

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

«До захисту допущено»

Зав. кафедри

_____ Леонт'єв 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 транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі»

Здобувача групи СУ-01

Нікітін Дмитро Сергійович

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

_____ (підпис)

Дмитро НІКІТІН

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			Реферат	1		
4	A4	СУ-01 6.151.18 ПЗ	Пояснювальна записка	63		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУ-01 6.151.18 А2	Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі. Функціональна схема автоматизації	1		
7	A4	СУ-01 6.151.18 С1	Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі. Схема інформаційно-матеріальних потоків	1		

					СУ-01 6.151.18.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нікітін Д.С.			Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі Відомість проекту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Журавльов О.В.					1	2
Реценз.						СумДУ, СУ-01		
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
Нікітін Дмитру Сергійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі.
Затверджено наказом ректора університету. № 0312-VI від 29.03.2024.
Термін здавання студентом закінченого проекту "31" травня 2024 р.
2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики.
3. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): аналіз предметної області, основні схеми та принципи побудови системи «Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі», таблиця вхідних-вихідних сигналів.
4. Перелік графічних матеріалів: 30 рисунка, 19 таблиць.
5. 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 – 14.04.2024
2	Зробити конструктивно-технологічний аналіз предметної області.	15.04.2024 – 02.05.2024
3	Розробити основні схеми та принципи системи	03.05.2024 – 08.05.2024
4	Вибір засобів автоматизації	09.05.2024 – 16.05.2024
5	Розділ «Охорона праці»	17.05.2024 – 22.05.2024
6	Зробити SCADA-систему зерносховища	23.05.2024 – 24.05.24
7	Оформити дипломний проект та супровідну документації	25.05.2024

6. Дата видачі завдання "31" берзня 2024р.

Керівник проекту:
Асистент, кандидат технічних наук, доцент:

Журавльов О.Ю.

Здобувач:
студент групи СУ-01

Нікітін Д.С.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи «Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі»

Розробник:

студент групи СУ-01

Нікітін Д.С.

Погоджено:

Асистент, кандидат технічних наук, доцент:

Журавльов О.Ю.

1. Назва і галузь застосування: автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зернохосовищі.

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. Підібрати та проаналізувати літературу і першоджерела.	12.04.2024 – 14.04.2024
2	Зробити конструктивно-технологічний аналіз предметної області.	15.04.2024 – 02.05.2024
3	Розробити основні схеми та принципи системи	03.05.2024 – 08.05.2024
4	Вибір засобів автоматизації	09.05.2024 – 16.05.2024
5	Розділ «Охорона праці»	17.05.2024 – 22.05.2024
6	Зробити SCADA-систему зернохосовища	23.05.2024 – 24.05.24
7	Оформити дипломний проект та супровідну документації	25.05.2024

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

АНОТАЦІЯ

Нікітін Дмитро Сергійович. Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зернохосовищі. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2024 р.

Проект містить 63 аркушів пояснювальної записки, 30 рисунків, 19 таблиці. При виконанні проекту було використано 13 літературних джерел.

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

Для досягнення поставлених завдань будуть використані такі методи: аналіз наукової літератури, вивчення технічних характеристик зернохосовищ, 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 зернохосовищ.

Ключові слова: зернові культури, транспортування, сушка, 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
Зав. кафедри
_____ Леонт'єв П.В.
_____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: «Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зернохосовищі»

Керівник проекту:

Асистент, кандидат технічних наук, доцент:

Журавльов О.Ю.

Виконав:

студент групи СУ-01

Нікітін Д.С.

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	15
РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА СУШКИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ЗЕРНОСХОВИЩІ	21
2.1 Аналіз технологічного процесу автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі.....	21
2.2 Функціональні задачі керування системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі.....	23
2.3 Опис власних контурів керування системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі	23
2.3.1 Контур керування температурою зерна	24
2.3.2 Контур регулювання рівня зерна	24
2.3.3 Контур керування вологістю повітря.....	25
2.3.4 Контур керування завантаженням зерносховища	26
2.3.5 Контур регулювання роботи вентилятора	27
2.3.6 Контур регулювання роботи витяжних вентиляторів.....	28
2.4 Таблиці вхідних та вихідних сигналів системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі	29
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	31
3.1 Підбір контролера для системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі.....	31
3.2 Підбір давачів системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі	35
3.2.1 Рівнемір	35

					СУ-01 6.151.18.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін Д.С.</i>			Автоматизація транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Журавльов О.Ю</i>				2	63	
<i>Реценз.</i>						СумДУ, СУ-01		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Леонтьєв П.В.</i>						

3.2.2 Вологомір	36
3.2.3 Термопідвіска.....	37
3.2.4 Давач сходу стрічки	38
3.2.5 Давач наближення	39
3.2.6 Давач швидкості обертання.....	40
3.2.7 Давач швидкості транспортної стрічки	41
3.2.8 Давач керування шибєрним засувом	42
3.2.9 Давач витрати повітря.....	43
3.3 Підбір виконавчих механізмів системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерноскладі.....	44
3.3.1 Вентилятор	44
3.3.2 Витяжний вентилятор	45
3.3.3 Повітрянагрівач	47
3.3.4 Шибєрний засув.....	48
3.3.5 Однооборотний електричний виконавчий механізм.....	49
3.3.6 Заслонка рейкова	50
3.3.7 Пристрій плавного пуску	51
3.3.8 Частотний перетворювач	52
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
4.1 Загальні правила безпеки	53
4.2 Правила безпеки під час роботи в зерноскладі	56
РОЗДІЛ 5 SCADA СИСТЕМА ЗЕРНОСКЛАДУ	57
5.1 Поняття SCADA.....	57
5.2 Вибір програмного забезпечення.....	59
5.3 SCADA система керування зерноскладом	60
ВИСНОВКИ	61

					СУ-01 6.151.18.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 6.151.18.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В умовах сучасного агропромислового виробництва автоматизація процесів транспортування та сушки зернових культур в зерносховищах є актуальною та важливою задачею, спрямованою на оптимізацію виробничих процесів, збільшення продуктивності та підвищення якості зберігання продукції сільського господарства. Ефективне управління цими процесами вимагає розробки та впровадження сучасних технологій автоматизації, які б забезпечували точність, швидкість та безпеку виконання робіт.

Дипломна робота присвячена дослідженню та розробці систем автоматизації для транспортування та сушки зернових культур у зерносховищах з метою підвищення ефективності та надійності цих процесів. Враховуючи швидкий технологічний прогрес та зростання вимог до якості зберігання зерна, розробка ефективних та інтегрованих систем автоматизації стає актуальною задачею, що вимагає комплексного дослідження та інженерних рішень.

У рамках даної роботи буде проведений аналіз сучасних методів та технологій автоматизації процесів транспортування та сушки зернових культур. Особлива увага буде приділена вивченню існуючих систем управління та їхньої ефективності, а також визначенню потенційних проблем та перешкод у роботі зерносховищ.

На основі отриманих даних буде розроблена концепція та створений прототип інтегрованої системи автоматизації, яка спрямована на оптимізацію процесів транспортування та сушки зернових культур. Планується використання сучасних технологій інформаційно-комунікаційних систем, сенсорних технологій та систем штучного інтелекту для забезпечення точності та ефективності роботи системи.

Результатом дослідження передбачається розробка рекомендацій щодо впровадження та вдосконалення систем автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищах з метою підвищення їхньої ефективності та надійності.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Область застосування та аналіз існуючих рішень

Прогнозується, що населення Землі досягне 9,1 мільярда до 2050 року. Забезпечення продовольства для цього зростаючого числа людей становить значний виклик, який ми повинні вирішити. Для того щоб відповісти на цей попит, нам потрібно збільшити виробництво майже на 70%. Одним із способів зменшення тиску від збільшення виробництва є мінімізація післязбиральних втрат. Це особливо важливо для країн, що розвиваються, оскільки це може допомогти знизити тиск на природні ресурси та покращити умови життя фермерів. Однак низька продуктивність та втрати після збирання є основною проблемою. Продукція сільського господарства проходить через кілька етапів, включаючи збір врожаю, обмолот, просіювання, сушіння, пакування, зберігання та транспортування, перш ніж досягне кінцевого споживача. Хоча втрати на кожному етапі не можна повністю уникнути, їх можна мінімізувати. Оцінюється, що післязбиральні втрати становлять більше третини загального врожаю[1].

Основна проблема полягає в обробці та транспортуванні зерна. Зазвичай зерно зберігають у мішках з джуту або поліетилену місткістю 50 кг. На фермах зерно також зберігається у формі накриття або цокольних споруд замість традиційного зберігання у купах, яке використовувалося в давні часи. Це стосується операцій, пов'язаних з закупівлею продовольчого зерна та його транспортуванням до визначених місць. Ця система переважно використовується для зберігання рису та пшениці, куплених у фермерів. Схема зберігання CAP є доведеною часом технологією для тимчасового короткострокового зберігання пшениці та рису. Зберігання за технологією CAP передбачає побудову підвищеного цоколя висотою близько 0,6 м (2 фути) над рівнем землі, на який розкладаються мішки з продовольчим зерном у формі купола. Зверху та з усіх чотирьох боків штабелі накриваються плівкою LDPE товщиною 250 мікрон. Продовольче зерно, таке як

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пшениця, кукурудза, рис і сорго, зазвичай зберігається протягом 3-6 місяців. Це найбільш економічна структура зберігання, яка широко використовується в штаті Хар'яна, Індія, для зберігання зерна у мішках. Конструкцію можна збудувати менше, ніж за 3 тижні. В Індії фермери зберігають близько 65-70% рису та пшениці, які вони вирощують, для власного споживання, кормлення тварин або насіння, а решта продовольчого зерна продається на ринках (державних та приватних). Більшість залишається на рівні фермерських господарств, залежно від розміру господарства, залишків зерна та можливостей фермера з їх зберігання[2].

Проблеми втрат продовольства та їх економічні наслідки є актуальним завданням, яке потребує вирішення. На супротивній стороні, якісні втрати, що виникають внаслідок біологічних (комахи, грибки та мікотоксини) та хімічних (залишки пестицидів) забруднювачів, є поширеними під час зберігання зерна. Комахи можуть завдавати шкоди зерну і часто переносять грибки, які в кінцевому підсумку призводять до псування окремих частин зерна та насіння. Грибки, що розвиваються в силосах, можуть спричинити утворення грудок, нагрівання зерна, зміну його кольору та запаху, втрату схожості, а також зниження поживної цінності та погіршення якості продукції. Крім того, вони можуть виділяти мікотоксини, що робить проблему ще більш серйозною. Фактори, такі як висока температура, що виникає при високій вологості повітря та зерна, є ключовими утворення грудок. У таких випадках часто використовуються альтернативи, такі як систематичне сушіння зерна та постійне застосування фунгіцидів і пестицидів. Однак велике споживання енергії вентиляційними системами для сушіння зерна та залишкове забруднення призводять до економічних втрат для виробників і становлять загрозу для здоров'я людей та довкілля[3].

Описані вище методи відповідають тенденціям нової глобалізації, яка посилюється разом з цифровою трансформацією. Біоекономіка стала ключовою стратегією, оскільки це нова економіка, що базується на біологічних ресурсах і чистих, відновлюваних та складних процесах. У рамках концепції цифрової трансформації технологічні інновації є постійним явищем, оскільки вони

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приносять нові переваги, такі як більша простота, зручність у використанні та економія витрат.

Спочатку варто пригадати, що при зберіганні зерна важливо враховувати його біологічну природу, яка характеризується процесами дихання, післязбиркового дозрівання, самозігрівання та проростання. Фізіологічні процеси представляють собою активності, що відбуваються внаслідок життєдіяльності живих організмів (таких як зерно, насіння бур'янів, комахи, кліщі, мікроби). Розуміння цих фізіологічних процесів дозволяє ефективно контролювати їх у зерновій масі та забезпечувати надійне збереження зерна та насіння[4]:

Дихання зерна

Для зерна і насіння, які є самостійними живими системами, дихання відіграє важливу роль у підтримці їх життєдіяльності. Як і для інших організмів, зернам потрібне постійне надходження енергії для забезпечення життєвих процесів. Інтенсивність дихання залежить від таких факторів, як вологість зерна та зернової маси, їх температура, ботанічні характеристики, ступінь зрілості, розмір, а також наявність травмованих чи пророслих зерен. Коли зерно та насіння мають достатньо повітря, відбувається аеробне дихання, під час якого виділяються вуглекислий газ, вода та енергія. Проте, якщо повітря не заміщується у міжзернових проміжках, вуглекислий газ, який утворюється під час дихання, може накопичуватися, і зерно переходить до анаеробного дихання. Тип і швидкість дихання грають важливу роль у процесі зберігання зерна та насіння, оскільки вони впливають на концентрацію CO₂, втрати сухої речовини, вологи та температури в міжзернових проміжках.

Післязбиральне дозрівання

Для підготовки зерна до післязбирального дозрівання перед зберіганням воно потребує очищення та дезінфекції. Післязбиральне дозрівання - це поступове зниження активності ферментів та частоти дихання зерна. Цей процес відбувається протягом періоду від півтора до двох місяців після збирання урожаю. Для прискорення цього процесу рекомендується висушувати зерно або

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впроваджувати активну вентиляцію сухим повітрям, оскільки висока вологість створює сприятливі умови для ферментативного розкладу органічних речовин, що беруть участь у диханні. При досягненні повної фізіологічної зрілості інтенсивність дихання зменшується, а схожість зростає до максимального рівня, що сприяє доброму збереженню зерна в такому стані.

Самозігрівання

Самозігрівання зернових мас - це підвищення температури зернової маси, яке виникає внаслідок поєднання інтенсивних фізіологічних процесів, спонтанного розпаду компонентів зернового запасу та низької теплопровідності цієї маси. Зернова маса, як автономна жива система, активно дихає при вологості вище критичного рівня, що призводить до виділення значної кількості тепла під час аеробного дихання. Підвищення самозігрівання та температури зерна до 50-55 °С спричиняє самознищення термочутливих бактерій, які замінюються термофільними. Це призводить до подальшого нагрівання зернової маси до 65-70 °С. При таких температурах відбувається термічне окислення органічних речовин у зерні, яке призводить до його почорніння та розкладання. Сповільнення та зупинення дихання зерна через високу температуру є ключовими моментами у цьому процесі. Самозігрівання може бути спричинене порушеннями технології зберігання та відсутністю контролю за станом зерна, особливо у свіжозібраних партіях, які не пройшли післязбирального дозрівання. Це вимагає негайних заходів, таких як сушіння, охолодження або відправлення нагрітих партій зерна.

Проростання зерна і насіння

Проростання зерна і насіння відбувається, коли спокійні зерна переходять у стан активності під впливом сприятливих умов. Цей процес відзначається інтенсифікацією фізіологічних процесів, втратою сухих речовин, вивільненням енергії та ризиком самозігрівання. Проросле зерно стає непридатним для тривалого зберігання через швидкий розвиток мікрофлори та пліснявіння, що робить його непридатним для використання. Проростання насіння відбувається за умови зволоження краплинною вологою, яка утворюється через погану

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гідроізоляцію сховищ та конденсацію водяної пари в міжзернових просторах. Щоб уникнути цього, необхідно зберігати зерно та насіння в умовах, які запобігають потраплянню крапель вологи та систематично контролювати їхній стан.

Методи зберігання зернових мас визначаються їхніми фізичними та фізіологічними характеристиками, а також обраними режимами консервування. Режими зберігання створюють умови, які забезпечують збереження зернових мас[5]. Зазвичай виділяють три основних режими: сухе, холодильне та безкисневе зберігання.

Зернові культури зазвичай зберігаються у спеціальних сховищах, які класифікуються за тривалістю зберігання, структурними характеристиками (такими як навіси, склади, елеватори), видами операцій (зберігання або зберігання та обробка), рівнем механізації та наявністю установок активного вентилявання. Організація зберігання зернових мас повинна мінімізувати втрати маси і погіршення якості.

На сьогоднішній день найпоширенішими методами зберігання зерна є: зберігання в одноповерхових зерносховищах, буртах, силосах, елеваторах та герметичних гнучких поліетиленових рукавах. При розміщенні зерна на тривале зберігання в зерносховищах насипного типу важливо розрахувати місткість сховища та кількість складів для розміщення заданої кількості зерна.

Зберігання на зерновому складі

Зберігання на зерновому складі охоплює одноповерхові будівлі з двосхилим дахом, де стіни мають висоту 3-3,5 м і включають верхні та нижні галереї. У цих будівлях зерно зберігається насипом на підлозі, займаючи значну площу та може сховати кілька тисяч тонн продукції. Такі зерносховища можуть бути автоматизованими або немеханізованими. В механізованих використовуються елеваторні башти, де встановлене вантажно-розвантажувальне обладнання та конвеєри. У немеханізованих складах використовуються прості самохідні та пересувні механізми.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Металічні силоси

Металеві силоси є більш мобільними та легкими у монтажі порівняно з бетонними елеваторами. Їх корпуси виготовляються зі сталі, алюмінію або сплавів і можуть мати як конічну, так і горизонтальну форму. В останньому випадку процес монтажу значно спрощується, оскільки для будівництва потрібний лише бетонний майданчик для опорної металевої основи. Металеві силоси надійно захищають зерно від гризунів, їх легко чистити та дезінфікувати, але слабким моментом є нестабільність температури всередині[6, 7].

Елеватори є найсучаснішими зерносховищами, де зберігання відбувається у вертикальних бетонних силосах. Вони включають робочу башту, силосні будівлі та механізми для приймання, очищення, сушіння та перемішування зернової маси. Між робочим корпусом і силосами розташовані галереї та тунелі, а всередині силосів забезпечується оптимальна температура і вологість для запобігання розвитку грибків і бактерій. Герметична конструкція захищає запаси від гризунів та погодних умов.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

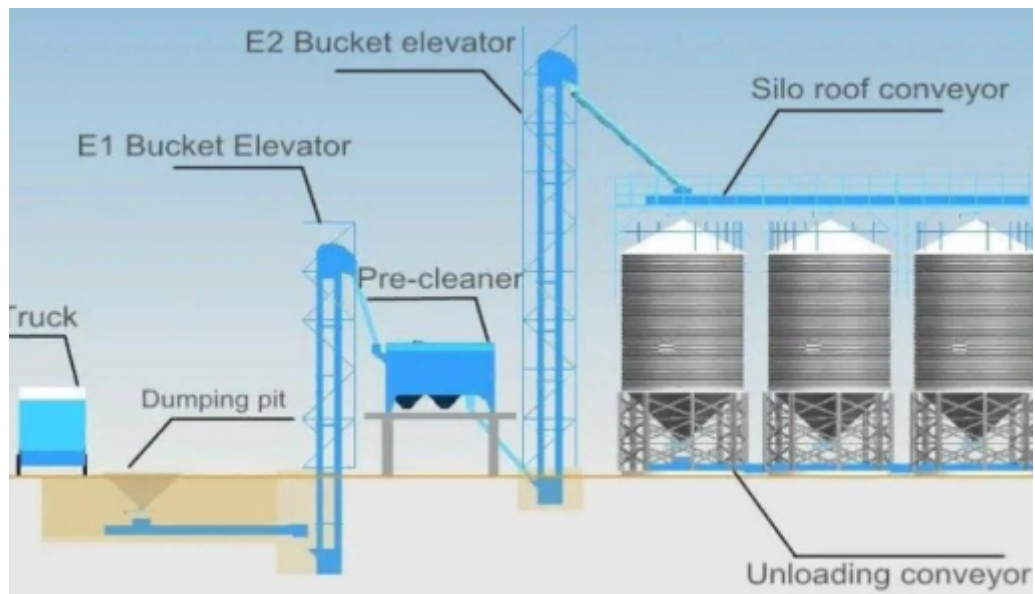


Рисунок 1.2 – Механізм елеваторів

Незважаючи на переваги, зберігання зерна в елеваторах також має свої виклики, такі як необхідність постійного очищення техніки від проливів та залишків продукції, можливість прилипання зерна до внутрішніх стін силосів, а також високі фінансові витрати.

Зберігання зерна в герметичних гнучких поліетиленових рукавах

Зернові "рукава" - це полімерні мішки утричі подвійного залізничного вагону завдовжки 60-75 м та вмістом від 65 до 300 тонн, які наповнюються зерном за допомогою спеціальної пакувальної машини - пакувальника (AG BAG). Ці шланги виготовляються з полімерного матеріалу, що має трислойову структуру для забезпечення максимальної міцності та еластичності. Кожен шар має свої унікальні полімери з різними добавками та стабілізаторами, а також ультрафіолетові добавки, які запобігають пошкодженню від ультрафіолетового випромінювання.

Переваги використання зернових "рукавів" включають можливість уникнути припинення збирання врожаю через нестачу місця на токах, можливість зберігання як сухого, так і зерна з високою вологістю, відсутність необхідності транспортування на елеватор, вивільнення автомобільної та іншої сільськогосподарської техніки, зберігання відсортованого зерна тощо.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Незважаючи на ці переваги, існують певні недоліки: ризик псування при зберіганні насіння через анаеробну діяльність мікроорганізмів та короткий термін служби самого матеріалу[8].



Рисунок 1.3 – Рукав

Зберігання зерна в токах

Під час періоду збору врожаю часто не можна відразу розмістити зерно в зерносховищах. У таких випадках зазвичай організовують тимчасове зберігання на відкритих асфальтованих майданчиках, які називаються бункерами. Такі бунти можуть мати різну форму, наприклад, конусну або пірамідальну. Перед зберіганням у бункері необхідно охолодити зернову масу до температури не нижче $+8^{\circ}\text{C}$. Після цього бункер накривають брезентом. Важливо уникати накриття бунту неостиглим і вологим зерном, оскільки це може призвести до самозігрівання. Також не рекомендується тривале зберігання насіннєвого зерна в бунтах.

З усього вищезазначеного можна зробити висновок, що елеватори можуть забезпечити якісне та надійне зберігання зерна, але висока вартість цього методу може бути серйозним аргументом проти його використання. Зберігання в металевих силосах та поліетиленових рукавах, навпаки, допомагає зменшити втрати якості та кількості зерна.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сховище з контрольованою атмосферою

Зберігання з контрольованим вмістом азоту - це метод, що може сповільнити погіршення якості зерна шляхом підвищення вмісту азоту в повітрі з 78% до 97-99%, а кисню (O₂) - з 21% до 1-3%. Позитивний вплив такої контрольованої атмосфери на основі азоту під час зберігання полягає в тому, що низький рівень кисню в просторі між зерном пригнічує активність дихання, утворення води та життєдіяльність аеробних мікроорганізмів (бактерій і грибів), комах і кліщів, які зазвичай спричиняють псування зерна[11]. Ця технологія використовує властивості інертного газу як природного інгібітора окислювально-відновних процесів в організмі. Тривале зберігання зерна в атмосфері азоту допомагає запобігти повторному зараженню шкідниками, оскільки азот не утворює шкідливих залишкових речовин у зерні[9].

Аерація та охолодження зерна

Охолодження зерна є широко використовуваним методом аерації зерна. Одним з основних цілей аерації є зниження температури зерна для зменшення біологічної активності зернової маси і, особливо, шкідливих комах і кліщів. У більшості зерносклади, де зерно не охолоджується під час зберігання, швидко зростає популяція комах, що призводить до погіршення якості зерна і значного зниження його вартості. Таким чином, охолодження зерна за допомогою аерації має подвійну мету: зниження температури зерна нижче рівня, коли комахи можуть розмножуватися, і охолодження зерна настільки швидко, щоб запобігти розвитку відкладених яєць в дорослих комах. При температурі зерна нижче 15°C розвиток більшості видів комах припиняється, що практично унеможлиблює пошкодження зерна цими шкідниками.

Обробка зернового матеріалу озоном

Під час процесу сушіння зерна за допомогою озono-повітряної суміші іон кисню, утворений при розпаді озону, діє як адсорбент, тобто здатний поглинати інші речовини. При цьому газ реагує з матеріалом, який сушиться, та водою. Використання процесу озонування дозволяє підвищити ефективність

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вологопередачі, знезаражити зерно, збільшити термін безпечного зберігання з відповідними якісними показниками. Для озонування насіння рекомендується використовувати конічні силоси, оскільки озон, бувши важчим за повітря, після закінчення обробки буде опускатися вниз, що може призвести до його накопичення в силосних галереях плоскодонних конструкцій.

1.2.Опис власного об'єкта керування

Підвищена вологість становить основну загрозу для зберіганого зерна, оскільки вони прискорюють фізіологічні процеси, що відбуваються у ньому під час зберігання[12]. У зерна з низькою вологістю ці процеси протікають повільно і майже непомітно, і зерно перебуває у стані спокою. Однак при різкому збільшенні вологості понад 14%, в зерні активізується процес дихання, який порівнюють з горінням. У цьому процесі зерно поглинає кисень з оточуючого середовища і виділяє вуглекислий газ, вологу та теплову енергію. Якщо кисню недостатньо, дихання відбувається за рахунок кисню з вуглеводів зерна. Після цього в зерні відбуваються процеси, подібні до спиртового бродіння, що призводить до погіршення його якості.

Під час різкого зниження температури всі процесі життєдіяльності в зерновій масі сповільнюються, а в умовах підвищення температури дихання зерна збільшується. Висока вологість зерна та підвищена температура також сприяють розвитку та прискоренню процесів розмноження різноманітних мікроорганізмів. Зазвичай в таких умовах швидше розвиваються цвільові грибки і бактерії, які вважають ці умови сприятливими. Вони швидко приводять до псування зерна.

Найефективнішим заходом перед зберіганням зерна на тривалий термін є його природне або штучне сушіння. Рекомендується очищення зерна від будь-яких органічних та неорганічних домішок, таких як сміття, пошкоджені зерна, пісок і т.д. Аналізуючи процес зберігання зерна, можна зазначити, що він є динамічним з точки зору часу. Він залежить від конструкції зерносховища і стану зерна з

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фізіологічної та біологічної точки зору. Всі ці процеси потребують постійного контролю та регулювання. У зв'язку зі змінністю параметрів зерна з часом, регулятори, використовувані в системі керування, повинні бути адаптивними. Для зберігання можна використовувати такі методи, як аерація, вентилявання в різних режимах, хімічна обробка та консервування, залежно від стану та призначення зерна.

Аерація - це пасивне або активне (за допомогою спеціальних систем) провітрювання силосу з зерном. Це потрібно для очищення повітря та зменшення концентрації в ньому продуктів дихання зернової маси (вуглекислого газу, етилену, водяної пари). Експерти не рекомендують зберігати зерно насипом у наземних зерноскладах, що не мають активної вентиляції. Під час аерації важливо контролювати та регулювати рівень вологості зерна, особливо в периферійних шарах, де проникнення повітря мінімальне.

Вентиляція - це процес провітрювання зернової маси з метою її охолодження або підсушування. Це сприяє насиченню сировини киснем. При підсушуванні вентиляція застосовується, коли фактична вологість зерна перевищує рівноважний показник. Цей процес допомагає покращити якість сировини та прискорити процес післязбирального дозрівання.

Цей метод обробки зерна дозволяє уникнути можливості його самозігрівання та знижує температуру до рівнів, що забезпечують найкращий термін зберігання.

Вентиляція звичайним повітрям дозволяє регулювати температуру зерна, пропускаючи його через зернову масу. Крім того, цей процес частково підсушує зерно, причому інтенсивність підсушування залежить від потужності вентилятора.

Під час вентилявання зернового насипу зміщується зона охолодження (весною - тепла зона).

Напрямок руху цієї зони залежить від режиму роботи вентилятора. Якщо вентилятор подає повітря у сховище, зона охолодження-нагрівання зміщується вгору. Коли вентилятор перекачує повітря з силосу, ця зона починає рухатися від верху донизу.

					<i>СУ-01 6.151.18.ПЗ</i>	Арк.
						16
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вентиляція є більш ефективним методом у порівнянні з пересипанням зерна з одного бункера в інший. Вона не призводить до додаткового пошкодження зерна, що уповільнює процес утворення цвілі. Під час вентиляції важливо правильно фіксувати температурні та вологісні показники як зовні, так і всередині силосу, оскільки відхилення від оптимальних режимів вентиляції може призвести до введення в зерно дуже вологого повітря.

Охолодження - це метод інтенсивного вентилявання, який збільшує стійкість та тривалість зберігання зерна. Воно ефективно пригнічує будь-яку активність у сховищі, запобігаючи розмноженню та розвитку шкідливих зернових шкідників та патогенних мікроорганізмів.

Охолодження реалізується за допомогою спеціального обладнання для активного вентилявання у складах, повітряних силосних системах або шляхом проходження зернової маси скрізь охолоджувальні шахти. Найбільш ефективним методом є використання спеціально охолодженого повітря, проте цей спосіб доцільно застосовувати лише для цінних партій зерна через його високу вартість. Для мінімізації втрат під час тривалого зберігання важливо правильно вибрати тип сховища. Усі сховища для зберігання зерна можна умовно розділити на три типи: склади, бетонні зерносховища та металеві зерносховища, кожен з яких має свої функціональні особливості та технологічні переваги.

У зерносховищах для автоматизації процесів завантаження, пересипання, розвантаження, та обробки зерна використовуються різні агрегати:

1. Стрічкові норії (також відомі як елеватори або самоподавачі) для підйому зернових мас вертикально.
2. Стрічкові конвеєри для горизонтального (або під невеликим кутом) переміщення зерна.
3. Пересувні конвеєри які використовуються завантаження та розвантаження зерна, які зазвичай використовуються при зберіганні зерна на підлозі.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Самоподавачі які використовуються для завантаження при підлоговому завантаженні зернових мас.
5. Гвинтові конвеєри (шнеки) для переміщення зернових мас на короткі відстані.
6. Самопливні зернопроводи які використовуються для пересування зернових мас зверху вниз за допомогою гравітації.
7. Зерноочисні механізми та сепаратори для очищення зернових мас від органічних та неорганічних домішок.

Для завантаження та вивантаження зерна в системі використовується конвеєр. Зерно за допомогою засувки іде на конвеєр та подальше його переміщення в силос здійснюється за допомогою отвіру у даху. Для точного визначення моменту завершення завантаження чи вивантаження зерна, необхідно володіти інформацією про рівні зерна (верхній та нижній). Процес завантаження зупиняється після активації датчиків верхнього рівня, а вивантаження триває до моменту активації датчиків нижнього рівня. Також засоби контролю роботи конвеєра це давачі швидкості та напрямку стрічки разом із пристрієм для плавного пуску та зупинки електродвигуна. Важливим аспектом є контроль потоку матеріалу, що включає своєчасну реакцію в разі відсутності потоку через перешкоди, блокування або недостатню подачу зерна.

Одним із найважливіших аспектів під час зберігання зернових мас є контроль за його температурою та вологістю повітря в межах встановленого діапазону[10]. Це передбачає постійний нагляд за процесом самозігрівання зерна та зміною температури в силосах та контейнерах для зберігання. Системи контролю температури зерна, що базуються на термопідвісках із цифровими датчиками, дозволяють забезпечувати точний та безперервний моніторинг стану зерна. Не менш важливою є задача контролю вологості всередині зерноскладища. Для досягнення необхідного рівня температури зерна використовується активне вентилявання, яке полягає в примусовому подачі атмосферного повітря через нерухомий зерновий насип. Цей підхід базується на сквапності зернової маси, де

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

міжзернові простори утворюють повітропровідну систему, що дозволяє повітрю вільно рухатися. Потік повітря впливає на температуру та вологість зерна, змінює газовий склад повітря міжзернових просторів, що сприяє зниженню інтенсивності біологічних процесів псування зерна. Важливо, щоб інтенсивність вентиляції була достатньою для ефективного охолодження зерна та запобігання розвитку небажаних процесів псування. Активне вентиляція має відповідати установленим режимам обробки, які включають в себе питому подачу повітря, тривалість та періодичність вентиляції та висоту зернового насипу[13].

Активне вентиляція зерна не завжди можливе, особливо при вологості зерна нижче 20%. У таких випадках під час вентиляції може статися незначне зволоження зерна. Щоб уникнути цього, важливо регулярно контролювати рівень відносної вологості повітря і враховувати цей показник при визначенні оптимальної вологості зерна під час вентиляції.

Активне вентиляція зерна не завжди можливе, особливо при вологості зерна нижче 20%. У таких випадках під час вентиляції може статися незначне зволоження зерна. Щоб уникнути цього, важливо регулярно контролювати рівень відносної вологості повітря і враховувати цей показник при визначенні оптимальної вологості зерна під час вентиляції.

Сушіння зернових мас в насипі за допомогою активного вентиляція є простим способом конвективного сушіння, який часто експлуатується в сільському господарстві. Однак, при сушінні зерна гарячим повітрям може виникнути проблема надмірного пересушування зернових мас у нижній та середній частинах зернового насипу. Для підвищення ефективності сушіння важливо уникати пересушування зерна. Крім того, вентиляція зерна гарячим повітрям може призводити до надмірного зволоження повітря, що ускладнює утримання всіх характеристик зернових мас на необхідному рівні.

Для забезпечення рівномірної вологості зерна рекомендується спочатку сушити зернові маси за допомогою гарячого повітря, а потім переходити до обробки холодним повітрям. Це дозволяє рівномірно зволожувати зерно та уникнути його

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пересушування. Витяжні вентилятори що розміщені на даху зерносховища, відводять відпрацьоване повітря.

Найкращим варіантом є використання одночасно основних і дахових вентиляторів, щоб ефективно видаляти вологе повітря та забезпечити оптимальні умови для зберігання зерна.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА СУШКИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ЗЕРНОСХОВИЩІ

2.1 Аналіз технологічного процесу автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі

На основі аналізу процесу технологічного зберігання зерна у силосі ми розробимо схему інформаційно-матеріальних потоків (СУ-01.6.151.18.С1). Це буде метод візуалізації маршрутів та потоків управлінської інформації між різними компонентами системи управління.

Для завантаження та вивантаження зерна в системі використовується конвеєр. Зерно подається на конвеєр через засувку, а потім направляється в силос через завантажувальний отвір у даху. Для ефективного керування процесом потрібно точно визначати верхній і нижній рівні зерна, щоб розуміти, час завершення процесу завантаження або вивантаження. Завантаження припиняється після активації датчиків на верхньому рівні, а вивантаження продовжується до моменту спрацювання датчиків на нижньому рівні. Для керування роботою конвеєра використовуються датчики швидкості та датчики стану стрічки разом із пристроями для плавного пуску двигуна. Не останньої важливості є також задача контролю потоку матеріалу, що включає своєчасне втручання якщо відсутній потік зернових мас через різні ситуації (перешкоди або відсутність зерна).

Однією з ключових задач під час зберігання зернових мас є забезпечення оптимальної температури та вологості повітря. Це передбачає постійний моніторинг температури зерна і зміни температури в зернових силосах і резервуарах для зберігання. Сертифіковані системи контролю температури зерна, засновані на термопідвісках з цифровими датчиками, забезпечують точний і неперервний нагляд за станом зерна. Не менш важливе завдання - контроль вологості всередині зерносховища.

Ефективне регулювання температури зерна досягається за допомогою активного вентилявання, яке полягає в примусовому пропусканні атмосферного повітря

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

через статичний насип зерна. Цей технологічний метод базується на використанні просторів між зерном, які утворюють повітропровідну систему, що дозволяє повітрю вільно рухатися. Потік повітря впливає на температуру і вологість зерна, змінює газовий склад повітря в міжзернових просторах, що впливає на життєдіяльність всіх компонентів зернової маси і забезпечує її збереження. Одним із головних технологічних результатів активного вентиляювання є зменшення інтенсивності біологічних процесів псування зерна, що відомо як консервація.

Під час активного вентиляювання лише певна кількість повітря забезпечує достатньо швидке охолодження зерна. У разі недостатнього потоку повітря зерно охолоджується повільно, і далекі від місця подачі повітря ділянки зернового насипу часто зволожуються. У таких зонах через тривале перебування зерна при підвищених температурі і вологості активно розвиваються мікроорганізми, що може спричинити процес самозігрівання. Тому вентиляювання має бути проведене з належною інтенсивністю, щоб уникнути небажаних процесів та охолодити зерно значно раніше, ніж воно може почати псуватись.

Активне вентиляювання повинно відбуватися в точній відповідності до встановлених для кожного типу культури режимів обробки. Під режимом активного вентиляювання розуміється оптимальне поєднання основних параметрів обробки зерна повітряним потоком. Ці параметри включають в себе такі аспекти, як інтенсивність подачі повітря, тривалість та частота вентиляції, а також висоту зернового насипу.

Для забезпечення однорідної вологості зерна першу половину часу сушіння проводять за допомогою гарячого повітря, а потім переходять до обробки лише за допомогою холодного повітря. На наступному етапі холодне повітря починає зволожувати нижню частину насипу зерна до досягнення оптимального рівня вологості, при цьому сушільний агент стає більш сухим, що дозволяє досушувати верхню частину насипу.

Витяжні вентилятори, що розташовані на даху силоса, відводять використане повітря на зовнішню територію. Оптимальним варіантом вентиляювання зерна є

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одночасна робота основних і дахових вентиляторів. Це дозволяє ефективно видаляти вологе повітря протягом всього процесу вентиляції зерна. Для оптимального режиму роботи витяжні вентилятори повинні працювати одночасно з основним вентилятором та продовжувати роботу певний час після його відключення, щоб упевнитись, що весь вологий повітря видалено.

2.2 Функціональні задачі керування системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі

Після аналізу схеми інформаційно-матеріальних потоків визначимо основні контури керування:

1. Контур керування температурою зерна
2. Контур регулювання рівня зерна
3. Контур керування вологістю повітря
4. Контур керування загрузкою зерносховища
5. Контур регулювання роботи вентилятора
6. Контур регулювання роботи витяжних вентиляторів

2.3 Опис власних контурів керування системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі

На підставі визначених функціональних завдань розробляємо функціональну схему автоматизації.

Функціональні схеми - це креслення, на яких за допомогою спеціальних символів відображають технологічне обладнання, комунікаційні зв'язки, елементи керування, прилади та засоби автоматизації, а також обчислювальну техніку та інші компоненти, що включені до системи.

На підставі визначених функціональних завдань розробляємо схеми керування системою автоматизації для зберігання зерна в силосі – СУ-01.6.151.18.А2.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.1 Контур керування температурою зерна

До завдань керувального контуру температури зерна входить збір миттєвих показників температури у різних частинах силоса за допомогою термопідвісок, що містять датчики температури. Іншим важливим завданням є подача повітря під певним тиском відповідно до встановленого закону та згідно з вимірюваннями датчиків. Схему керувального контуру температури можна побачити на рис. 2.1.

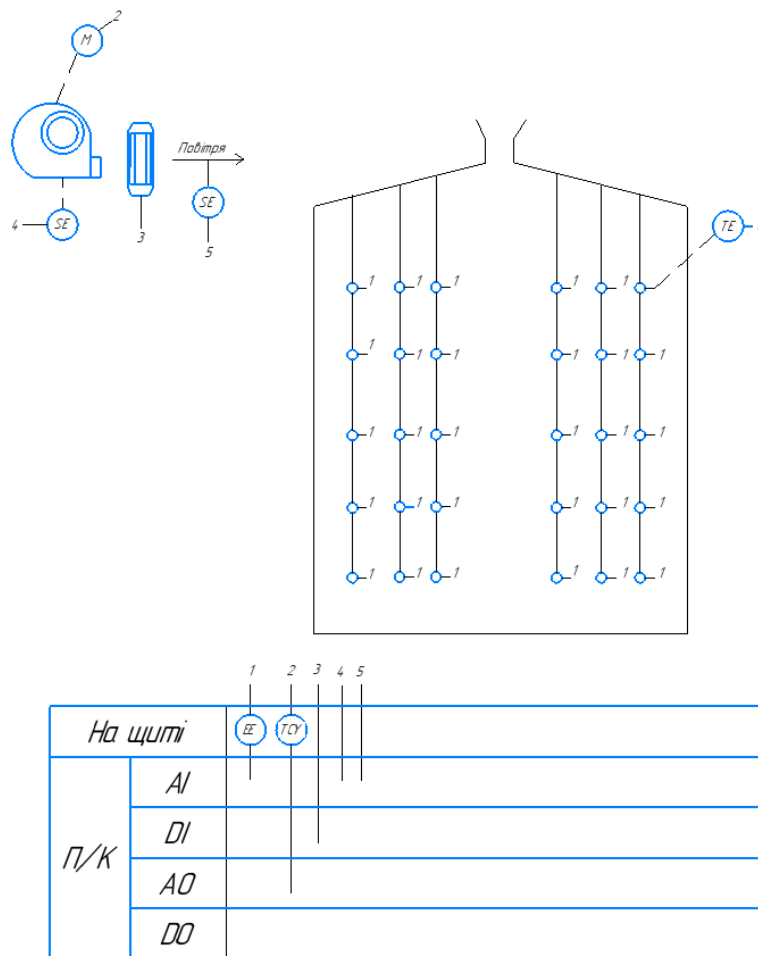
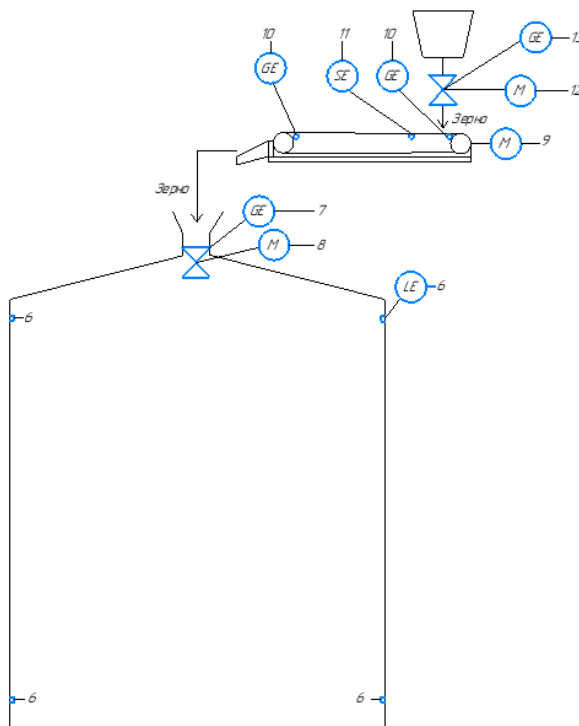


Рисунок 2.1 – Контур керування температурою зерна

2.3.2 Контур регулювання рівня зерна

Контур контролю рівня зернової маси (рис. 2.2) автоматично завершує процес завантаження силоса, коли верхні давачі рівня спрацьовують. Також серед завдань

цього контуру можна відзначити відкриття та закриття клапанів для подачі та завантаження зерна у потрібний час. Ще одна функція цього контуру являє собою контроль роботи транспортера для подачі зерна.



На щиті		6	7	8	9	10	11	12	13
П/К	AI			БСЧ	СЧ				
	DI								
	AO								
	DO								

Рисунок 2.2 – Контур регулювання рівня зерна

2.3.3 Контур керування вологістю повітря

Основна мета контура керування вологістю повітря (рис. 2.3) являє собою отримання миттєвих показників вологості через давачі вологості у верхній частині зернозберігального пристрою та регулювання системи вентиляції для забезпечення вологості допустимим нормам.

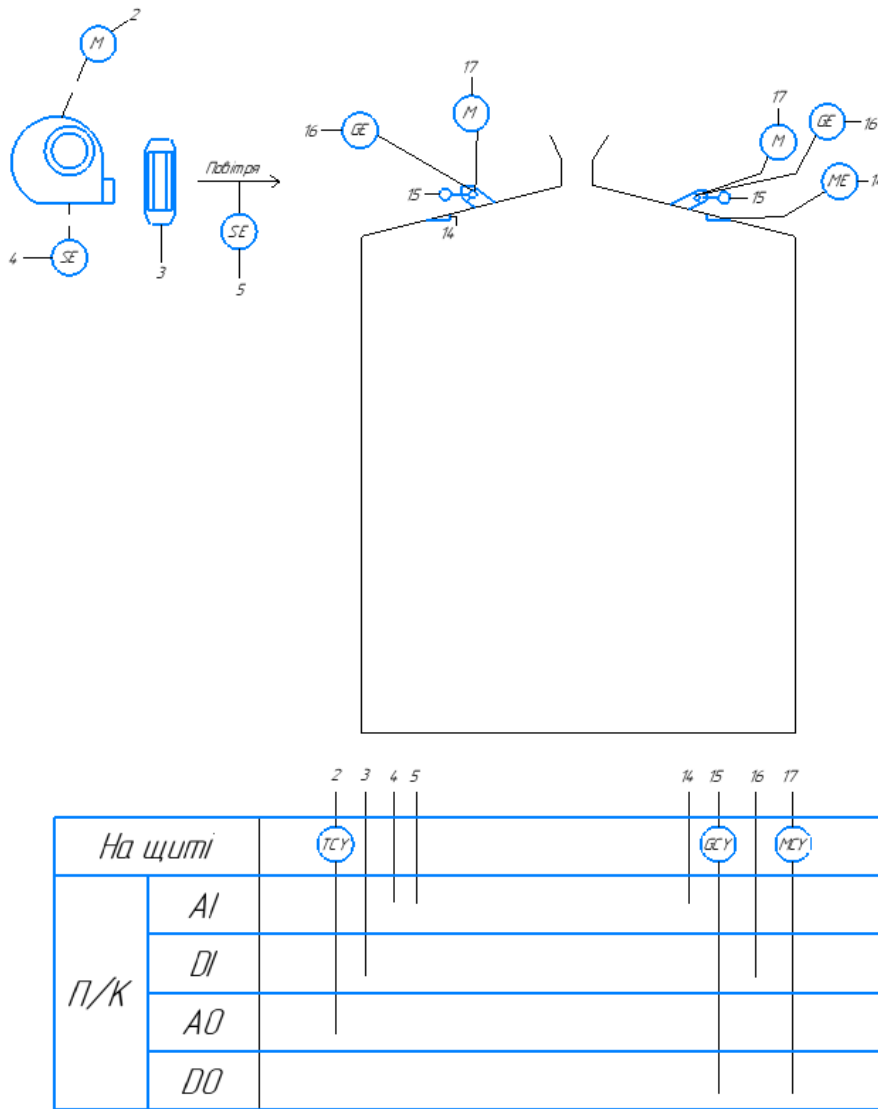
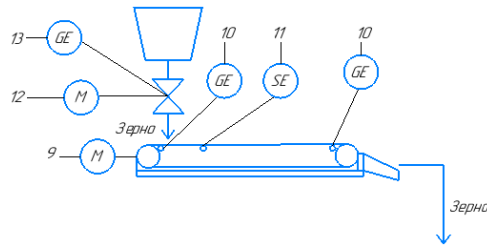


Рисунок 2.3 – Контур вологості повітря

2.3.4 Контур керування завантаженням зерносховища

Мета контура керування завантаженням зерносховища (рис. 2.4) являє собою спостереження за параметрами конвеєра та своєчасне відкривання або закривання заслонок подачі та завантаження зернових мас на основі інформації від датчиків положення положення. До засобів контролю конвеєра входять датчики швидкості та напругу стрічки та пристрій для плавного пуску, який забезпечує поступове прискорення і уповільнення двигуна конвеєра.

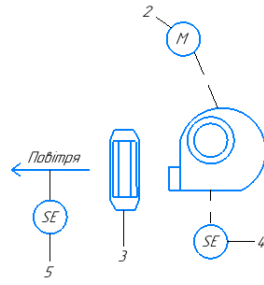


На щиті		9	10	11	12	13
П/К	AI		SCY			
	DI					
	AO					
	DO					

Рисунок 2.4 – Контур керування загрузкою зерносховища

2.3.5 Контур регулювання роботи вентилятора

Серед завдань контуру управління роботою вентилятора можна відмітити зміну частоти обертання, яка впливає на об'єм повітря, що надходить всередину зерносховища, а також моніторинг основних параметрів роботи вентилятора, таких як витрата повітря на виході та частота обертання двигуна. Схема контуру управління роботою вентилятора показана на рисунку 2.5.

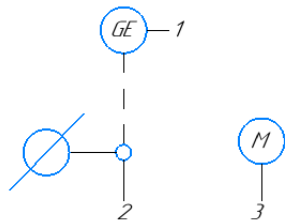


На щиті		2	3	4	5
П/К	AI	TCU			
	DI				
	AO				
	DO				

Рисунок 2.5 – Контур регулювання роботи вентилятора

2.3.6 Контур регулювання роботи витяжних вентиляторів

Завданням контура управління роботою витяжних вентиляторів (зображено на рис. 2.6) є автоматичне включення або вимкнення вентиляторів в залежності від вимірювань датчиків вологості. Крім того, контур відповідає за автоматичне відкриття або закриття шиберних заслонок під час роботи вентиляторів або в їх відсутність, для уникнення непотрібного викиду повітря або захисту від небажаного проникнення повітря всередину зерноскладища.



На щиті		1	2	3
П/К	AI		ГСУ	МСУ
	DI			
	AO			
	DO			

Рисунок 2.6 – Контур регулювання роботи витяжних вентиляторів

2.4 Таблиці вхідних та вихідних сигналів системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі

Після аналізу розроблених схем керування автоматизованою системою зберігання зерна в силосі, а також вивчення відповідних галузевих і державних стандартів для встановлення нормативів контрольованих параметрів у системі, формуємо таблицю вхідних та вихідних сигналів (див. Таблицю 2.1).

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних-вихідних сигналів

№	Назва	Діапазон	Тип сигналу
1	Рівень зерна в силосі	0-1	Дискретний
2	Температура зерна	-55-+125 °С	Аналоговий
3	Вологість повітря в силосі	5-95%	Аналоговий
4	Положення шиберного засува витяжних вентиляторів	0-1	Дискретний
5	Витрата повітря на виході вентилятора	0- 1700м ³ /год	Аналоговий
6	Частота обертів двигуна вентилятора	0-1450об/хв	Аналоговий
7	Зміна положення шиберного засува	0-1	Дискретний
8	Керування витяжними вентиляторам	0-1	Дискретний
9	Керування основним вентилятором	0-1	Дискретний
10	Завдання частоти обертів двигуна основного вентилятора	0-1450об/хв	Аналоговий
11	Положення засуву подачі зерна	0-1	Дискретний
12	Керування засувом подачі зерна	0-1	Дискретний
13	Керування двигуном конвеєра	0-1	Дискретний
14	Сход стрічки конвеєра	0-1	Дискретний
15	Швидкість руху стрічки	0-5 м/с	Аналоговий

РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Підбір контролера для системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зернохосовищі

Був обраний програмований контролер S7-300 від Siemens. Він базується на модульній архітектурі, яка може бути розширена для вирішення сучасних завдань управління. Системи, побудовані на цьому контролері, можуть варіюватися від простих одиночних систем керування (до 448 точок вводу/виводу) до складних розподілених мереж (до 64 000 точок вводу/виводу).

Контролер Siemens, перш за все, характеризується своєю модульною структурою. Кожен контролер містить у собі процесорний модуль та блок живлення. Крім цього, можливо встановлення до 10 інтерфейсних модулів, які вибираються залежно від вимог конкретної системи керування. Кожен інтерфейсний модуль функціонує як самостійний пристрій. Додатково, забезпечується можливість резервування каналів зв'язку у різних комбінаціях, що дозволяє зберегти працездатність системи у разі виникнення несправностей. Інтерфейсні модулі обробляють отриману інформацію із підтримуваних протоколів, перетворюючи її у формат, зрозумілий відповідному драйверу. Драйвери передають отримані дані до загальної бази даних контролера, відомої як "база сигналів". Ця база даних є єдиною для всього контролера і містить однакову інформацію. Далі виконавча система розподіляє цю інформацію між різними драйверами та програмами, дотримуючись встановлених правил перетворення. Інформація, що надходить на вхід драйверів, подається до відповідних апаратних модулів, звідки вона передається зовні у відповідності з встановленими протоколами.

Програмовані контролери Siemens SIMATIC S7-300 характеризуються модульною структурою і включають в себе такі компоненти:

1. Центральний процесорний модуль (CPU), який може бути різних типів залежно від потреби проекту. Вони відрізняються за продуктивністю,

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обсягом пам'яті, наявністю вбудованих входів-виходів, комунікаційних інтерфейсів та іншими параметрами.

2. Блоки живлення (PS), які відповідають за живлення контролера від мережі змінного струму або від джерела постійного струму з різними значеннями напруги.
3. Сигнальні модулі (SM), призначені для введення та виведення сигналів (аналогових та дискретних).
4. Комунікаційні модулі (CP), які дозволяють підключитися до різних мереж.
5. Функціональні модулі (FM), які використовуються для автономного вирішення завдань автоматичного регулювання, позиціонування та обробки сигналів.

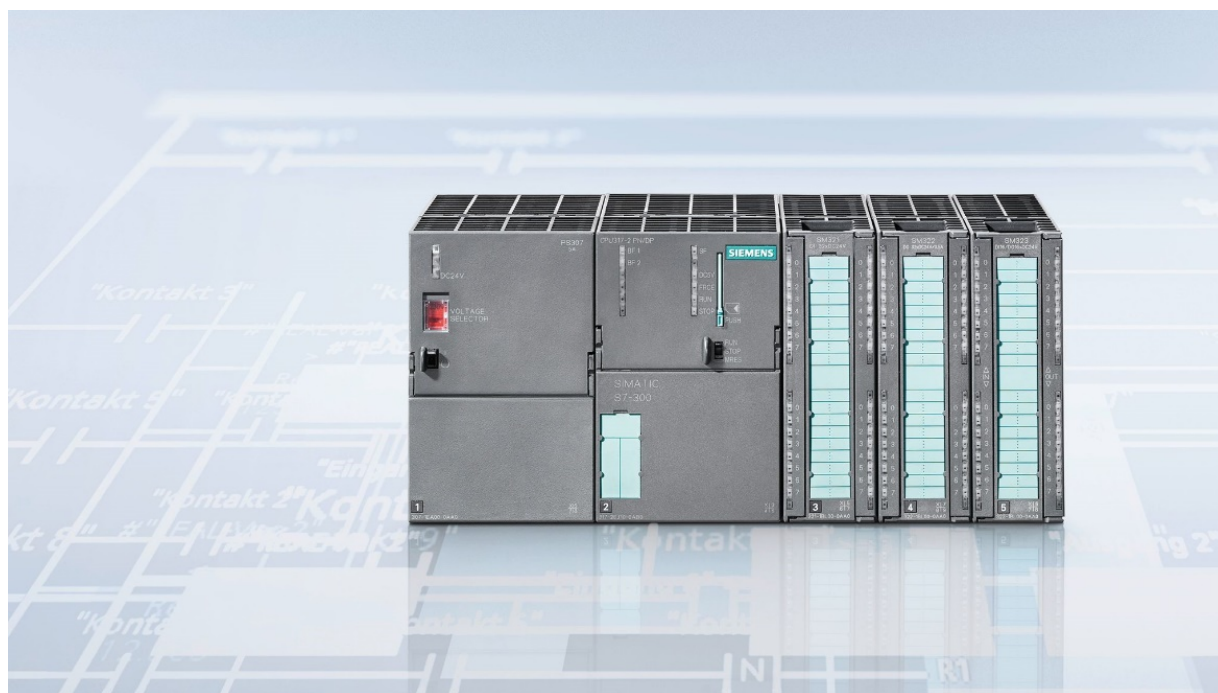


Рисунок 3.1 – SIMATIC S7-300

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Центральний процесор 6ES7315-2EH14-0AB0

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

Характеристики	Значення
Живлення	24В
Споживання струму (номінальне)	750 mA
Споживання струму (режим холостого ходу), тип	150 mA
Номінальний струм увімкнення	2 А
Інтерфейси	
Число інтерфейсів Industrial Ethernet 1; 2 порти (комутатор RJ45)	1
Число інтерфейсів RS 485 1, комбінований MPI/PROFIBUS DP	1
Адресна область	
Входи	2 048 byte
Виходи	2 048 byte
У тому числі децентралізованих	
Входи	2 048 byte
Виходи	2 048 byte

Інтерфейсний модуль

Інтерфейсні модулі використовуються для створення різноманітних конфігурацій контролерів, які складаються з одного базового блоку (CR) і до трьох стійок розширення (ER). З'єднання між стійками здійснюється за допомогою таких інтерфейсних модулів:

1. ІМ 365: для підключення однієї стійки розширення до базового блоку. В стійці розширення може бути встановлено до 8 модулів.
2. Інтерфейсні модулі ІМ 360 / ІМ 361 і ІМ 365 дозволяють створювати різні конфігурації контролерів S7-300 (починаючи від CPU 313C, CPU 314 і вище), в яких модулі введення-виведення розташовуються як у базовому блоку, так і у стійках розширення.

Був обраний інтерфейсний модуль ІМ 361

Сигнальні модулі

Був обраний сигнальний модуль SM 332-5NB01 з 4 виходами.

Промисловий комп'ютер

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

Промисловий комп'ютер (ПК) – це комп'ютер, призначений для забезпечення роботи всіх програмних засобів у промислових технологічних процесах на підприємствах. Оскільки ПК зазвичай працюють у складних умовах, їх корпуси повинні бути захищені від зовнішніх впливів, таких як:

- підвищена вібрація та удари;
- різкі перепади температур навколишнього середовища;
- підвищена вологість, взаємодія з водою, пил.
- Таблиця 3.5 – Технічні характеристики ПК SIMATIC IPC647E

Характеристика	Значення
Інтерфейси	3 x LAN 10/100/1000 Mbit/s Ethernet interface. 4x USB3.1 Gen2 (Type A), 2x USB3.1 Gen2 (Type C) на задній панелі; 2 порти USB3.1 Gen1 (тип A) на передній панелі; 1 вбудований порт USB3.1 Gen2 (тип A); 1x внутрішній слот M.2;
Процесори	Core i5-8500 (6C/6T, 3,0 (4,1) ГГц, 9 МБ кеш-пам'яті, ТБ, АМТ); Плата 4 слоти: 2x PCIe x16 (8), 1x PCIe x16 (4), 1x PCIe x16 (1);
Оперативна пам'ять	16 ГБ DDR4 SDRAM (2x 8 ГБ), двоканальний
Розширення графіки	PCI-Express графічна карта x16, (з підтримкою двох моніторів: 2 x VGA або 2 x DVI-D з адаптером), 256 МБ, дозвіл до 2048 x 1536 пікселів, 75 Гц, 32-бітний колір; - Адаптер для кабелю (DVI-I в VGA) для вбудованого графічного інтерфейсу (1 x VGA) для підключення монітора з аналоговим входом.
Накопичувачі	1 TB HDD 3.5" SATA
ОС	Windows 10 Enterprise 2016 LTSC, Multi Language (En, De, Fr, It, Sp), 64 bit [for Core i3/i5]

3.2 Підбір давачів системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерноскладі

3.2.1 Рівнемір

Промислові рівнеміри – це пристрої, призначені для безперервного вимірювання рівня рідин, сипучих матеріалів або твердих речовин у резервуарах, силосах та інших ємностях. Вони відіграють ключову роль у автоматизації виробничих процесів, забезпечуючи точний контроль і управління рівнем матеріалів. Завдяки використанню різних технологій, таких як ультразвукові, радарні, ємнісні або гідростатичні методи, рівнеміри здатні надійно працювати в різних умовах, включаючи високі температури, агресивні середовища та високу запиленість.

Сучасні промислові рівнеміри забезпечують високу точність вимірювань і можуть передавати дані в реальному часі до систем управління підприємствами. Це дозволяє оперативно реагувати на зміну рівня матеріалів, запобігаючи аварійним ситуаціям і забезпечуючи безперебійний виробничий процес. Окрім того, такі пристрої часто мають функції самодіагностики та автоматичного калібрування, що спрощує їх обслуговування та знижує експлуатаційні витрати. Використання промислових рівнемірів є важливим аспектом для підвищення ефективності та безпеки виробництва в різних галузях промисловості.

Був обраний давач рівня ILTC0.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 – ILTC0

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики ILTC0

Напруга живлення, В	115/230
Вживана потужність, Вт	3
Мінімальник струм контактів, А	2
Температура навколишнього середовища, °С	-20...+70
Температура вимірюваного середовища, °С	-20...+80
Клас захисту	IP66

3.2.2 Вологомір

Давачі вологості серії призначені для вимірювання вологості в промислових і технологічних приміщеннях та установках. Для цього підійде ПВТ100.



Рисунок 3.3 – ПВТ100

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики ПВТ100

Напруга живлення, В	24
Вживана потужність, Вт	1,1
Діапазон виміру вологості, RH	0-95 %
Похибка, %	3
Діапазон виміру температури, °С	-35...+80
Похибка, °С	0,4
Клас захисту	IP65

3.2.3 Термопідвіска

За дизайном, термопідвіска нагадує гладкий кабель з закріпленнями на обох кінцях. Вона складається з оболонки з поліетилену, де розташовані сталеві дроти, що несуть навантаження, покриті поліетиленовою трубкою. У середині цієї трубки розміщений шлейф, в якому розташовані цифрові датчики температури DS18B20 від компанії Maxim Integrated. Кількість таких датчиків у термопідвісці може коливатися від 1 до 24, залежно від розміру та цільового призначення. Для інтеграції термопідвісок у систему автоматизації використовується електронний

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

блок БИТ-12Д-24, який може об'єднати до 24 таких термопідвісок ТП-ДС. Цей блок живиться напругою 24 В.



Рисунок 3.4 – Термопідвіска ДП-ДС

Таблиця 3.5 – ДП-ДС

Роздільна здатність	0,1°C
Похибка вимірювання	1,5%
Діапазон вимірювань	-40 до +100 °С
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.

Давачі аварійного сходу стрічки серії ДКСЛ-Н-03 призначені для моніторингу аварійного спрацювання конвеєрної стрічки у будь-якому напрямку та передачі відповідного сигналу (через замикання або відмикання електричного кола) до системи дистанційного або автоматичного управління на різних типах стрічкових конвеєрів.



Рисунок 3.5 – ДКСЛ-Н-03

Таблиця 3.6 – ДКСЛ-Н-03

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

3.2.5 Давач наближення

Безконтактний індуктивний вимикач - це сенсорний пристрій, який використовується для виявлення наявності металевих об'єктів у своєму робочому полі без прямого контакту з ними. Цей тип вимикачів широко використовується у промислових та автоматизованих системах, де необхідно виявляти рух або наявність об'єктів з високою швидкістю і точністю.

Індуктивні вимикачі базуються на принципі електромагнітної індукції: коли металевий об'єкт з'являється у зоні дії вимикача, відбувається зміна індуктивності обмотки, що призводить до зміни вихідного сигналу. Цей сигнал потім може бути використаний для виконання різних функцій, таких як активація пристроїв, сигналізація або реєстрація подій. Безконтактні індуктивні вимикачі відрізняються високою надійністю, довговічністю та можливістю роботи в умовах

високих температур, вологості та забруднення. Вони широко застосовуються у виробництві автомобілів, машинобудуванні, металообробці та інших галузях промисловості.

Був обраний давач LJ12A3-4-Z-CY.



Рисунок 3.6 – LJ12A3-4-Z-CY

Таблиця 3.7 – LJ12A3-4-Z-CY

Напруга живлення, В	6-36
Тип виходу	PNP
Відстань спрацювання, мм	4
Частота спрацювання, Гц	10-55

3.2.6 Давач швидкості обертання

Датчик швидкості серії GEL 2472 з високою завадостійкістю, забезпечує надійну роботу навіть за несприятливих умов експлуатації. Датчик вміщує в себе дві незалежні вимірювальні системи в одному корпусі - запобігання прослизанню колеса і контроль тяги. Ця конфігурація також дає змогу використовувати різну напругу для живлення.



Рисунок 3.7 – GEL 2472

Таблиця 3.8 – GEL 2472

Діапазон вимірювань, кГц	0-25
Напруга живлення, В	10-20
Температурний діапазон, °С	-40...+120
Клас захисту	IP68
Вихідний сигнал, мА	4-20

3.2.7 Давач швидкості транспортної стрічки

Був обраний давач ДСТЛ-002. Датчик швидкості транспортної стрічки використовується для вимірювання швидкості руху конвеєрів. Його робочий принцип полягає у вимірюванні частоти обертання колеса, яке притиснуто до стрічки. Рух колеса призводить до генерації імпульсу в індуктивному датчику за рахунок переміщення елементів з феромагнітного матеріалу.



Рисунок 3.8 – ДСТЛ–002

Таблиця 3.9 – ДСТЛ–002

Напруга номінальна, В	24
I_{max} , мА	200
Температура навколишнього середовища, °С	-25...+70
Межа швидкості, м/с	7

3.2.8 Давач керування шибєрним засувом

Давач керування шибєрним засувом - це пристрій, який використовується для автоматизованого керування відкриттям і закриттям шибєрних засувів у промислових системах. Цей тип давачів дозволяє точно контролювати положення засува та забезпечує його відкриття або закриття відповідно до заданих параметрів. Давачі керування шибєрними засувами зазвичай використовуються в системах вентиляції, кондиціонування повітря, технологічних процесах та інших галузях промисловості, де необхідно точно регулювати потік рідин або газів. Вони

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

можуть бути підключені до автоматичних систем керування, що дозволяє забезпечити автоматичне управління засувами в залежності від рівня, температури, тиску або інших параметрів середовища. Давачі керування шибєрними засувами допомагають забезпечити ефективну роботу промислових процесів, зменшуючи людський вплив та підвищуючи автоматизацію виробництва.

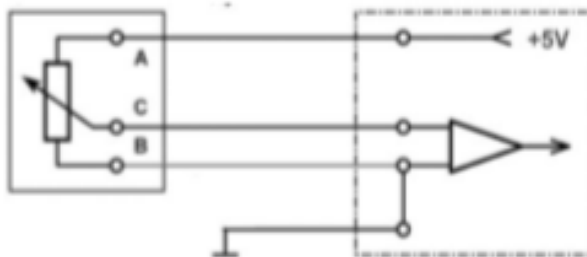


Рисунок 3.9 – Схема підключення давача положення шибєрного засуву

3.2.9 Давач витрати повітря

Був обраний занурювальний давач витрати Schmidt SS20.260.

Завдяки діапазону вимірювання до 60 м/с і лінійному вихідному сигналу він є універсальним датчиком для вимірювання швидкості потоку, об'ємної або масової витрати в атмосферних умовах. Чутливий елемент добре захищений від механічних впливів ударостійкою головкою камери. За допомогою двох світлодіодів датчик показує, чи достатня напруга живлення і чи працює він належним чином.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.10 – Schmidt SS20.260

Таблиця 3.10 – Schmidt SS20.260

Напруга живлення, В	24
Температурний діапазон, °С	-30...+120
Клас захисту	IP65
Вихідний сигнал, мА	4-20

3.3 Підбір виконавчих механізмів системи автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі

3.3.1 Вентилятор

Вентилятор є ключовим компонентом вентиляційної системи. У зернових бункерах переважно використовують радіальні вентилятори низького тиску.

У нашому проекті був обраний вентилятор ВЦ 4-76-8, який відповідає вимогам ТУ У 29.2-41569120-01-2017. Цей вентилятор застосовується на елеваторах і хлібоприймальних підприємствах 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/м³.



Рисунок 3.11 – Вентилятор ВЦ 4-76-8

Даний вентилятор обладнаний асинхронним двигуном АИР160S6.

Таблиця 3.11 – ВЦ 4-76-8 із двигуном АИР160S6

Тип	Асинхронний
Максимальна температура робочої середи, °C	160
Діаметр робочого колеса, мм	800
Продуктивність, м ³ /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 в зерносховищах і на елеваторах. Вони ефективно видаляють легкозаймисті частки, такі як зерновий пил і сміття, запобігаючи їх накопиченню та зменшуючи ризик пожеж або вибухів. Крім того, ці вентилятори допомагають підтримувати оптимальні умови зберігання зерна, знижуючи рівень вологості та забезпечуючи циркуляцію повітря. Це запобігає розвитку цвілі та сприяє збереженню якості зерна протягом тривалого часу. Використання витяжних вентиляторів є невід'ємною частиною сучасних технологій, що підвищують ефективність і безпеку аграрного виробництва.

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



Рисунок 3.12 – Вентилятор ВЦ 6-46-8

Даний вентилятор обладнаний асинхронним двигуном АИР160S6.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

3.3.3 Повітронагрівач

Повітронагрівачі промислового призначення грають ключову роль у зерносховищах, забезпечуючи оптимальні умови для зберігання та обробки зернових культур. Ці пристрої призначені для нагріву повітря, яке потім використовується для сушіння зерна або підтримання необхідної температури у сховищі. Вони зазвичай встановлюються в систему вентиляції зерносховища та працюють разом з вентиляторами, які забезпечують циркуляцію повітря.

Повітронагрівачі можуть мати різні потужності та можуть бути обладнані різними системами керування, що дозволяє регулювати температуру та інтенсивність нагріву зерна в залежності від його потреб. Вони забезпечують надійний та ефективний процес сушіння та зберігання зерна, допомагаючи підтримувати його якість та відповідати стандартам безпеки і якості.

В нашій системі буде використовуватися Електрокалорифер С-EVN-9050-90.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.13 – Електрокалорифер С-EVN-9050-90

Таблиця 3.13 – Електрокалорифер С-EVN-9050-90

Потужність, кВт	90
Напруга мережі, В	380-400
Максимальна напруга на виході, °С	40
Напруга живлення, В	220
Клас захисту	IP40
Продуктивність, м ³ /год	2500

3.3.4 Шиберний засув

Шиберні засуви - це рухомі механізми, які використовуються для регулювання потоку рідини, газу або твердих матеріалів в промислових системах. Вони можуть бути встановлені у трубопроводах або на вентиляційних каналах, де їх використовують для відкриття та закриття шляху потоку відповідно до потреб системи. Шиберні засуви мають рухомі частини, які можуть бути рухомі вручну або автоматично за допомогою приводів, що керуються сигналами з систем керування.



Рисунок 3.14 – Вентс КРВ 550

Таблиця 3.14 – Вентс КРВ 550

Тип	Асинхронний
Країна виробник	Україна
Діаметр, мм	550
Матеріал	Оцинкована сталь

3.3.5 Однооборотний електричний виконавчий механізм

Механізми однооборотного електричного виконавчого механізму (МЕО) відіграють ключову роль у великій кількості промислових та автоматизованих систем. Ці механізми дозволяють здійснювати рух лише в одному напрямку, а при досягненні певного положення виконати певні дії, такі як відкриття або закриття клапанів, вимикачів або інших пристроїв.

МЕО зазвичай використовуються в автоматизованих системах, де потрібно забезпечити точне та надійне керування рухом. Вони можуть бути використані в різних галузях промисловості, від виробництва до транспортування, де керування рухом важливо для досягнення ефективності та безпеки.

Був обраний МЕО 250/63-0,25

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.15 – МЕО 250/63-0,25

Таблиця 3.15 – МЕО 250/63-0,25

Крутний момент, Н*м	250
Час повного ходу, с	63
Доля повного оберту	0,25
Живлення, В	220
Потужність, Вт	110

3.3.6 Заслонка рейкова

Для регулювання рівня в силосі використовуються рейкові заслінки УЗР-400. Ці заслінки можуть бути оснащені різними типами двигунів з редукторами, а також опціонально комплектуються аналоговим або дискретним датчиком положення заслінки.

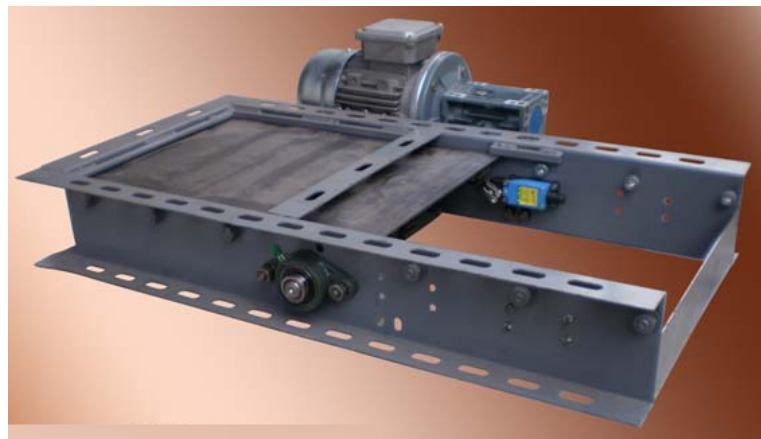


Рисунок 3.16 – Рейкова заслонка УЗР-400

Таблиця 3.16 – ВЦ 6-46-8 із двигуном АИР160S6

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

3.3.7 Пристрій плавного пуску

Пристрої плавного пуску відіграють ключову роль у промислових системах, де потужні електродвигуни потребують плавного і поступового розгону для запобігання раптовим стрибкам в обертах та перевантаженням електричної мережі. Ці пристрої забезпечують поступове збільшення напруги та струму, що подаються до електродвигуна під час його запуску, зменшуючи тим самим величину струму, яка потрібна для старту. Це дозволяє зменшити механічний стрес на обладнання та підвищити тривалість його роботи, а також покращує загальну ефективність системи. Пристрої плавного пуску знаходять широке застосування у різноманітних виробничих процесах, від насосних станцій і конвеєрних систем до компресорів і вентиляційного обладнання.



Рисунок 3.17 – SIEMENS SIRIUS 3RW30 14-1BB14

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 3.17 – SIEMENS SIRIUS 3RW30 14-1BB14

Напруга живлення, В	110-230
Номинальний струм, А	6,5
Фазність	3
Температура навколишнього середовища, °С	-25...+60

3.3.8 Частотний перетворювач



Рисунок 3.18 – Siemens Sinamics G120

Таблиця 3.18 – Siemens Sinamics G120

Напруга живлення, В	200-240
Потужність, Вт	0,55-30, 11-55
Вихідна частота, Гц	0-550
Ступінь захисту	IP55
Робоча температура, °С	-10...+40
Максимальна вологість повітря, %	95
Входи	4
Виходи цифрові	7
Виходи аналогові	4

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні правила безпеки

1. Використання захисного спорядження: Всі працівники повинні носити захисний одяг, включаючи каски, захисні окуляри, взуття з захисними металевими носками та інші засоби захисту, які необхідні для їхньої безпеки.
2. Інструктаж та навчання: Усі працівники повинні пройти обов'язковий навчальний курс щодо правильного використання обладнання та процедур безпеки на робочому місці. Це включає ознайомлення з правилами експлуатації машин, процедурами евакуації в разі аварії та навчання з першої медичної допомоги.
3. Попередження про небезпеку: Всі небезпечні зони та області повинні бути чітко позначені та обладнані відповідною сигналізацією. Працівники повинні бути попереджені про потенційні ризики та небезпеку роботи з обладнанням для транспортування та сушки зернових.
4. Регулярна інспекція та обслуговування обладнання: Обладнання повинно регулярно перевірятися, обслуговуватися та підтримуватися в належному робочому стані. Це допоможе уникнути можливих аварій або поломок, які можуть загрожувати безпеці працівників.
5. Дотримання правил пожежної безпеки: На підприємстві повинні бути встановлені інструкції з пожежної безпеки, включаючи правила щодо обробки та зберігання зерна, використання електрообладнання та процедури евакуації в разі пожежі.
6. Вентиляція та освітлення: Забезпечення належної вентиляції та освітлення на робочих місцях є важливим для забезпечення комфортних та безпечних умов праці. Вентиляційні системи повинні забезпечувати відведення шкідливих газів та випарів, а також забезпечувати свіже повітря на робочих

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

місцях. Освітлення повинно бути достатнім та рівномірним, щоб уникнути травм та неправильного виконання робіт через погану видимість.

7. Контроль за робочими процесами: Працівники повинні дотримуватися інструкцій та правил безпеки під час роботи з обладнанням для транспортування та сушки зернових. Необхідно уникати неправильного використання обладнання та дотримуватися всіх вимог щодо безпеки та техніки безпеки при роботі.
8. Підготовка до надзвичайних ситуацій: Процедури надзвичайних ситуацій, включаючи пожежу, аварію чи інші небезпечні ситуації, повинні бути ретельно розроблені та вивчені всім працівникам. Необхідно проводити навчання з евакуації та надання першої допомоги, а також мати на місці необхідне обладнання для боротьби з пожежею та іншими надзвичайними ситуаціями.
9. Підтримка безпеки на робочому місці: Постійна увага до питань безпеки та регулярна оцінка ризиків допоможуть уникнути можливих травм та інцидентів на робочому місці. Працівники повинні бути заохочені повідомляти про будь-які проблеми або небезпечні умови, що можуть виникнути під час роботи.
10. Особистий захист: Всі працівники повинні користуватися відповідним особистим захистом, таким як захисні каски, респіратори, окуляри та інші засоби захисту від можливих небезпек. Необхідно регулярно перевіряти стан і ефективність захисного обладнання та забезпечувати його вчасну заміну у разі потреби.
11. Підготовка та навчання: Всі працівники повинні проходити регулярне навчання та інструктажі з питань безпеки на роботі, включаючи користування обладнанням, процедури надзвичайних ситуацій та правила безпеки. Нові працівники повинні отримати вичерпну підготовку до роботи з обладнанням та процедурами, перш ніж розпочати виконання будь-яких завдань.

					<i>СУ-01 6.151.18.ПЗ</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Система внутрішнього контролю: Підприємство повинно мати систему внутрішнього контролю, що передбачає регулярну перевірку обладнання, процедур та умов роботи з метою виявлення потенційних проблем та їх вчасного усунення. Відповідальність за проведення контролю та вжиття відповідних заходів лежить на керівництві та всіх працівниках підприємства.
13. Екстрені випадки та пожежна безпека: Усі працівники повинні бути ознайомлені з процедурами дій у разі виникнення пожежі або інших надзвичайних ситуацій. На кожному робочому місці мають бути встановлені вогнегасники та інші засоби для тушіння пожежі, а також вказівки щодо їх використання. План евакуації повинен бути чітко виділений та регулярно відновлюватися.
14. Правила транспортування: Всі працівники, які займаються транспортуванням зернових культур, повинні дотримуватися правил безпеки на дорозі та процедур вантажування та розвантаження. Транспортні засоби повинні бути належно обладнані та підтримуватися у належному технічному стані.
15. Дотримання вимог техніки безпеки: Усе обладнання та технологічні процеси повинні відповідати встановленим нормам безпеки та бути періодично перевірені на відповідність. Будь-які відхилення в роботі обладнання або процесів повинні негайно виявлятися та усуватися.
16. Заходи проти впливу навколишнього середовища: При роботі з зерном та його переробкою слід дотримуватися заходів для запобігання забрудненню навколишнього середовища, включаючи викиди в атмосферу та водойми. Всі відходи повинні бути правильно видалені та перероблені відповідно до вимог законодавства.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Правила безпеки під час роботи в зерносховищі

1. Використання захисного спорядження: Працівники повинні надягати захисний одяг, включаючи головні та захисні візири, спеціальні костюми, рукавиці та взуття. Це допоможе запобігти потенційним пошкодженням від різних матеріалів та обладнання, а також від пилу та інших забруднень.
2. Правильне вентиляювання: В силосі повинна бути належна система вентиляції для забезпечення свіжого повітря та видалення шкідливих газів або пилу. Працівники повинні бути ознайомлені з принципами роботи системи вентиляції та процедурами в разі її неправильної роботи.
3. Обмеження часу перебування в силосі: Працівники повинні обмежувати час, який вони проводять в силосі, особливо в умовах високої вологості або температури. Довготривала експозиція в цих умовах може призвести до негативних наслідків для здоров'я, включаючи тепловий удар або проблеми з диханням.
4. Особиста гігієна: Працівники повинні дотримуватися правил особистої гігієни, зокрема, після роботи в силосі обов'язково мити руки та обличчя, щоб уникнути забруднення.
5. Освітлення та безпека руху: Силоси повинні бути належно освітлені, щоб уникнути травм та інших нещасних випадків. Крім того, працівники повинні дотримуватися правил безпеки руху та уникати зайвих ризиків.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5 SCADA СИСТЕМА ЗЕРНОСХОВИЩА

5.1 Поняття SCADA

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) - це комплекс апаратних та програмних засобів, призначених для автоматизованого управління технологічними процесами. SCADA-системи широко використовуються в різних галузях промисловості, включаючи енергетику, нафтохімію, виробництво, водопостачання та зерносховища.

Основні компоненти SCADA-систем:

1. Периферійні пристрої (RTU та PLC):
 - RTU (Remote Terminal Units): Віддалені термінальні пристрої, що збирають дані з датчиків та інших пристроїв, а також відправляють керуючі команди.
 - PLC (Programmable Logic Controllers): Програмовані логічні контролери, що керують технологічним процесом на місці. Вони виконують функції обробки даних і передають інформацію до центральної SCADA-системи.
2. Комунікаційні мережі: Використовуються для передачі даних між RTU/PLC і центральною системою SCADA. Це можуть бути локальні мережі (LAN), широкомасштабні мережі (WAN), радіоканали або мобільні мережі.
3. Центральний сервер: Основний комп'ютер або сервер, на якому працює програмне забезпечення SCADA. Сервер обробляє дані, що надходять від RTU/PLC, зберігає їх і надає доступ до цих даних операторам.
4. Людино-машинний інтерфейс (HMI): Програмний інтерфейс, через який оператори можуть контролювати та керувати технологічним процесом. HMI дозволяє візуалізувати процес, аналізувати дані та приймати рішення.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функції SCADA-систем:

1. Моніторинг та збір даних: SCADA-система постійно збирає дані з датчиків і контролерів, зберігає їх у базі даних та відображає у реальному часі. Це дозволяє операторам мати повну картину про стан технологічного процесу.
2. Контроль та керування: Оператори можуть керувати обладнанням та процесами через SCADA-систему. Наприклад, можна дистанційно запускати або зупиняти машини, регулювати параметри та змінювати налаштування.
3. Аналіз та звітність: SCADA-системи мають інструменти для аналізу даних і створення звітів. Це допомагає у виявленні тенденцій, аномалій та можливих проблем у роботі системи.
4. Оповіщення та аварійні сигнали: Система може автоматично оповіщати операторів про аварійні ситуації або відхилення від нормальних параметрів роботи, що дозволяє швидко реагувати на проблеми.

Переваги використання SCADA-систем

1. Підвищення ефективності: Автоматизація процесів і зменшення необхідності в ручному втручанні підвищують загальну ефективність роботи підприємства.
2. Покращення безпеки: Постійний моніторинг і швидке реагування на аварійні ситуації підвищують безпеку виробництва.
3. Зниження витрат: Оптимізація процесів і зниження потреби в фізичній присутності операторів зменшують операційні витрати.
4. Покращення якості продукції: Точний контроль над параметрами технологічного процесу забезпечує стабільну якість продукції.

SCADA-системи є критично важливими для сучасних промислових підприємств, забезпечуючи автоматизований контроль і управління, що сприяє підвищенню продуктивності та безпеки.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						58
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 своєї системи я обрав Ignition by Inductive Automation. Чому обрано Ignition by Inductive Automation? Ignition by Inductive Automation є одним з найбільш інноваційних та гнучких рішень у світі SCADA-систем. Цей вибір обґрунтовано наступними причинами:

1. Масштабованість: Ignition може працювати з будь-якою кількістю тегів, пристроїв та користувачів, що робить його ідеальним рішенням як для малих підприємств, так і для великих корпорацій. Це забезпечує можливість розширення системи без необхідності значних змін в архітектурі.
2. Кросплатформеність: Програмне забезпечення працює на різних операційних системах, включаючи Windows, macOS та Linux. Це дозволяє використовувати Ignition на різноманітних апаратних платформах та інтегрувати його в існуючу IT-інфраструктуру підприємства.
3. Веб-інтерфейс: Усі конфігурації та моніторинг здійснюються через веб-інтерфейс, що дозволяє отримувати доступ до системи з будь-якого місця. Це значно спрощує управління та контроль за процесами, особливо для розподілених підприємств.
4. Модульність: Ignition складається з багатьох модулів, які можна додавати за потреби. Це включає в себе модулі для зв'язку з різними протоколами (OPC, MQTT, Modbus тощо), візуалізації, аналітики, управління тривогами і багато

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

іншого. Такий підхід дозволяє налаштувати систему під специфічні вимоги кожного підприємства.

5. Відкриті стандарти: Використання відкритих стандартів і протоколів дозволяє легко інтегрувати Ignition з іншими системами та пристроями, забезпечуючи гнучкість та можливість розширення функціональності.
6. Безпека: Ignition має потужні інструменти для управління доступом і забезпечення безпеки даних, що є критично важливим для промислових систем.

Отже, Ignition by Inductive Automation є сучасним, масштабованим та гнучким рішенням для SCADA-систем, яке пропонує широкі можливості для моніторингу та управління промисловими процесами. Завдяки своїй модульності, кросплатформенності та веб-інтерфейсу, Ignition може бути легко адаптований під специфічні потреби будь-якого підприємства, забезпечуючи високу ефективність і надійність.

5.3 SCADA система керування зерносховищем

Була розроблена SCADA-система керування зерносховищем.

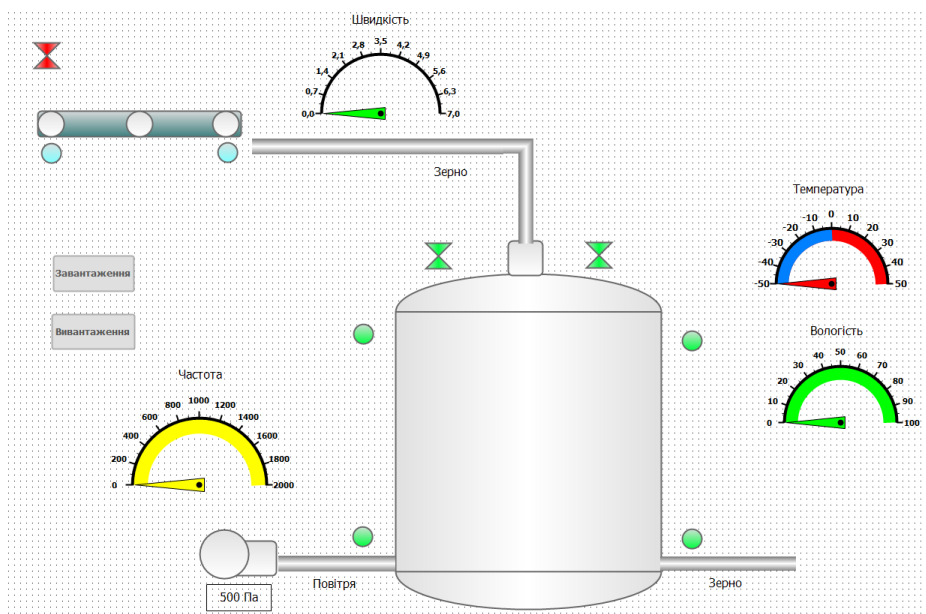


Рисунок 5.1 – Мнемосхема

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВКИ

У рамках дипломного проекту була розроблена система автоматизації транспортування та сушки зернових культур в зерносховищі. Виконано аналіз об'єкта, включаючи область застосування, призначення та характеристики. Проведено огляд і порівняння існуючих систем зберігання зернових культур, а також детально описано та проаналізовано структуру розробленого об'єкту.

Шляхом аналізу технологічного процесу була створена схема інформаційно-матеріальних потоків, за допомогою якої було розроблено функціональну схему автоматизації. Окремі контури керування були детально розглянуті, а також були складені таблиці вхідних та вихідних сигналів.

Для реалізації системи автоматизації були обрані відповідні технічні засоби, такі як датчики, виконавчі механізми та контролер. Також були описані правила безпеки, які потрібно дотримуватися при роботі з системою.

Отримані результати можуть бути використані для створення аналогічних систем або для модернізації вже існуючих систем зберігання зернових культур.

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Temesgen Belay Tedla, Joe Joe L. Bovas, Yonas Berhane, Maxim Nikolaevich Davydkin, Shaji James P. Automated Granary Monitoring And Controlling System Suitable For The Sub-Saharan Region. 2019. INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 8, ISSUE 12, DECEMBER 2019
2. Bhardwaj, S., & Sharma, R. (2020). The challenges of grain storage: A review. International Journal of Farm Sciences, 10(2), 18.
3. Soares, C., et al. (2020) Use of IoT to Real-Time Monitoring of Storage Silo and Ozone Gas Fungal Decontamination Strategy. International Journal of Computers and Applications, 175, 1-7
4. Aidai 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
5. 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 (использовано у Y)
6. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. – К. : Аграрна освіта, 2014. – 393 с
7. 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.
8. 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

					СУ-01 6.151.18.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Rodrigues, D.M.; Coradi, P.C.; Timm, N.d.S.; Fornari, M.; Grellmann, P.; Amado, T.J.C.; Teodoro, P.E.; Teodoro, L.P.R.; Baio, F.H.R.; Chiomento, J.L.T. Applying Remote Sensing, Sensors, and Computational Techniques to Sustainable Agriculture: From Grain Production to Post-Harvest. *Agriculture* 2024, 14, 161.
10. Dyck, G.; Hawley, E.; Hildebrand, K.; Paliwal, J. Digital Twins: A novel traceability concept for post-harvest handling. *Smart Agric. Technol.* 2023, 3, 100079.
11. 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
12. 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.
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

