйому телескопічних труб знаходитися на даху вагона забороняється.

31. Під час завантаження вагона через один завантажувальний люк необхідно відчинити кришку іншого люка для випуску з вагона надлишків повітря.

32. Для накладання закрутки необхідно використовувати дріт діаметром 5-6 мм. Закрутку необхідно виконувати спеціальним пристосуванням.

33. Після завантаження вагона поверхню кришки, трап та ущільнення завантажувальних люків необхідно очищати від залишків зерна та інших сипучих продуктів.

34. Залишати вагон з відчиненими завантажувальними та розвантажувальними люками під час перерви чи після закінчення вантажно-розвантажувальних робіт забороняється.

35. Огляд порожніх вагонів зерновозів необхідно здійснювати через завантажувальні люки, використовуючи для освітлення акумуляторні ліхтарі, бригадою у складі не менше двох працівників. Спускатися всередину вагона забороняється.

36. На складах готової продукції затаровані мішки з продукцією, сировиною необхідно укладати у штабелі механізованим способом рядами по вертикальному рівню з перев'язуванням "трійником" чи "п'ятериком" зашивкою всередину.

37. Мішки з продукцією необхідно укладати у штабелі заввишки до 14 рядів (для мішків масою 50 кг - не більше 16 рядів). Починаючи з 11 ряду, ширину кожного наступного ряду необхідно зменшувати на 0,25 м, зводячи штабель пірамідою [3].

38. У складах поміж штабелями та біля стін створюють проходи і проїзди, що забезпечують нормальні умови приймання, відпуску та спостереження за якістю і станом продукції.

Ширина проходу має бути:

- для працівника, навантаженого мішком, - не менше 1,5 м;
- для проїзду електрозавантажувачів - не менше 2,5 м;



– для циркуляції повітря та спостереження за станом продукції між стіною та штабелем - не менше 0,7 м [3].

39. У процесі формування штабеля вручну чи із застосуванням транспортних пристроїв після укладання 6 ряду встановлюють міцні східці. Працівники, які піднімаються східцями, мають знаходитись один від одного на відстані не менше 6 м.

40. Перед початком обслуговування штабелеукладачів надійно закріплюють підйомну раму та акуратно вкладають мішки для запобігання їхньому падінню. Стояти під вантажем під час його підйому забороняється. Дії працівника, який обслуговує мішкопідіймач, та працівника, який знаходиться на штабелі для приймання мішків, узгоджуються.

41. Під час пакетування продукції у тарі з обв'язкою стропами забезпечується правильне положення стропів відносно центра маси вантажу.

Під час роботи з пакетованою продукцією заборонено:

- піднімати пакети у стропах за одну вантажну петлю;
- переміщати пакети волоком, підіймати і транспортувати ненадійно укладені та ув'язані пакети;
- піднімати пакет, коли під ним відсутній просвіт, необхідний для проходу вил завантажувача;
- залишати пакети у штабелі у нестійкому положенні, а також безладно їх звалювати;
- ставати на раму завантажувача для зняття вантажних петель з гаків навісного пристосування під час встановлення пакетів під другий ярус;
- під час завантаження у залізничні вагони вивільняти вантажні петлі, перебуваючи між верхнім ярусом пакетів та дахом вагона [3].

42. Розбирання штабеля на складі чи у вагоні виконують згори донизу уступама, горизонтальними послідовними рядами. Висмикувати мішки із середини штабеля чи залишати у штабелі звисаючі мішки заборонено.

43. Для запобігання падінню мішків транспортери та спуски обладнують бортами заввишки 0,2 м, а спуски - гальмівними пристроями. Для приймання мішків з транспортера встановлюють приймальний стіл.

44. Отвори в перекриттях, де знаходяться транспортери та спуски, обгороджують поручнями заввишки 1 м з бортовою дошкою знизу заввишки 0,15 м. Переміщення працівників у спусках забороняється.

45. Під час завантаження мішків у вагон спеціальними машинами вагон встановлюють так, щоб вісь дверного отвору збігалася з віссю машини. Укладають мішки біля дверних отворів так, щоб під час розвантаження забезпечувалось вільне відкривання вагона з обох боків.

Електроживлення до машини підводять гнучким кабелем, петлею, що забезпечує переміщення машини в робочому діапазоні.

З обох боків машини залишають проходи завширшки не менше 1 м для обслуговування машини.

Перед початком роботи вилучають з транспортерних стрічок сторонні предмети, перевіряють чистоту рейкової колії та справність огорожень пасових і ланцюгових передач.

Під час формування транспортної лінії із декількох пересувних транспортерів перевіряють наявність заземлення у кожного із них. Без справного заземлення підключати машини до електромережі забороняється.

Під час роботи машини стежать за правильним напрямком руху транспортної стрічки. Забороняється ставити додатковий вантаж на балку та телескопічний транспортер. Відбійні щитки на проміжному та телескопічному транспортері встановлюють з однієї або іншої сторони транспортера залежно від того, яка сторона вагона завантажуються.

### **Висновки до розділу 3**

Збереження і переробка зерна є одним з головних завдань аграрного сектору економіки, але при цьому зростає і ризик отримання травм працівниками при виконанні пов'язаних із зерном робіт.

Технологічні процеси зберігання і переробки зерна пов'язані з ризиком отримання травм від затягування працівників у зернову масу чи завалювання зерном, що обрушилося в складі, падіння з висоти або – у відкриті люки бункерів чи силосів. Також можливі травми при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт в зерноскладах. Небезпечна ситуація виникає при обслуговуванні стаціонарного зернотранспортного обладнання. Тому потрібно пам'ятати про забезпечення постійного нагляду за роботою працівників, організувати проведення робіт з зерном з дотриманням карт технологічного процесу.

У спеціальному розділі КРБ про охорону праці розглянуто важливість дотримання правил охорони праці та наведено правила, вказані в наказі Міністерства соціальної політики України Про затвердження «Правил охорони праці працівників, найнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна».

Розглянуті загальні положення, вимоги безпеки під час здійснення технологічних процесів, вимоги безпеки під час виконання робіт у силосах і бункерах, вимоги безпеки під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт із зерном та іншими сипучими продуктами.

### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Розслідування та облік нещасних випадків. Профілактика травматизму та професійних захворювань. | Урок на 2 завдання. Охорона праці  
URL:<https://vseosvita.ua/lesson/rozsliduvannia-ta-oblik-neshchasnykh-vypadkivprofilaktyka-travmatyzmu-ta-profesiinykh-zakhvoriuvan-130629.html>  
(дата звернення: 11.06.2023)
2. Про актуальність дотримання вимог охорони праці на елеваторах - Охорона праці і пожежна безпека. *Охорона праці і пожежна безпека.*  
URL: <https://oppb.com.ua/news/pro-aktualnist-dotrymannya-vymog-ohorony-praci-na-elevatorah> (дата звернення: 11.06.2023).
3. Про затвердження Правил охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна. *Офіційний вебпортал парламенту України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1288-17#Text> (дата звернення: 11.06.2023).
4. Охорона праці під час зберігання та переробки зерна – Південно-Східне міжрегіональне управління Державної служби з питань праці. *Південно-Східне міжрегіональне управління Державної служби з питань праці.*  
URL: <https://dp.dsp.gov.ua/novyny/okhorona-pratsi-pid-chas-zberihannia-ta-pererobky-zerna/> (дата звернення: 11.06.2023).