

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Леонтєв П.В.

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «**Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зерносховища**»

Здобувача групи СУ-01

Мірошніченко Яков Володимирович

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

Яков МІРОШНІЧЕНКО

Керівник асистент, к.т.н., доцент Олександр ЖУРАВЛЬОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-01 6.151.14.ПЗ	Пояснювальна записка	55		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУ-01 6.151.14 A2	Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зерносховища. Функціональна схема автоматизації	1		
7	A4	СУ-01 6.151.14 C1	Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зерносховища. Схема інформаційно-матеріальних потоків	1		

					<b>СУ-01 6.151.14.ДП</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Мірошніченко Я.В.			<b>Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зерносховища Відомість проекту</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевір.		Журавльов О.В.					1	2
Реценз.						<b>СумДУ, СУ-01</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Леонтьєв П.В.						

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри  
\_\_\_\_\_ Леонтєв П.В.  
\_\_\_\_\_ 2024 р.

ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти  
Мірошніченко Якову Володимировичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зернохосовища.  
Затверджено наказом ректора університету. № 0312-VI від 29.03.2024.
2. Термін здавання студентом закінченого проекту “29” травня 2024 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики.
4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): аналіз предметної області, основні схеми та принципи побудови системи «Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зернохосовища», таблиця вхідних-вихідних сигналів.
5. Перелік графічних матеріалів: 21 рисуноків, 15 таблиць.
6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Зробити аналіз завдання кафедри. Скласти технічне завдання. Підібрати та проаналізувати літературу і першоджерела.	12.04.2024 – 15.04.2024
2	Зробити конструктивно-технологічний аналіз предметної області.	16.04.2024 – 01.05.2024
3	Розробити основні схеми та принципи системи	02.05.2024 – 10.05.2024
4	Вибір засобів автоматизації	11.05.2024 – 16.05.2024
5	Розділ «Охорона праці»	17.05.2024 – 21.05.2024
6	Розробити SCADA систему	22.05.2024 – 23.05.2024
7	Оформити дипломний проект та супровідну документації	24.05.2024

7. Дата видачі завдання “31” березня 2024р.

Керівник проекту:  
Асистент, кандидат технічних наук, доцент:

Журавльов О.Ю.

Здобувач:  
студент групи СУ-01

Мірошніченко Я.В.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи «Автоматизація зберігання зернових культур в силосах  
зернохранища»

Розробник:

студент групи СУ-01

Мірошніченко Я.В.

Погоджено:

Асистент, кандидат технічних наук, доцент:

Журавльов О.Ю.

1. Назва і галузь застосування: автоматизація зберігання зернових культур в силосах зерносховища; сільське господарство.

2. Підстави для проектування: Наказ ректора Сумського державного університету № 0312-VI від 29.03.2024;

3. Мета і призначення проекту: Оглянути систему, розробити функціональні схеми автоматизації; Створити систему автоматизації зберігання зернових культур.

4. Джерела розроблення: конструкторська та технічна документація отримана під час проходження переддипломної практики.

5. Режим роботи об'єкта: режим роботи за графіком, з щоденними технічними роботами та регулярним плановим технічним обслуговуванням.

6. Умови експлуатації СК: живлення блоку живлення – 220В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 24В; живлення промислового комп'ютера – 220В; 50Гц;. Ступінь захисту – IP 20.

7. Технічні вимоги: ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

8. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Зробити аналіз завдання кафедри. Скласти технічне завдання. Підбрати та проаналізувати літературу і першоджерела.	12.04.2024 – 15.04.2024
2	Зробити конструктивно-технологічний аналіз предметної області.	16.04.2024 – 01.05.2024
3	Розробити основні схеми та принципи системи	02.05.2024 – 10.05.2024
4	Вибір засобів автоматизації	11.05.2024 – 16.05.2024
5	Розділ «Охорона праці»	17.05.2024 – 21.05.2024
6	Розробити SCADA систему	22.05.2024 – 23.05.2024
7	Оформити дипломний проект та супровідну документації	24.05.2024

9. Додатки: Схема інформаційно-матеріальних потоків, Функціональна схема автоматизації

## АНОТАЦІЯ

Мірошніченко Яков Володимирович. Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зерносховища. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2024 р.

Проект містить 55 аркуша пояснювальної записки, 21 рисуноків, 15 таблиць. При виконанні проекту було використано 14 літературних джерел.

Даний проект спрямований на створення і опис проекту автоматизації зберігання зернових культур в силосах. Розроблено технічне завдання. Розроблено основні технічні креслення та алгоритми роботи. Був розроблений проект автоматизації зберігання зернових культур в силосах, призначений для використання підприємствами.

Для досягнення поставлених завдань будуть використані такі методи: аналіз наукової літератури, вивчення технічних характеристик зерносховищ, розробка схем автоматизації.

В заключенні зроблені висновки про досягнення студента під час виконання бакалаврського дипломного проекту.

Результати дослідження можуть бути використані для покращення концепцій та розробок автоматизованих зерносховищ.

Ключові слова: зернові культури, горизонтальні силоси, технологічний процес, контролер, система керування, давачі, структурна схема, алгоритми, керування.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
на тему: «Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зерносховища»

Керівник проекту:

Асистент, кандидат технічних наук, доцент:

Журавльов О.Ю.

Виконав:

студент групи СУ-01

Мірошніченко Я.О.

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	6
1.1.Область застосування та аналіз існуючих рішень.....	6
1.2.Опис власного об'єкта керування .....	13
РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СИЛОСАХ.....	20
2.1 Аналіз технологічного процесу автоматизованого зберігання зернових культур в горизонтальних силосах .....	20
2.2 Функціональні задачі керування в системі автоматизованого зберігання зернових культур в горизонтальних силосах.....	20
2.3 Опис власних контурів керування .....	20
2.3.1 Контур підтримування температури зерна .....	21
2.3.2 Контур керування вологості-температури .....	22
2.3.3 Контур підтримування рівня зерна в силосі .....	23
2.3.4 Контур керування транспортерами і клапаном .....	24
2.4 Таблиці вхідних та вихідних сигналів системи автоматизації горизонтального зерносховища.....	26
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	27
3.1 Підбір ПЛК.....	27
3.2 Підбір давачів для системи автоматизації горизонтального зерносховища.....	33
3.2.1 Вологомір .....	33
3.2.2 Рівнемір .....	34
3.2.3 Термопідвіска.....	35
3.2.4 Давач сходу стрічки .....	36
3.3 Підбір виконавчих механізмів для системи автоматизації горизонтального зерносховища .....	37

					<b>СУ-01 6.151.14.ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мірошніченко Я.В.</i>			<b>Автоматизація зберігання зернових культур в силосах зерносховища Пояснювальна записка</b>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Журавльов О.Ю.</i>				2	54	
<i>Реценз.</i>						<b>СумДУ, СУ-01</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Леонтьєв П.В.</i>						



3.3.1 Вентилятор .....	37
3.3.2 Витяжний вентилятор .....	38
3.3.3 Рейкова заслонка .....	40
3.3.4 Двигун редуктор .....	41
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	42
РОЗДІЛ 5 SCADA СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЗЕРНОСХОВИЩА .....	46
5.1 Тлумачення SCADA .....	46
5.2 Вибір програмного забезпечення.....	50
5.3 SCADA система керування зерносховищем .....	51
ВИСНОВКИ .....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

СУ – система управління

САУ – система автоматичного управління

МК – мікроконтролер

Д – давач

ВМ – виконавчий механізм

ПЗ – програмне забезпечення

ПЛК – програмований логічний контролер

СА – схема автоматизації

КК – контур керування

МП – мікропроцесор

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

В умовах сучасного агропромислового виробництва ефективне зберігання зернових культур відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та збалансованого функціонування аграрного сектору. Горизонтальні силоси виступають як один із ключових елементів інфраструктури для зберігання зернових, забезпечуючи їх захист від впливу негативних факторів навколишнього середовища та збереження якості протягом тривалого періоду часу. Розвиток та вдосконалення автоматизованих систем управління процесами зберігання у горизонтальних силосах визначається необхідністю оптимізації ресурсозбереження, підвищення ефективності та надійності цих об'єктів. В даному контексті дипломна робота присвячена дослідженню та розробці систем автоматизації для зберігання зернових культур у горизонтальних силосах з метою підвищення їх ефективності та надійності.

В рамках дослідження буде проведений аналіз сучасних методів та технологій автоматизації зберігання зернових культур у горизонтальних силосах, включаючи вивчення існуючих систем управління та контролю, а також їхню ефективність та недоліки. На основі отриманих даних буде розроблена концепція та створена прототип автоматизованої системи, спрямованої на оптимізацію процесів зберігання зернових культур. Особлива увага буде приділена інтеграції сучасних інформаційних технологій, датчиків та програмних засобів для забезпечення моніторингу, управління та підтримки оптимальних умов зберігання. Результатом роботи стане розроблена система, яка може забезпечити ефективне та надійне зберігання зерна у горизонтальних силосах, враховуючи сучасні вимоги технологічного розвитку та екологічної безпеки.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 1.1. Область застосування та аналіз існуючих рішень

Зерно та насіння вважаються ключовими джерелами харчування та сировиною для людства. Оскільки виробництво зерна є періодичним, необхідно зберігати його запаси для використання протягом року на різні потреби. Відомо вже тисячоліття, що збереження запасів зерна потребує значної уваги, оскільки стан зерна має прямий вплив на умови його зберігання. Ці умови, у свою чергу, визначають якість врожаю або готової продукції, виготовленої з цього зерна. При неправильному зберіганні зерна можуть виникати значні втрати у вазі та якості (річні втрати зернової продукції під час зберігання оцінюються від 10% до 15%)[1].

Втрати якості зерна під час зберігання, спричинені діяльністю мікробів, шкідників, ферментів, механічними впливами, забрудненням сторонніми речовинами та тепловими проблемами, можуть бути попереджені за допомогою належних методів зберігання та використання відповідного обладнання та машин. Післязбиральні втрати, які зумовлені кліматичними умовами, регіоном, країною, інфраструктурою та методами зберігання, є основною проблемою для збереження якості зерна. Безпечне збирання та зберігання зернових грає ключову роль у запобіганні втратам, спричиненим переважно довгоносіками, жуками, молі та гризунами. Втрати продовольчого зерна під час зберігання можуть бути зумовлені різними факторами, такими як структура сховища, спосіб зберігання, умови навколишнього середовища (температура складу, вологість зерна, рН середовища), а також біологічні чинники (комахи, шкідники, мікроорганізми та гризуни). Мінімізування втрат продукції можливе лише при належному розумінні природи та особливостей продукту, а також наявності та правильному використанні технологічної бази.

Використання біоінсектицидів не завжди ефективно через велике різноманіття шкідників та мікроорганізмів. У давні часи вважалося, що тільки пошкодження

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гризунами може призвести до втрати зерна під час зберігання, що виявилось неправильним. Інші аспекти навколишнього середовища також впливають на втрату зерна під час зберігання, такі як наявність вологи, вологе середовище та створення оптимальних умов для розмноження шкідників та мікроорганізмів у зерносховищі. Стан атмосфери до і під час зберігання зерна грає важливу роль у виникненні пошкоджень зерна. Зміна кольору, неприємний запах, втрата смакових та поживних властивостей, які можуть залишатися непоміченими звичайною поведінкою людини, спричиняють втрату якості та корисних властивостей, що призводить до значних втрат зерна[2].

Під час зберігання зерна необхідно забезпечити належну вентиляцію, регулярно перевіряти запаси, проводити очищення та фумігацію зерна, оскільки ці процедури мають важливе значення для безпечного та науково обґрунтованого зберігання. Відповідно обране зерносховище повинно відповідати усім вимогам зберігання зерна в сухому середовищі при стабільній температурі та бути захищеним від комах, гризунів і птахів[3].



Рисунок 1.1 – Металічні силоси

Узагальнено, правильне зберігання зернових культур має включати такі аспекти: збереження насінневого фонду з мінімальними втратами ваги та збереження якості продукції та насінневого матеріалу за допомогою відповідних режимів та технологічних прийомів; забезпечення фінансової стійкості зберігання. З

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

розвитком науки і техніки з'являються нові технології та економічно ефективні методи зберігання зерна. Однак питання збереження якості та кількості продукції під час зберігання залишається актуальним. Для підвищення ефективності використання певного методу зберігання необхідно враховувати особливості обраного методу та продукту.

Як у класичних, так і в сучасних підходах, існують п'ять основних методів зберігання зернових культур[4, 5]: зберігання навалом, в підземних ямах, у мішках, на складі та у силосах. Кожен із них має свої переваги та недоліки у процесі зберігання зерна:

### **Зберігання навалом**

Зерно можна зберігати та консервувати у вигляді насипу як у вертикальних, так і у горизонтальних складах. При такому методі поверхня зернової маси (пшениці, ячменю, жита, овесу, кукурудзи, нуту та сочевиці) вирівнюється належним чином, що дозволяє зберігати більше зерна на одиниці площі. Це спрощує контроль якості зерна, зменшує витрати праці та забезпечує економію часу.

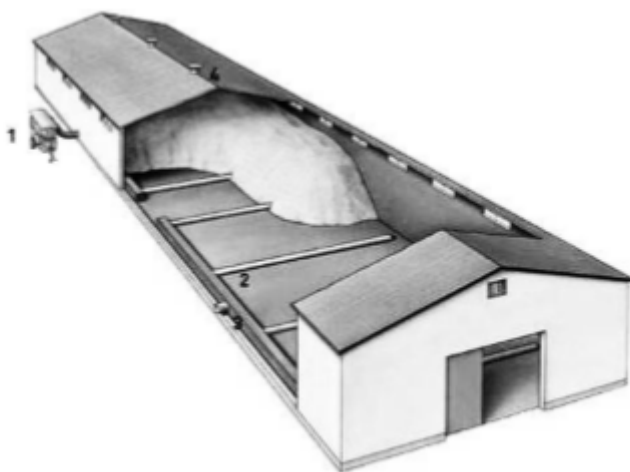


Рисунок 1.2 – Горизонтальне зерносховище

### **Зберігання під землею**

Стверджується, що підземні ями зберігають зерно без пошкоджень протягом багатьох років. У ямах зберігається прохолода, а деякі з них є відносно герметичними. Однак зерно зверху і з боків може часто пліснявіти. У цьому методі сіно, стебла, поліетилен, фартух і т.д. розміщують як під зерном, так і на ньому

перед тим, як засипати ґрунтом. Ця технологія забезпечує відсутність контакту зерна з повітрям, тобто киснем (O<sub>2</sub>) під час зберігання. Однак слід ретельно враховувати погодні умови та положення ґрунту, щоб не допустити пошкодження зернових культур[6]. На сьогоднішній день підземне зберігання не є переважним у зерновій промисловості.

### Зберігання в мішку

Для тривалого зберігання певних видів круп (наприклад, рису, борошна, бобових тощо) насипом не є оптимальним варіантом, тому що це може призвести до погіршення якості продукту. Щоб зберегти якість, такі крупи фасують у мішки. Важливим фактором при цьому є вміст вологи в крупі, який потрібно контролювати. Збільшення вмісту вологи призводить до зменшення кількості мішків з крупою в запасі. Хоча у цьому методі легко розмірковувати мішки та брати зразки з кожного, складніше контролювати весь обсяг продукції через його розміщення в мішках. Також, на одиницю площі може бути збережено менше зернових порівняно з методом зберігання насипом. Варто відзначити, що цей метод є витратнішим через високу вартість робочої сили та його більшу трудомісткість, що може сприяти легшому пошкодженню продукції гризунами.



Рисунок 1.3 – А: джутовий мішок з поліетиленовою підкладкою, В: мішок PICS та С: ZeroFly

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 – Зберігання зерна в мішках

### **Зберігання на складі**

Сараї широко використовуються фірмами, які займаються обробкою сипучих вантажів, але їх використання потребує тщательної підготовки майданчика, наявності достатньої робочої сили для маніпулювання великими брезентовими покриттями та належної техніки для перенесення зерна від і до зерносховища. Дезінфекція сховищ та бункерів для боротьби з комахами є складною. Для короткострокового зберігання на фермі зерно в мішках може бути більш прийнятною альтернативою. При зберіганні на складі ключовими факторами є вибір місця, контроль вологості та забезпечення достатньої аерації зерна. Зерно та зернові продукти можуть бути збережені як в стопцях, так і в мішках за цією технологією. Пошкодження від комах є найпоширенішою проблемою на складах.

### **Зберігання в силосах**

Один з найбільш вигідних методів зберігання зернових на підприємствах - це використання силосів[7]. Вони мають численні переваги, включаючи зменшення робочих зусиль і часу, спрощене вивантаження та транспортування зерна, а також забезпечення гігієнічних умов під час цих операцій. Через вертикальну конструкцію силосів можна ефективно використовувати обмежену площу, зберігаючи при цьому більше продукції. Наразі існують три типи силосів: дерев'яні, бетонні та металеві. Дерев'яні силоси, хоча і мають деякі обмеження, не є оптимальним варіантом через вразливість до пожежі та властивість бути привабливими для комах. Бетонні силоси добре підходять для зберігання зернових, оскільки потребують менше робочих зусиль і менше часу на

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



обслуговування. Металеві та оцинковані силоси є найпоширенішими, оскільки вони міцні та легко піддаються контролю, що робить їх більш привабливими порівняно з іншими. Бетонні та металеві силоси є ідеальними для зберігання різних видів зернових, таких як пшениця, ячмінь, жито, овес і т.д.

Багато досліджень порівнювали металеві силоси зі звичайними сховищами та хімічними речовинами для зберігання зерна і виявили, що металеві силоси є найефективнішими. Однак, для безпечного зберігання зерна в металевих силосах необхідно висушити його до вологості менше 14%, щоб уникнути утворення плісняви[8]. Для оцінки впливу конструкції силосу на тривалість зберігання кукурудзи, втрати при зберіганні та витрати також використовувався показник схильності до пліснявіння. Опитування фермерів показало, що дрібні фермери, які використовували силоси, втрачали в середньому лише 3 кг зерна вартістю 2 долари і могли зберігати зерно на 1,8-2,4 місяці довше, порівняно з середніми втратами 157-198 кг зерна вартістю 104-132 долари для тих, хто не використовував силоси.



Рисунок 1.5 – Силоси

У численних розвинених країнах технології зберігання зернових продуктів пройшли значні інновації, особливо в основних системах, таких як аерація, холодильне зберігання, модифіковане атмосферне зберігання та герметичні системи зберігання.

### **Аерація зерна**

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш поширеною нехімічною альтернативою для зберігання зернових є використання систем аерації взимку. Цей процес забезпечується за допомогою примусового переміщення навколишнього повітря відповідної якості або кондиціонованого повітря через масу зерна для поліпшення умов його зберігання. Використання механічної аерації, що передбачає використання вентиляторів, є прийнятною практикою для зниження температури зернових продуктів, особливо в умовах низької вологості. У промислових масштабах система примусової аерації відіграє значну та ефективну роль у збереженні зерна. Дослідження в області автоматизації управління силосом з контролером нечіткої логіки показують, що зерно може зберігатися при оптимальних температурі та вологості.

### **Зберігання в холодильнику**

Основна мета холодильної аерації влітку - досягнення температури нижче 18 °С, щоб зменшити активність комах. У цьому методі оточуюче повітря охолоджується, а потім пропускається над насипом зерна через наявну систему аерації. Початкові витрати на холодильну систему зберігання можуть бути порівняно високими, але разом з методом сухого повітря вона може бути відповіддю на питання про доцільність аерації для безпечного комерційного зберігання в тропічному кліматі. Таким чином, конструкція силосу з холодним центром була ретельно вивчена.

### **Технологія модифікованого середовища**

Технологія модифікованого середовища (МС) стала перспективним рішенням для зберігання зернових культур у теплих кліматичних умовах, які зберігаються як у мішках, так і насипом[8]. Вона успішно заміняє хімічні фуміганти. Дослідження показали, що обробка модифікованою атмосферою (МА) та контрольованою атмосферою (КА) не лише ефективно контролює комах, але й забезпечує збереження якості продукту без залишків після обробки. Ці методи стають альтернативою використанню хімічних фумігантів, які залишають залишки, для боротьби з комахами-шкідниками, що нападають на зерно, олійні культури, продукти переробки та деякі упаковані продукти харчування. Програма

					<b>СУ-01 6.151.14.ПЗ</b>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтегрованого управління шкідниками (ІУШ) може бути використана для моніторингу комах, аерації взимку, використання охолодженого повітря влітку у зерносховищах, біо-генерованих модифікованих атмосфер для боротьби з комахами та забезпечення якості продукції.

### **Герметичне зберігання**

Герметичне зберігання ґрунтується на біогенних атмосферах, які формуються за рахунок діяльності аеробних організмів, що проживають у зберіганій продукції. Цей метод полягає у створенні модифікованої атмосфери, в якій концентрація кисню (O<sub>2</sub>) зменшується, а концентрація вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) збільшується внаслідок дихального процесу цих організмів. Збільшення вмісту CO<sub>2</sub> та зменшення O<sub>2</sub> створюють середовище, де комахи та інші аеробні організми не можуть існувати. Цей метод дозволяє досягти високої ефективності у боротьбі з комахами (понад 99,9% знищення), а також мінімізує втрати від їх діяльності. Середовище з низьким вмістом кисню та високим вмістом CO<sub>2</sub> є смертельним для комах і кліщів-шкідників, а також запобігає росту аеробних грибків.

### **1.2.Опис власного об'єкта керування**

Чому горизонтальний силос? Якщо у вертикальних силосах, які зараз є основними, відбувається критичне перегрівання зернової маси, необхідно викидати більшість зерна. Однак у зерносховищ з горизонтальними силосами є унікальна можливість локальної аварійної рециркуляції. Через те, що вивантажувальний транспортер простягнутий по всій довжині горизонтального силосу, ми маємо можливість розділити зерносховище по різних секціях і пересувати зерно тільки у тій секції, де виникло критичне перегрівання. Це ефективно заощаджує електроенергію, і в разі критичного перегрівання, коли зерно стає непридатним для використання, можна викидати пошкоджене зерно лише з однієї секції зерносховища.

Для реалізації цього локального режиму аварійної рециркуляції, розвантажувальний транспортер оснащується секційними клапанами, по одному

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на кожен секцію. Використання таких засувки дозволяє розділити зернохранилище на секції без потреби у будівництві стін між ними.

Враховуючи вищезазначене, робимо висновки, що цей тип силосу є економічно та технологічно доцільним порівняно з іншими наявними та має такі переваги:

1. Стіни силосів виготовлені з бетону, а не металічні, що має низьку теплопровідність. Це дозволяє захистити зерно від добових коливань температури та утворення конденсату на внутрішній поверхні стін.
2. Процес вивантаження зерна із силосів повністю механізований.
3. Силоси мають високу міцність, довговічність та високий рівень пожежної безпеки.
4. Зниження висоти силосу дозволяє заощадити електроенергію, яка витрачається на підйом продукту. Це призводить до зменшення поточних витрат на зберігання, а також зменшує ризик пошкодження зерна. Особливо це нагально для олійних культур, для яких не рекомендується зберігання на великій висоті (12-14 метрів).
5. Можливість локальної рециркуляції зерна у випадку загрози перегріву допомагає зберегти електроенергію, зменшити поточні витрати на зберігання та запобігти псуванню зерна.
6. Відсутність підземного поверху і мінімальні підземні роботи. Транспортери розташовані всередині силосу над рівнем ґрунту, що дозволяє уникнути підземних робіт і покращує умови для природної аерації зерна.
7. Можливість рівномірної подачі зернової маси по всьому транспортеру та можливість постійного завантаження;
8. У процесі розвантаження одночасно працюють всі нижні транспортери, що дозволяє змішувати знову зернову масу, яка під час завантаження була самосортована.

До недоліків горизонтальних силосів належить відносно велика площа забудови у порівнянні з металевими силосами. При однакових обсягах зберігання площа забудови збільшується до 1,5 разів.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання технології горизонтальних силосів може призвести до зниження витрат на будівництво та модернізацію елеваторів для зберігання зерна, одночасно поліпшуючи якість, збільшуючи строк зберігання та зменшуючи витрати на утримання, що сприятиме зниженню загальних витрат на зерно.

Зерносховища можуть бути споруджені з різних будівельних матеріалів, таких як камінь, цегла, залізобетон, метал та інші. Вибір матеріалів залежить від місцевих умов, призначення зерносховищ (довгострокове або тимчасове зберігання зерна) та економічних факторів. Зерносховища, побудовані з каменю, цегли та залізобетону, можуть допомогти уникнути значних термовологічних коливань у масі зерна. Досвід підтверджує, що зберігання зерна у сховищах, зведених з матеріалів з високою міцністю та низькою теплопровідністю, є значно ефективнішим[13].

Однією з особливостей горизонтальних силосів є метод і система вивантаження зерна з них. Цей метод відрізняється тим, що транспортер для вивантаження зерна розташований всередині силосу, а не під ним, і для цього не потрібна додаткова підземна конструкція.

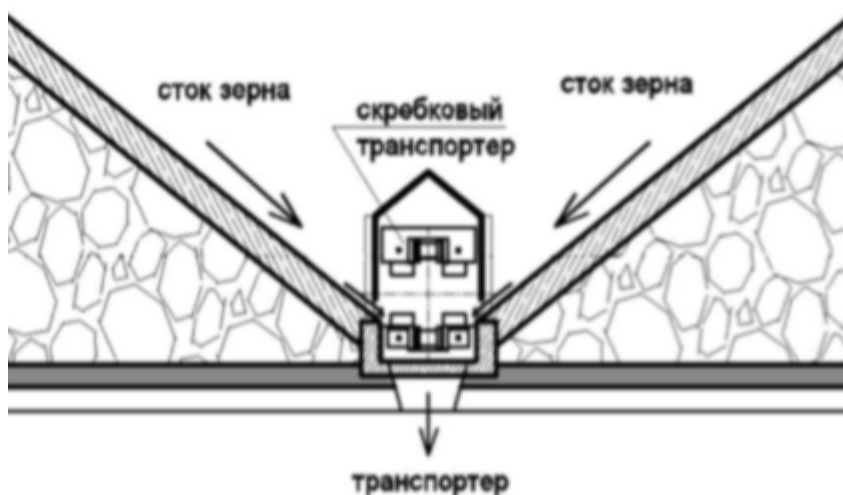


Рисунок 1.6 – Транспортер, який використовується для вивантаження зерна із горизонтального силосу

Зерно з силосу вивантажується повністю без необхідності ручної праці. Протягом всього процесу вивантаження швидкість подачі продукту на транспортер залишається стабільною. Також не потрібні конуси і засувки, що дозволяє

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

збільшити силос порівняно з силосами, обладнаними конусами. Через це зменшується висота силоса і висота насипу зерна. В результаті умови для природної аерації зерна значно поліпшуються, що є економічно вигідним у сучасних умовах.

В горизонтальних зерноскладах вентиляція здійснюється за допомогою верхніх осьових вентиляторів і природним шляхом через вікна. Також передбачено аспіраційну систему для транспортерів. При включенні аспірації холодне вологе повітря, яке опускається вниз через короби транспортерів, висмоктується аспіраційною системою, що забезпечує кращу аерацію зернової маси з меншими витратами, ніж при роботі вентиляторів у режимі нагнітання.

Є можливість стаціонарного встановлення для активного вентилявання зерна, при якому один вентилятор обслуговує декілька силосів. Для цього проводять повітропровід, що з'єднує вентилятор з галереями транспортерів. Під дахом склади створюється додатковий простір, що є позитивним фактором, оскільки запобігає різкому збільшенню відносної вологості повітря при випаровуванні вологи з поверхні зерна, а також слугує термоізолюючим шаром, що захищає зернову масу від перегріву через нагрівання покрівлі. Це забезпечує кращий повітрообмін, який фактично діє як безвитратне сушіння зерна в комфортних умовах, запобігаючи перегріву зерна від нагрівання ангару в сонячну погоду.

Розрахунки виявили, що вартість будівництва елеваторів на одну тону зберігання зерна становить близько 60 доларів для горизонтальних силосів, в той час як для металевих елеваторів ця вартість складає щонайменше 100 доларів. Також виявлено, що для тривалого зберігання зерна у металевих силосах потрібно втричі більше електроенергії, ніж у горизонтальних силосах.

Для вивантаження зерна з середини силосу використовуються ланцюгові транспортери продуктивності в межах 20-50 тонн на годину. Це дозволяє вивантажувати зерно із силосу одночасно за допомогою кількох транспортерів. Підлога між цими транспортерами нахилиється до них, а над ланцюговими транспортерами розміщуються короби.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зерно подається на нижню робочу гілку через бічні зазори безпосередньо ззовні, регулюючи їх за допомогою засувки. Ззовні зерносклади встановлені натяжні та приводні станції, тоді як всередині силосу знаходяться лише ланцюги.

Зерно завантажується по всій довжині ланцюгового транспортера за допомогою власної ваги, що забезпечує рівномірне вивантаження продукту та запобігає утворенню "воронки".

Під час систематичного контролю над процесом зберігання зерна можна надійно визначити стан зернової маси за такими показниками, як температура, вологість, вміст домішок, а також за показниками свіжості, такими як колір і запах[9].

Насіння в партіях також перевіряють на схожість та енергію проростання. Частота цих перевірок залежить від стану зернової маси і умов зберігання, таких як пора року, тип сховища та висота насипу[12]. Наприклад, чим більш фізіологічно активніше насіння, тим частіше перевіряється його температура.

Для сухого зерна температуру перевіряють кожні 15 днів, тоді як для сирого неохолодженого зерна — щодня. Перевірка зерна на зараженість кліщами та комахами залежить від температури: при температурі вище 15 °C перевірка проводиться раз на 10 днів, при температурі нижче 5 °C — раз на місяць. Інші показники перевіряються залежно від вологості та температури, з відповідними інтервалами спостережень. Вологість зерна перевіряється двічі на місяць, з особливою увагою до зерна, яке зберігається біля стінок і у верхньому шарі, де самозігрівання відбувається найшвидше.

Готове до зберігання зерно подається в норію через приймальний патрубков. Далі норія направляє зерно на верхній транспортер, який заповнює силос. Вивантаження з зерносклади здійснюється за допомогою нижнього транспортеру, який спрямовує зерно назад на норію. Для завантаження зерна в кузови машин на норії встановлено перекидний клапан.

Транспортер привозить зерно до норії, яка піднімає його на відповідний рівень. Перекидний клапан переводиться в режим вивантаження, і зерно видається через розвантажувальне сопло.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До складу зерносховища входять:

1. Силос зберігання зерна;
2. Розвантажувальна платформа;
3. Норія подачі зерна;
4. Транспортери (верхній та нижній);

Для підняття зерна на потрібний рівень використовується норія, яка працює на принципі стрічкового транспортера для переміщення зернових мас вгору по вертикалі. Норія складається з замкнутої стрічки, що прокладається навколо двох барабанів (верхнього і нижнього) і виступає як основний тяговий елемент. На стрічці розташовані ковші як робочі органи норії. Обидві гілки стрічки (робоча і неробоча) знаходяться всередині металевих прямокутних труб, які з'єднують живіт і головку. Швидкість руху стрічки зазвичай становить від 22 до 36 м/с.

Для переміщення зерна по горизонталі застосовуються ланцюговий скребковий транспортер.

Транспортер з ланцюгом та вбудованими скребками функціонує шляхом тягнення сипких матеріалів завдяки скребкам, які розташовані за замкнутим ланцюгом всередині закритого металевого короба.

Для зміни режимів розвантаження або завантаження використовуються перекидні клапани, що обладнані електричними приводами. Керування роботою всього зерносховища можливе за допомогою регулювання положення заслінки перекидного клапана.

Після норії, під час завантаження, зерно через перекидний клапан направляється на верхній транспортер, а потім передається до бункера заради подальшого зберігання. У режимі розвантаження зерно за допомогою перекидного клапану постачається у патрубок, який використовується для завантаження зернових мас в автомобілі.

Також зерносховище обладнане додатковими пристроями. Після досягнення зерном верхнього рівня в силосі, засувка автоматично закривається, що припиняє

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



подачу зерна в відповідний сектор силосу. Подібні засувки відповідають за вивантаження зерна із силосу.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СИЛОСАХ

### 2.1 Аналіз технологічного процесу автоматизованого зберігання зернових культур в горизонтальних силосах

Технологічний процес зберігання зернових мас в горизонтальному зерноскосовищі представлено схемою інформаційно-матеріальних потоків СУ-01.6.151.01.А2.

### 2.2 Функціональні задачі керування в системі автоматизованого зберігання зернових культур в горизонтальних силосах

Після аналізу схеми інформаційно-матеріальних потоків визначаємо основні функціональні задачі керування які необхідні для забезпечення роботи системи:

- Вивантаження та завантаження зерна.
- Підтримання оптимальної температури зерна.
- Забезпечення прийняттого рівня вологості повітря.

З цих завдань можна виділити підзавдання:

1. Підтримування рівня зерна в силосі
2. Підтримування температури зерна
3. Керування вологості-температури
4. Керування транспортерами та клапаном

### 2.3 Опис власних контурів керування

На основі встановлених функціональних завдань розробляється функціональна схема автоматизації. Ці схеми представляють собою графічне відображення, на якому за допомогою спеціальних символів відображаються технологічне обладнання, засоби комунікації, елементи керування, прилади та автоматизації, а також обчислювальна техніка та інші компоненти, які входять до складу системи.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функціональна схема автоматизації є ключовим документом проекту, який визначає структуру технологічного процесу об'єкта.

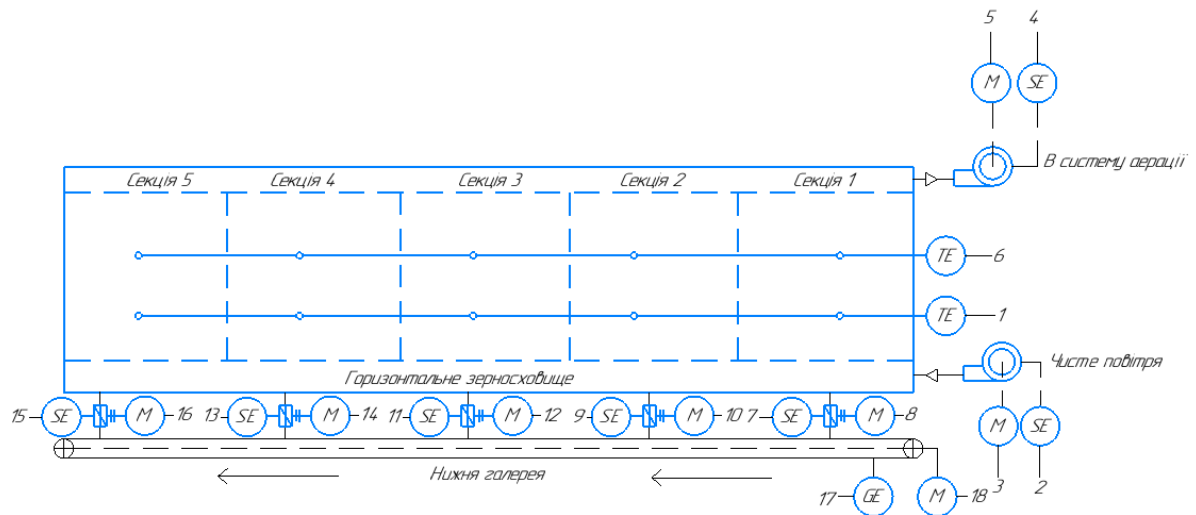
За схемами контурів керування була складена власна ФСА – СУ-01.6.151.01.А2.

### 2.3.1 Контур підтримування температури зерна

Одним з завдань контуру підтримування температури зерна є отримання показників температури по всьому силосу із використанням термopідвісок, які включають давачі температури. Крім того, цей контур передбачає керування вентилятором, який подає чисте повітря для керування температурою зерна. Керування системою аспірації за допомогою вентиляторів також здійснюється залежно від показань датчика температури або вологості.

Під час підтримування температури в зерноскладі необхідно мати на увазі, що разом зі зміною температури буде змінюватися і вологість усередині силоса. Тому важливо передбачити систему регулювання, яка базується на двох давачах: давачах вимірювання температури та давачах вимірювання вологості. Також є керування системою аспірації за допомогою вентиляторів та подачі чистого повітря, щоб забезпечити плавне змінення вологості та температури в силосі.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



		За місцем																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Прилади на щиті	П/К	EE	ТСУ	ТСУ															
		AI																	
		DI																	
Панель управління	П/К	AI																	
		DI																	
	Панель оператора																		

Рисунок 2.1 – Контур підтримування температури зерна

### 2.3.2 Контур керування вологості-температури

Головною метою контура керування вологості і температури є забезпечення негайного вимірювання рівня вологості[11] із використанням давачів вологості в кожній секції зерносховища. Також цей контур відповідає за керування активною вентиляцією та послідовним відкриванням засувок для перемішування зерна для покращення аерації та більш гладкого регулювання цього параметру. Система повинна точно керувати температурою та вологістю, бо ці параметри пов'язані між собою.

Також при активації засувок перемішування необхідно увімкнути скребковий транспортер для подачі зернових мас. Є моніторинг стрічки на транспортері. Зерно, буваючи вологим, має більш активний обмін газів. Інтенсивність цього процесу в надзвичайно сухих зернах (таких як пшениця, жито, ячмінь, вівся,

кукурудза та бобові з вологістю 11-12% або жирні зерна з вологістю 4...5%) є дуже НИЗЬКОЮ.

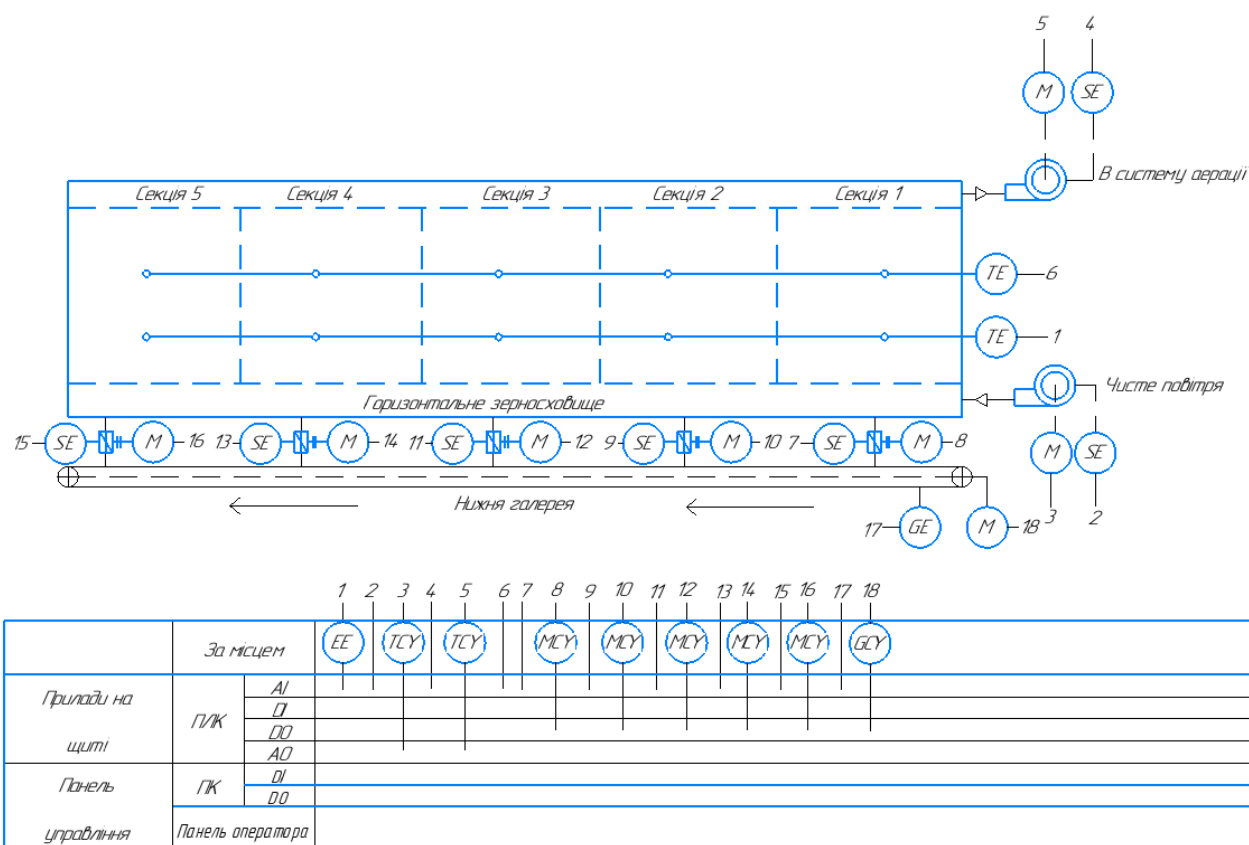


Рисунок 2.2 – Контур керування вологості-температури

### 2.3.3 Контур підтримування рівня зерна в силосі

Контур керування рівнем зерна відповідає за процес загрузки зерносховища при спрацюванні рівнеміра. До завдань цього контуру також входить відкриття засувки для загрузки зернової маси в зерносховище. Є контроль за положенням засувки під час заповнення силоса зерном. Для збереження рівня необхідно ввімкнути транспортер подачі зерна, щоб забезпечити рівномірне розподілення зерна за секціями. Також у програмному забезпеченні впроваджена система блокування подачі зерна до зерносховища, якщо температура та вологість всередині не відповідають нормі, або якщо, принаймні, одна засувка залишається відкритою.

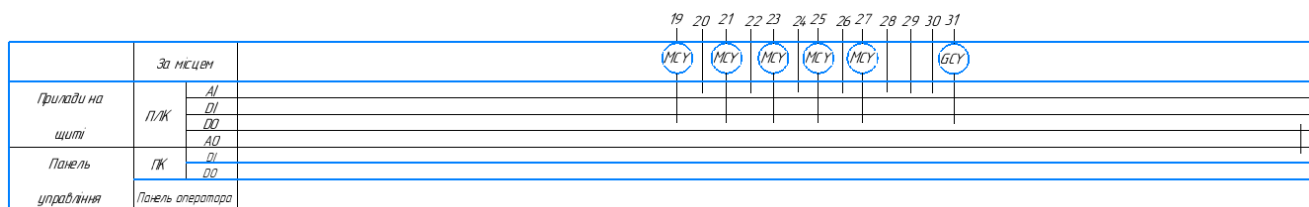
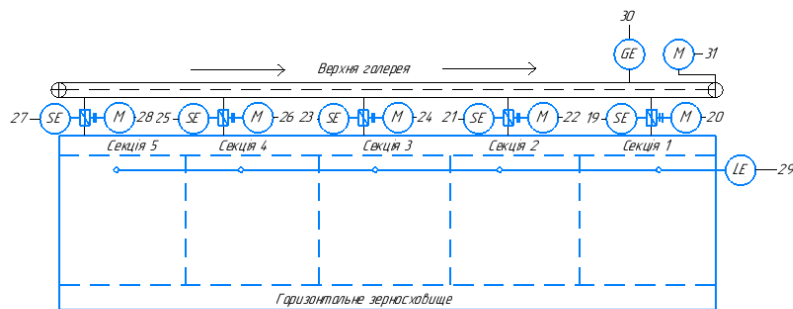


Рисунок 2.3 – Контур підтримування рівня зерна в силосі

### 2.3.4 Контур керування транспортерами і клапаном

Перекидний клапан використовується для зміни напрямку зерна та регулювання робочого режиму зерносховища. Основним його компонентом є ковш, за допомогою якого визначають шлях руху зерна залежно від свого положення. Цей клапан зазвичай розташовується у верхній частині зерносховища. Робота ковша контролюється програмним забезпеченням залежно від обраного режиму роботи. У режимах "Завантаження" та "Перемішування" ковш фіксується у одному положенні, тоді як у режимі "Вивантаження" він змінює своє положення.

Під час роботи режиму «Перемішування» перекидний клапан активується при отриманні сигналу на його включення. Також під час роботи цього режиму всі заслонки відкриваються, транспортери увімкнені, а зерно рухається в закритому колі.

Під час роботи режиму "Завантаження" зерно спочатку вивантажується за допомогою грузових автомобілів у місце для вивантаження, далі через норію і перекидний клапан направляється на верхній транспортер, а потім через верхні заслонки направляється до секції зерносховища для зберігання. Під час активації

цього режиму включаються норія, транспортер, відкриваються верхні заслонки та закриваються нижні, і перекидний клапан переводиться у потрібне положення.

Під час роботи режиму "Вивантаження" зерно спочатку проходить секції зерносховища потім через нижні заслонки попадає на нижній транспортер через який на норію та згодом за допомогою перекидного клапана у кузов грозового автомобіля. Під час отриманні сигналу на цей режим, активуються нижній транспортер, норія, відкриваються нижні заслонки і перекидний клапан переходить у відповідне положення.

Крім того, в цьому контурі реалізовано контроль за обривом стрічок транспортерів та норії.

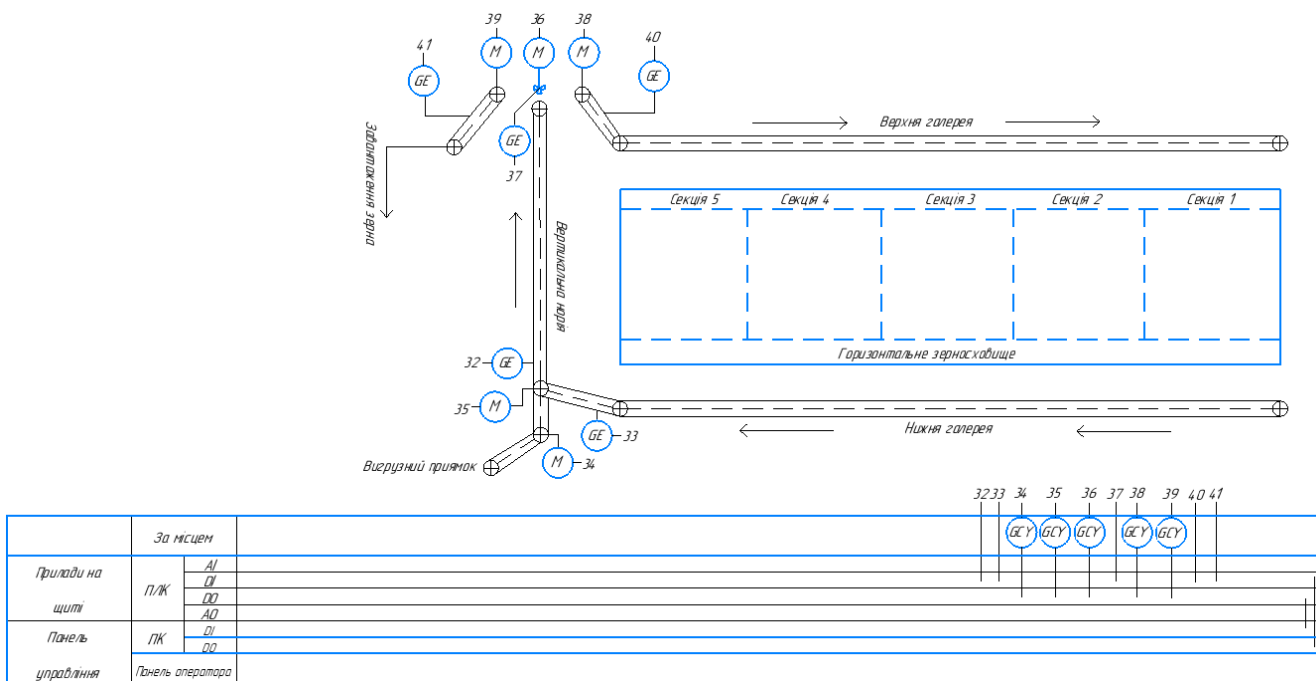


Рисунок 2.4 – Контур керування перекидним клапаном та стрічковими транспортерами

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01 6.151.14.ПЗ

2.4 Таблиці вхідних та вихідних сигналів системи автоматизації  
горизонтального зерносховища

Після аналізу контурів керування складені таблиці вхідних та вихідних сигналів.

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних сигналів

№	Назва сигналу	Діапазон вимірювання	Тип сигналу
1	Рівень зерна	0-100 %	Аналоговий
2	Температура зерна	-55-+125 °С	Аналоговий
3	Вологість зерна	5-95%	Аналоговий
4	Положення вентиляторів	0-100%	Аналоговий
5	Контроль сходу стрічок транспортера	0-1	Дискретний

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів

№	Назва сигналу	Діапазон вимірювання	Тип сигналу
1	Подача повітря	0-100 %	Аналоговий
2	Система контролю відведення повітря в систему аспірації	0-100 %	Аналоговий
3	Керування заслонками завантаження зерна	0-1	Дискретний
4	Керування заслонками вивантаження зерна	0-1	Дискретний
5	Керування стрічками транспортера (верхнього та нижнього)	0-1	Дискретний
6	Керування стрічками допоміжних транспортерів	0-1	Дискретний
7	Керування норією	0-1	Дискретний
8	Керування клапаном	0-1	Дискретний



## РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 3.1 Підбір ПЛК

Для системи автоматизованого керування горизонтальним зерносховищем був обраний ПЛК SIEMENS S7-300. Цей контролер відповідає всім технічним вимогам, надійний у використанні та має конкурентну ціну. Перевагами S7-300 є:

1. Можливість реалізації простих і середніх задач.
2. Швидкий процес освоєння мікроконтролера.
3. Зручний набір стандартних команд і зрозумілі принципи програмування.
4. Модульна структура та великий спектр модулів для максимальної адаптації під конкретні завдання.
5. Підтримка локальних і розподілених структур вводу-виводу та простота налаштування мережевої конфігурації.
6. Зручна конструкція яка не нагрівається сильно.

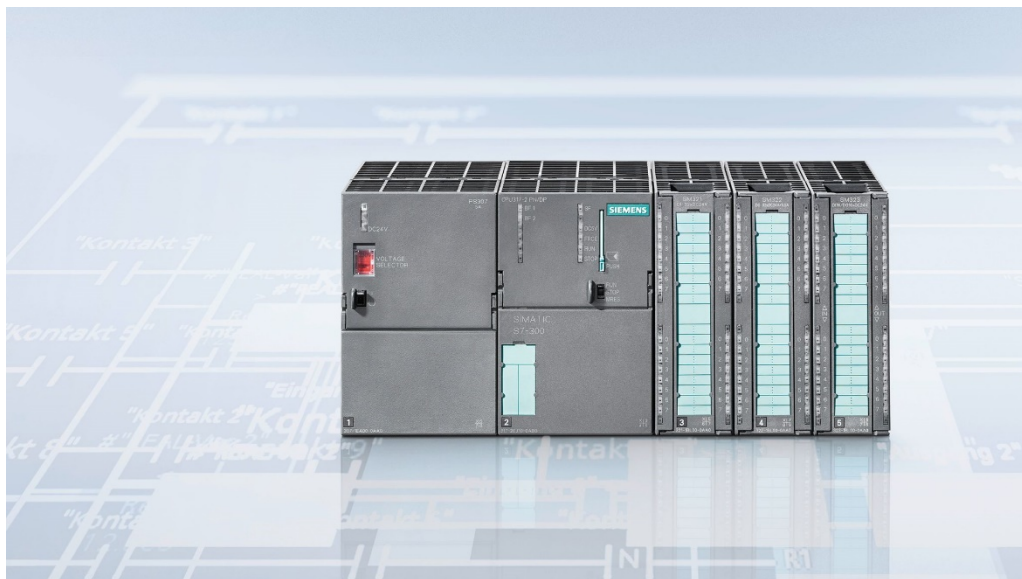


Рисунок 3.1 – SIMATIC S7-300

ПЛК SIMATIC S7-300 призначений для створення систем автоматизації низького та середнього рівня складності[14]. Модульна структура контролера, можливість використання як локальних, так і розподілених вводу-виводу, широкий набір комунікаційних можливостей та маса функцій, забезпечують високий рівень

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зручності в експлуатації та обслуговуванні. Це відкриває можливості для створення оптимальних рішень у будівництві систем автоматизованого керування.

*Центральний процесор 6ES7315-2EH14-0AB0*

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики CPU 315-2 PN/DP

Характеристики	Значення
Напруга живлення	24В
Споживання струму	750 mA
Споживання струму у режимі холостого ходу	150 mA
Номінальний струм увімкнення	2 А
Перелік інтерфейсів	
Industrial Ethernet: 1; 2 порти (комутатор RJ45)	1
Кількість інтерфейсів RS 485: 1 (MPI/PROFIBUS DP)	1

*Аналоговий вхідний-вихідний модуль SM-331*

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики вхідного-вихідного модуля SM-331

Характеристики	Значення
Кількість входів	8
Кількість виходів	4
Напруга живлення	24 В
Потужність	4 Вт
Діапазони сигналів	
По напрузі	+5.10V,1-5V
По струму	+20mA,4-20mA
Роздільна здатність на один канал	
Роздільна здатність із перевищенням діапазоні (біт), макс	16 біт
Час інтеграції	23/72/83/95 мс

*Дискретний вхідний-вихідний модуль SM-321*

Таблиця 3.3 – Характеристики вхідного-вихідного модуля SM-321

Характеристики	Значення
Кількість входів	16
Кількість виходів	32
Живлення	24 В
Вихідний струм	
Для сигналу «1»	0,5 А
Для сигналу «0»	0,5 мА
Потужність, Вт	6,6
Вхідний струм, мА	7

Блок живлення PS307

Таблиця 3.4 – Характеристики PS307

Характеристика	Значення
Напруга живлення	
Початкове значення	Обирається автоматично
1-й режим	120 В
2-й режим	230 В
Вхідна напруга	
1-й режим	При 85-132 В
2-й режим	При 170-264 В
Вихідний струм	
Номінальний вхідний струм	5 А
Номінальний діапазон	0-5 А
Типова активна потужність	120 Вт
Вихідні дані	
Вихідна напруга постійного струму	24 В

## *Промисловий комп'ютер Siemens SIMATIC IPC647E*

Для цієї системи обрано промисловий комп'ютер Siemens SIMATIC IPC647E .



Рисунок 3.2 – SIMATIC IPC647E

Промисловий комп'ютер (ПК) – це пристрій, створений для підтримки програмного забезпечення, що використовується в промислових технологічних процесах на підприємствах. Через роботу в суворих умовах, корпуси таких ПК повинні бути захищені від зовнішніх впливів, таких як:

- підвищена вібрація та удари;
- різкі перепади температур навколишнього середовища;
- підвищена вологість, взаємодія з водою, пил.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01 6.151.14.ПЗ

Арк.

31

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики ПК SIMATIC IPC647E

Характеристика	Значення
Інтерфейси	3 x LAN Ethernet інтерфейси зі швидкістю 10/100/1000 Мбіт/с. На задній панелі: 4 порти USB3.1 Gen2 (Type A) та 2 порти USB3.1 Gen2 (Type C). На передній панелі: 2 порти USB3.1 Gen1 (Type A). Вбудований порт USB3.1 Gen2 (Type A). 1 внутрішній слот M.2.
Процесори	Процесор Core i5-8500 (6 ядер/6 потоків, 3,0 ГГц (до 4,1 ГГц), 9 МБ кеш-пам'яті, Turbo Boost, АМТ). Материнська плата з 4 слотами: 2 слоти PCIe x16 (8 ліній), 1 слот PCIe x16 (4 лінії), 1 слот PCIe x16 (1 лінія).
Оперативна пам'ять	16 гігабайт DDR4 (дві плашки по 8 ГБ)
Розширення графіки	Графічна карта PCI-Express x16, 256 МБ
Накопичувач	1 TB HDD 3.5" SATA
ОС	Windows 10

ПЛК та ПК під'єднані за протоколом PROFINET.

## 3.2 Підбір давачів для системи автоматизації горизонтального зерносховища

### 3.2.1 Вологомір

Для вимірювання вологості зерна обраний давач FIZEPR-SW100. Вологомір-дієлькометр FIZEPR-SW100.11 розроблено для вимірювання діелектричної проникності та вологості рідких і сипучих матеріалів. Особливістю цього аналізатора вологості є безпосередній метод вимірювання діелектричної проникності, який не вимагає попередньої калібрування.

Аналізатор вологості FIZEPR-SW-100 є радіохвильовим пристроєм метрового діапазону. Вибір такого діапазону довжин хвиль дозволяє використовувати пристрій для вимірювання вологості неоднорідних матеріалів, рідин (включаючи нафтопродукти), сипучих матеріалів з великими гранулами (камінь, гравій, дрібка гуми, деревина та інше), сільськогосподарської продукції, емульсій. Наприклад, FIZEPR-SW100 може використовуватися як вологомір для піску, вологомір для нерухомих матеріалів, вологомір для мазуту. Якщо порівнювати з мікрохвильовими аналізаторами вмісту вологи, FIZEPR-SW100 забезпечує високу точність вимірювань, середні результати вимірювання по всьому об'єму контрольованого матеріалу, включаючи неоднорідні включення.

Зонд вологоміра може монтуватися на стінках у бункерах, у трубопроводах або на лотках біля транспортерів. Можливе портативне виконання вологоміра.



Рисунок 3.3 – FIZEPR-SW100

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики FIZEPR-SW100

Характеристика	Значення
Діапазон вологості	0-100%
Похибка вимірювання	
0-6%	0,3%
6-8%	0,4%
8-10%	0,5%
10-20%	1%
20-50%	2,5%
50-100%	5%
Діелектрична проникність	1-100%
Робоча температура	-20-145°C

### 3.2.2 Рівнемір

Датчики рівня забезпечують безперервне вимірювання висоти заповнення рідини або матеріалу у ємності. Вимірювані значення передаються у різних абсолютних і відносних величинах та одиницях вимірювання. Деякі датчики рівня вказують значення у відсотках, тоді як інші видають результати у вигляді напруги або струму. Значення рівня може відображатися безпосередньо на місці або бути інтегрованим у систему керування. У переробній промисловості найбільш поширеними областями використання безперервного вимірювання рівня є резервуари та мобільні контейнери.

Радарний рівнемір з направленими хвилями NG 3100 призначений для безперервного вимірювання рівня наповнення сипучими матеріалами з діелектричною проникністю вище 1.5. Його широкий діапазон вимірювання до 75 метрів дозволяє використовувати датчики у більшості резервуарів і силосів. Інтуїтивна конфігурація та Quick Start Wizard забезпечують просте налаштування та введення в експлуатацію.





Рисунок 3.4 – NG 3100

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики NG 3100

Характеристика	Значення
Середовище	Сипучі матеріали
Діапазон виміру, мм	3000
Принцип дії	Мікроволновий
Метод взаємодії із середовищем	Контактний
Приєднання	4-20 мА, HART
Робоча температура, °С	-40-+150
Температура навколишнього середовища, °С	-40-+150

### 3.2.3 Термопідвіска

Термопідвіска ТП-ДС діаметром 16,5 мм це первинний вимірювальний прилад, призначений для контактного вимірювання температури зерна у зерносховищах. Конструктивно термопідвіска має форму кабелю з кріпленнями на кінцях. Вона складається з поліетиленової оболонки, в якій розташовані вантажоносі сталеві дроти, зверху яких розміщена поліетиленова трубка. У середині трубки є цифрові давачі температури DS18b20. Кількість давачів у термопідвісці може варіюватися

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

від 1 до 24 в залежності від її розміру та призначення. Для підключення термопідвісок до системи автоматизації використовується електронний блок БИТ-12Д-24, який має можливість підключення до 24 термопідвісок ТП-ДС. Блок живиться від джерела постійного струму напругою 24 В.



Рисунок 3.5 – Термопідвіска ДП-ДС

Таблиця 3.8 – Термопідвіска ДП-ДС

Характеристика	Значення
Роздільна здатність	0,1°C
Похибка вимірювання	1,5%
Діапазон вимірювань	-40 до +100 °C
Кількість давачів	До 24
Діаметр	16,5 мм

### 3.2.4 Давач сходу стрічки

Для контролю справності транспортерів був обраний давач контролю сходу стрічки ДКСЛ-Н-03.



Рисунок 3.6 – ДКСЛ-Н-03

Таблиця 3.9 – ДКСЛ-Н-03

Характеристика	Значення
Кут спрацювання	20°
Комутована потужність	30 Вт
Ступінь захисту	IP67
Напруга	24 В

### 3.3 Підбір виконавчих механізмів для системи автоматизації горизонтального зерносховища

#### 3.3.1 Вентилятор

Вентилятор є ключовим компонентом вентиляційної системи. У зернових бункерах зазвичай використовуються промислові радіальні вентилятори низького тиску.

Для того щоб у нашому проекті була повна активна вентиляція був обраний вентилятор ВЦ 4-76-8.

Вентилятор ВЦ 4-76-8, відповідає умовам ТУ У 29.2-41569120-01-2017. Цей вентилятор використовується на елеваторах і хлібоприймальних підприємствах

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для сушіння зерна в зерносушильних апаратах. Він також підходить для інших об'єктів, де необхідно переміщувати газоповітряні маси з температурою до 160°C і вмістом дрібнодисперсних частинок не більше 100 мг/м<sup>3</sup>.



Рисунок 3.7 – Вентилятор ВЦ 4-76-8

Даний вентилятор обладнаний асинхронним двигуном АИР160S6.

Таблиця 3.10 – ВЦ 4-76-8 із двигуном АИР160S6

Характеристика	Значення
Тип	Асинхронний
Максимальна температура робочої середи, °C	160
Діаметр робочого колеса, мм	800
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	11200-20240
Потужність, кВт	11
Максимальний тиск, Па	1139

### 3.3.2 Витяжний вентилятор

Витяжний вентилятор системи аспірації призначений для видалення з зерносховища легкозаймистих часток, таких як зерновий пил та сміття.

Витяжні вентилятори відіграють ключову роль у сільському господарстві, особливо у зерносховищах та елеваторах. Вони забезпечують ефективне видалення легкозаймистих часток, таких як зерновий пил і сміття, запобігаючи накопиченню цих небезпечних речовин, які можуть призвести до пожеж або вибухів. Крім того, витяжні вентилятори сприяють підтриманню оптимальних умов зберігання зерна, знижуючи рівень вологості та забезпечуючи циркуляцію повітря. Це допомагає запобігти розвитку цвілі та збереженню якості зерна протягом тривалого часу. Використання витяжних вентиляторів у сільському господарстві є невід'ємною частиною сучасних технологій, що підвищують ефективність та безпеку аграрного виробництва.

ВЦП 6-46-8 виготовляється відповідно до умов ТУ У 29.2-36342124-01-2017. Він використовується як вентилятор для видалення стружки, тирси, лушпиння, пилу, а також для транспортування в системах очищення та відділення дрібно- та крупнодисперсних складових пилогазоповітряної суміші. Завдяки високому тиску, що створюється, цей вентилятор широко використовується в системах пневмотранспорту, оскільки подає повітря з усім його вмістом значно далі та сильніше, ніж інші пилові вентилятори.



Рисунок 3.8 – Вентилятор ВЦ 6-46-8

Даний вентилятор обладнаний асинхронним двигуном АИР160S6.

Таблиця 3.11 – ВЦ 6-46-8 із двигуном АИР160S6

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика	Значення
Тип	Асинхронний
Максимальна температура робочої середи, °С	80
Діаметр робочого колеса, мм	800
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	6030-20100
Потужність, кВт	11
Максимальний тиск, Па	1142

### 3.3.3 Рейкова заслонка

Для регулювання рівня в силосі використовуються рейкові заслінки УЗР-400.



Рисунок 3.9 – Рейкова заслонка УЗР-400

Таблиця 3.12 – ВЦ 6-46-8 із двигуном АИР160S6

Характеристика	Значення
Перетин, мм	450 x 450
Час відкривання засувки, с	11
Потужність, кВт	2,5

### 3.3.4 Двигун редуктор

Для керування стрічками транспортерів буде використовуватися двигун–редуктор РС 80 – NMRV 75.

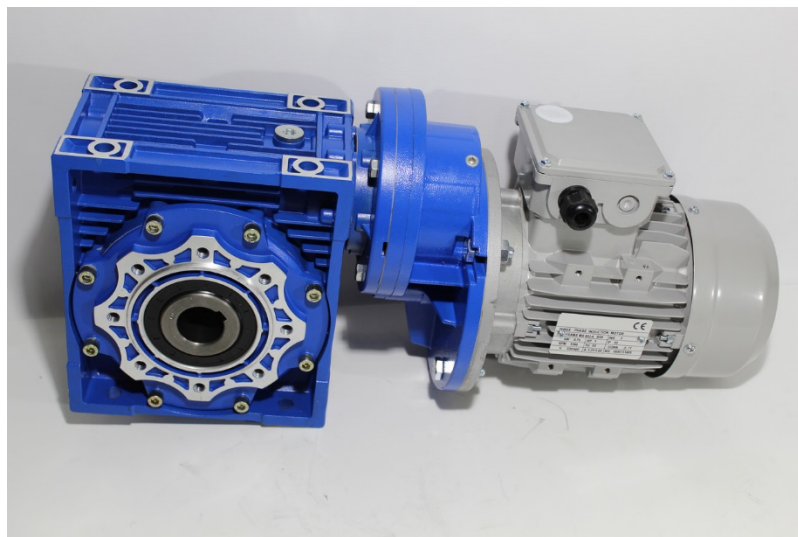


Рисунок 3.10 – Двигун–редуктор РС 80 – NMRV 75

Таблиця 3.13 – Двигун–редуктор РС 80 – NMRV 75

Характеристика	Значення
Потужність, кВт	7,5
Передатне число	25
Пусковий струм, А	20
Номінальний струм, А	10
Напруга, В	220

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01 6.151.14.ПЗ

Арк.

41

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 1. Загальні положення:

- Усі працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки перед початком роботи у зерносховищі.
- Доступ до зерносховища дозволяється лише уповноваженим особам.
- Всі працівники повинні носити відповідний захисний одяг, включаючи каски, рукавиці, захисні окуляри та респіратори.

### 2. Механізована обробка зерна:

- Використання механізованих засобів (транспортерів, навантажувачів тощо) є обов'язковим для всіх важких або трудомістких процесів.
- Перед початком роботи всі механізми повинні бути перевірені на справність.
- Забороняється залишати працююче обладнання без нагляду.

### 3. Відбір проб зерна:

- Відбір проб зерна зі складу здійснюється не менше ніж двома працівниками.
- Якщо відбір проб здійснюється з місць, де не відбувається вантаження або розвантаження зерна, дозволяється робота одного працівника за умови забезпечення заходів безпеки.

### 4. Зберігання зерна:

- Перед зберіганням нової партії зерна необхідно провести повне очищення днища сховища від залишків попереднього зерна.
- Забороняється зберігати зерно без попереднього очищення від пилу та домішок.

### 5. Пожежна безпека:

- Усі працівники повинні знати місця розташування вогнегасників та засобів пожежогасіння.
- Заборонено паління та використання відкритого вогню у зерносховищі.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- Необхідно регулярно перевіряти протипожежні системи та засоби пожежогасіння.
6. Вентиляція та аерація:
- Системи вентиляції повинні працювати безперебійно, забезпечуючи свіжий повітряний обмін у сховищі.
  - Під час роботи вентиляторів забороняється проводити інші роботи у зоні їхньої дії.
  - Очищення вентиляційних каналів та аерозолобів повинно проводитися лише після їх повного вимкнення.
7. Переміщення зерна:
- При переміщенні зерна слід використовувати спеціальні механізми для запобігання пошкодженню та втратам зерна.
  - Заборонено підкопувати насипи зерна для відбору продукції.
8. Очищення та технічне обслуговування:
- Перед початком очищення або технічного обслуговування обладнання необхідно відключити від електромережі.
  - Очищення днищ та інших частин сховища проводиться тільки після повного видалення зерна.
  - Заборонено проводити ремонтні роботи у присутності залишків зерна.
9. Перебування працівників у зерносховищі:
- Працівникам заборонено перебувати під насипом зерна або у зонах, де можливе обрушення насипу.
  - Усі працівники повинні дотримуватися безпечної відстані від працюючого обладнання.
10. Екстрені ситуації:
- У разі аварійної ситуації або виникнення небезпеки негайно повідомте керівництво та евакууйтеся з приміщення.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Використовуйте аварійні виходи та дотримуйтесь інструкцій щодо евакуації.
- Усі працівники повинні знати місцезнаходження аптечок першої допомоги та вміти ними користуватися.

#### 11. Освітлення:

- Приміщення зерносховища повинно мати достатнє освітлення для забезпечення безпечних умов праці.
- Використовуйте тільки вибухобезпечні світильники у зонах, де можливе скупчення пилу.
- У разі недостатнього природного освітлення слід використовувати переносні ліхтарі з пилонепроникними корпусами.

#### 12. Захист від шкідників:

- Необхідно проводити регулярну дератизацію та дезінсекцію сховища для запобігання розмноженню шкідників.
- Необхідно застосовувати тільки ті хімічні засоби, які мають відповідні сертифікати безпеки та дозволені для використання у харчовій промисловості.

#### 13. Переміщення та транспортування:

- Під час переміщення зерна в межах сховища необхідно використовувати тільки спеціалізовану техніку та транспортні засоби.
- Необхідно забезпечувати регулярний технічний огляд та обслуговування транспортних засобів для запобігання аварійним ситуаціям.

#### 14. Навчання та інструктажі:

- Усі працівники повинні проходити регулярне навчання та інструктажі з техніки безпеки.

#### 15. Вентиляція та повітрообмін:

- Необхідно забезпечувати постійний повітрообмін у сховищі для запобігання накопиченню вологи та збереження якості зерна.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Електробезпека:

- Усі електричні установки та проводка повинні відповідати стандартам безпеки та бути захищеними від впливу пилу та вологи.
- Необхідно регулярно перевіряти стан електропроводки та обладнання на наявність пошкоджень і несправностей.

17. Порядок доступу до сховища:

- Забороняється допуск сторонніх осіб до зерносховища без супроводу відповідальних працівників.

18. Поводження з відходами:

- Відходи, що утворюються в процесі роботи, повинні бути утилізовані відповідно до екологічних норм і правил.
- Необхідно організувати роздільний збір і вивезення відходів, що можуть бути перероблені або утилізовані.

Дотримання цих правил забезпечить безпечні умови праці у горизонтальному зерносховищі та допоможе уникнути нещасних випадків і аварій.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 5 SCADA СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЗЕРНОСХОВИЩА

### 5.1 Тлумачення SCADA

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) є комплексною системою, призначеною для спостереження та управління промисловими процесами. Вона широко використовується в різних галузях, таких як енергетика, водопостачання, нафтова і газова промисловість, виробництво та транспорт.

Основні компоненти SCADA:

#### 1. Польові пристрої

- Сенсори та датчики: Вимірюють різні параметри процесу, такі як температура, тиск, рівень рідини та інші.
- Активатори: Пристрої, що здійснюють вплив на процеси, наприклад, клапани, реле і мотори.

#### 2. RTU та PLC

- RTU (Remote Terminal Unit): Збирає дані з сенсорів та передає команди до активаційних пристроїв. Працює на віддалених об'єктах.
- PLC (Programmable Logic Controller): Виконує програмовані логічні операції і контролює автоматичні процеси. Використовується для локального управління.

#### 3. Комунікаційна інфраструктура

- Мережі зв'язку: Прокладаються для обміну даними між RTU/PLC і центральною системою управління. Використовуються різні протоколи, такі як Ethernet, Modbus, DNP3, OPC та інші.

#### 4. SCADA-сервери

- Сервери збору та обробки даних: Отримують дані від RTU/PLC, обробляють їх та зберігають для подальшого аналізу.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Сервери історичних даних: Зберігають великі обсяги даних для аналізу історичних трендів і прийняття стратегічних рішень.

#### 5. Людино-машинний інтерфейс (НМІ)

- Інтерфейси для операторів: Візуалізують процеси, надають можливість керування і налаштування системи через графічні інтерфейси.

#### Функції SCADA-системи:

##### 1. Моніторинг

- Безперервний збір даних з польових пристроїв і відображення їх в режимі реального часу.

##### 2. Управління

- Відправка команд до активаційних пристроїв для керування процесами.

##### 3. Візуалізація

- Графічне відображення стану процесів через НМІ, включаючи схеми, графіки, таблиці та інші візуальні елементи.

##### 4. Аналіз даних

- Збір і зберігання історичних даних, їх аналіз для виявлення трендів, прогнозування та оптимізації процесів.

##### 5. Тривоги та сповіщення

- Виявлення аномальних ситуацій і відправка сповіщень операторам для негайного втручання.

##### 6. Звітність

- Генерація звітів для оцінки продуктивності, якості та інших критичних показників.

#### Переваги використання SCADA:

##### 1. Ефективність

- Підвищує ефективність роботи завдяки автоматизації процесів та зменшенню ручної праці.

##### 2. Безпека

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Покращує безпеку операцій через швидке виявлення і реагування на аварійні ситуації.
3. Точність
    - Забезпечує високу точність даних і контроль за процесами.
  4. Економія
    - Знижує операційні витрати завдяки оптимізації ресурсів і зменшенню часу простоїв.
  5. Прийняття рішень
    - Допомогає в прийнятті обґрунтованих рішень на основі реальних даних і аналітики.

SCADA-системи є невід'ємною частиною сучасної промислової автоматизації, забезпечуючи ефективний і безпечний контроль над складними процесами. Вони дозволяють підприємствам підвищити продуктивність, знизити витрати та покращити якість продукції, забезпечуючи тим самим конкурентні переваги на ринку.

У контексті зерносховищ, SCADA-системи мають особливе значення, забезпечуючи ефективний контроль і управління процесами зберігання, обробки та транспортування зернових культур.

1. Моніторинг умов зберігання: SCADA-системи дозволяють постійно контролювати параметри навколишнього середовища в зерносховищах, такі як температура, вологість і рівень вуглекислого газу. Це важливо для підтримання оптимальних умов зберігання і запобігання псуванню зерна.
2. Управління вентиляцією: За допомогою SCADA можна автоматизувати систему вентиляції, забезпечуючи рівномірне провітрювання зерна і запобігаючи утворенню гарячих точок, які можуть призвести до псування зерна.
3. Контроль завантаження та розвантаження: SCADA-системи керують процесами завантаження і розвантаження зерносховищ, забезпечуючи точне

управління транспортними механізмами, такими як конвеєри і норії. Це дозволяє уникати перевантажень і оптимізувати потоки зерна.

4. Попередження про аномалії: Система автоматично відслідковує стан обладнання і параметри процесів, сповіщаючи операторів про будь-які аномалії або відхилення від норми. Це дозволяє оперативно реагувати на проблеми і зменшувати ризик простоїв або аварій.
5. Звітування та аналіз: SCADA-системи надають детальні звіти про всі операції і процеси, що відбуваються в зерносховищі. Це включає дані про обсяги зберігання, витрати електроенергії, ефективність вентиляції тощо. Аналітичні інструменти допомагають виявляти тенденції і оптимізувати операційні процеси.

Впровадження SCADA-систем у зерносховищах надає значні переваги, серед яких:

1. Зниження ризику втрат: Оптимальні умови зберігання і автоматизований контроль знижують ризик псування зерна, втрат якості і кількості продукції.
2. Підвищення ефективності: Автоматизація процесів завантаження, розвантаження і зберігання зменшує необхідність ручної праці і підвищує продуктивність.
3. Енергозбереження: Оптимізований контроль над системами вентиляції та іншими енергозатратними процесами сприяє зниженню споживання електроенергії.
4. Покращення безпеки: Постійний моніторинг умов зберігання і стану обладнання підвищує загальний рівень безпеки на підприємстві.
5. Дані для прийняття рішень: Детальні звіти і аналітичні інструменти допомагають керівництву приймати обґрунтовані рішення щодо покращення операційних процесів.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2 Вибір програмного забезпечення

Види програмного забезпечення для SCADA-систем

1. Wonderware by AVEVA
2. Ignition by Inductive Automation
3. GE Digital iFIX
4. Siemens WinCC
5. Schneider Electric EcoStruxure
6. Rockwell Automation FactoryTalk

Для проекту було обрано Ignition by Inductive Automation

Чому обрано Ignition by Inductive Automation? Ignition by Inductive Automation виділяється своєю інноваційністю та гнучкістю серед інших SCADA-рішень. Ось кілька причин, чому це програмне забезпечення є оптимальним вибором:

1. Масштабованість: Ignition легко масштабується, підтримуючи будь-яку кількість тегів, пристроїв та користувачів, що робить його підходящим як для невеликих підприємств, так і для великих компаній. Це дозволяє розширювати систему без значних змін у її структурі.
2. Кросплатформеність: Програмне забезпечення працює на різних операційних системах, таких як Windows, macOS та Linux. Це забезпечує гнучкість у виборі апаратних платформ та інтеграцію в існуючу IT-інфраструктуру підприємства.
3. Веб-інтерфейс: Всі конфігурації та моніторинг здійснюються через веб-інтерфейс, що дозволяє отримувати доступ до системи з будь-якого місця. Це значно полегшує управління та контроль процесів, особливо для розподілених підприємств.
4. Модульність: Ignition складається з різних модулів, які можна додавати за потреби. Це включає модулі для зв'язку з різними протоколами (OPC, MQTT, Modbus тощо), візуалізації, аналітики, управління тривогами та

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розроблено систему автоматизації зберігання зернових культур в горизонтальних силосах.

Спочатку був проведений аналіз об'єкта:

Розглянута призначення та характеристики, область застосування. Проведено огляд і порівняння існуючих систем зберігання зернових культур. Описано та проаналізовано структуру власного об'єкту.

В результаті аналізу технологічного процесу було розроблено схему інформаційно -матеріальних потоків. За цією схемою розроблено функціональну схему автоматизації. Детально розглянуті окремі контури керування (контур підтримування температури зерна, контур керування вологості-температури, контур підтримування рівня зерна в силосі, контур керування транспортером і клапаном). Складено таблицю вхідних та таблицю вихідних сигналів.

Обрані технічні засоби автоматизації, а саме: давачі, виконавчі механізми та контролер.

Описані правила безпеки.

Отримані результати можуть бути використані для створення аналогічних систем, або модернізації існуючих.

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aldai Turatbekova, Tokhir Kuramboev, Olimaxon Ergasheva, Nasiba Kayumova, Aziz Babayev, Shahzod, Jumanazarov, Umida Tasheva. 2024. Study on physiobiological features of grain and contemporary storage methods. E3S Web of Conferences 497
2. Bhardwaj, S., & Sharma, R. (2020). The challenges of grain storage: A review. International Journal of Farm Sciences, 10(2), 18.
3. Pekmez H (2016). Cereal Storage Techniques: A Review. J. Agric. Sci. Technol. B. 6: 67-71
4. Pattanaik, B.B., and R.K. Tripathi. 2016. "Grain Storage Research: Handling and Storage of Food Grains in India." Indian Journal of Entomology 78: 17–27.
5. Okparavero, N. Festus., Grace, O. Otitodun., Rukayat, Q., Jimoh, O. M., Ishola, T. D., Okunlade, A. F., Haruna P. B., Isaac, A. Y. and Akande, E. T. 2024. Effective Storage Structures for Preservation of Stored Grains in Nigeria: A Review. Ceylon Journal of Science 53 (1) 2024: 139-147
6. Müller, A. et al. Rice drying, storage and processing: Effects of post-harvest operations on grain quality. Rice Sci. 29(1), 16–30. (2022)
7. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. – К. : Аграрна освіта, 2014. – 393 с
8. Manandhar A, Milindi P, Shah A (2018) An Overview of the Post-Harvest Grain Storage Practices of Smallholder Farmers in Developing Countries. Agriculture 8(4): 57.
9. Onibonoje, M.O.; Nwulu, N.I.; Bokoro, P.N. A wireless sensor network system for monitoring environmental factors affecting bulk grains storability. J. Food Proc. Eng. 2019, 42, e13256

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Supriya Priyadarsani, Asit Kumar Pradhan and Prakash Chandra Jena. Smart food grain storage system using Internet of Things (IoT): A Review. 2023. Oryza Vol. 60 Issue 3 2023 (371-387)
11. Bucklin, R., Thompson, S., Montross, M., and Abdel-Hadi, A. (2019). Grain storage systems design, in Handbook of farm, dairy and food machinery engineering, Academic Press, 2019, pp. 175-223
12. Olorunfemi, B.J.; Kayode, S.E. Post-harvest loss and grain storage technology— A review. Turk. J. Agric. Food Sci. Technol. 2021, 9, 75–83
13. Kodali, R.; John, J.; Boppana, L. IoT Monitoring System for Grain Storage. In Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT), Bangalore, India, 2–4 July 2020; pp. 1–6
14. Куцик А. С., Місюренко В. О. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 200с

					СУ-01 6.151.14.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

