

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

КОЗУБАЛЬ Назар Тарасович

**Автоматизована система керування елеватором / Automated
elevator control system**

спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТ – 42/1
Н.Т. Козубаль

Науковий керівник
д.т.н., професор, Н.Я. Возна

Кваліфікаційну роботу допущено
до захисту:

«____» _____ 2026 р.

Завідувач кафедри

_____ А.І.Сегін

ТЕРНОПІЛЬ – 2026

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "бакалавр"

Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри СКС

_____ А.І.Сегін
“ _____ ” _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

КОЗУБАЛЮ Назару Тарасовичу

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи

Автоматизована система керування елеватором / Automated elevator control
system

керівник роботи д.т.н., професор, Н.Я. Возна

затверджені наказом по університету від 24.04.2026р №266

2. Строк подання студентом закінченої випускної кваліфікаційної роботи:
10.05.2026р.

3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи:

1. Технологічний процес роботи елеваторного комплексу

2. Засоби контролю та виконавчі механізми автоматизованої системи
керування

3. Програмовані логічні контролери, HMI/SCADA-системи та засоби
автоматизації технологічних процесів

4. Основні питання, які потрібно розробити:

1. Аналіз технологічного процесу роботи елеватора та існуючих систем
автоматизації

2. Розроблення структури автоматизованої системи керування
елеватором

3. Розроблення програмного забезпечення PLC-контролера та HMI/SCADA
інтерфейсу оператора

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

1. Структурна схема автоматизованої системи керування елеватором
2. Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи
3. Мнемосхема HMI/SCADA інтерфейсу оператора

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Возна Н.Я.		
	Возна Н.Я.		
	Возна Н.Я.		

7. Дата видачі завдання 01 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу роботи елеватора та існуючих систем автоматизації	01.12.2025р. – 15.01.2026р.	
2	Розроблення структурної та функціональної схем системи керування елеватором	16.02.2026р. – 15.03.2026р.	
3	Розроблення програмного забезпечення PLC-контролера та HMI/SCADA системи	16.01.2026р. – 30.04.2026р.	
4	Остаточне оформлення та подача кваліфікаційної роботи на перевірку щодо плагіату	01.05.2026 – 25.05.2026	

Студент

(підпис)

Козубаль Н.Т.

Керівник роботи

(підпис)

д.т.н., професор, Н.Я. Возна

АНОТАЦІЯ

Козубаль Н.Т. Розроблення автоматизованої системи керування елеватором. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2026.

У роботі розглянуто процес розроблення автоматизованої системи керування елеватором. Проведено аналіз технологічних процесів елеваторного комплексу та сучасних систем автоматизації. Розроблено структуру системи керування на базі PLC-контролера Siemens S7-1200 та SCADA/HMI системи.

Виконано вибір технічних засобів автоматизації, розроблено алгоритм роботи системи та програмне забезпечення PLC-контролера. Проведено моделювання системи автоматичного контролю температури зерна у середовищі MATLAB Simulink.

У роботі також розглянуто питання охорони праці, електробезпеки та безпечної експлуатації обладнання елеватора. Запропонована система дозволяє підвищити ефективність роботи елеваторного комплексу, знизити вплив людського фактору та забезпечити надійний контроль технологічних процесів.

Ключові слова: елеваторний комплекс, PLC-контролер, Siemens S7-1200, SCADA-система, HMI-панель, автоматизація технологічних процесів, моніторинг параметрів, датчики температури та вологості, зерноскладище, частотний перетворювач, MATLAB Simulink.

ANNOTATION

Kozubal N.T. Development of an automated elevator control system. – Manuscript. Qualification thesis for obtaining the Bachelor's degree in Specialty 174 “Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics”, Educational and Professional Program – Automation and Computer-Integrated Technologies. West Ukrainian National University, Ternopil, 2026.

This work presents the development of an automated elevator control system. The technological processes of the elevator complex and modern automation systems were analyzed. The structure of the control system based on the Siemens S7-1200 PLC controller and SCADA/HMI system was developed.

Technical automation equipment was selected, the operating algorithm and PLC controller software were developed. Simulation of the automatic grain temperature control system was performed using MATLAB Simulink.

The work also considers occupational safety, electrical safety, and safe operation of elevator equipment. The proposed system improves the efficiency of the elevator complex, reduces the influence of the human factor, and ensures reliable control of technological processes.

Keywords: elevator complex, PLC controller, Siemens S7-1200, SCADA system, HMI panel, industrial automation, process monitoring, temperature and humidity sensors, grain storage, frequency converter, MATLAB Simulink.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ...	9
1.1 Загальна характеристика елеваторів	9
1.2 Технологічний процес роботи елеватора	11
1.3 Основні параметри, що підлягають контролю	12
1.4 Аналіз існуючих систем автоматизації	14
1.5 Недоліки існуючих систем та постановка задачі автоматизації	15
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ	18
2.1 Постановка задачі автоматизації	18
2.2 Розробка структури системи.....	19
2.3 Вибір технічних засобів	22
2.4 Обґрунтування вибору обладнання	27
2.5 Розробка функціональної схеми системи керування	29
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	32
3.1 Розробка алгоритму роботи автоматизованої системи	32
3.2 Розробка програмного забезпечення PLC-контролера.....	34
3.3 Розробка HMI/SCADA інтерфейсу оператора	38
3.4 Моделювання та дослідження роботи системи у MATLAB Simulink.....	42
ВИСНОВКИ	55
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
ДОДАТКИ	60

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ			
Розроб	Козубаль Н.Т.				Автоматизована система керування елеватором/ Automated elevator control system	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевішив	Возна Н.Я.							
Консульт	Возна Н.Я.					ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-42/1		
Н.Контроль	Заставний О.							
Затвердив	Сегін А.І.							

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного сектору нерозривно пов'язаний із впровадженням автоматизованих систем керування технологічними процесами. Одним із ключових елементів інфраструктури зберігання та обробки зернових культур є елеватори, ефективність роботи яких значною мірою залежить від рівня автоматизації. У зв'язку зі зростанням обсягів виробництва сільськогосподарської продукції та підвищенням вимог до якості її зберігання особливої актуальності набуває питання вдосконалення систем керування елеваторними комплексами.

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності роботи елеваторів, зменшення впливу людського фактору, забезпечення стабільних умов зберігання зерна та зниження енергетичних і експлуатаційних витрат. Використання сучасних засобів автоматизації дає можливість здійснювати безперервний контроль основних параметрів технологічного процесу, зокрема температури, вологості, рівня заповнення силосів, а також оперативно реагувати на відхилення від заданих режимів роботи.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої системи керування елеватором, яка забезпечить ефективне функціонування технологічних процесів, підвищить надійність роботи обладнання та рівень безпеки експлуатації.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси зберігання, транспортування та обробки зерна на елеваторі. Предметом дослідження виступають методи та засоби автоматизації процесів керування елеваторним комплексом.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У процесі виконання роботи передбачається аналіз особливостей функціонування елеваторів як об'єктів автоматизації, дослідження існуючих технічних рішень, розробка структури автоматизованої системи керування, обґрунтування вибору технічних засобів, а також формування алгоритмів роботи системи. Для досягнення поставленої мети використовуються методи системного аналізу, теорії автоматичного керування, математичного моделювання та сучасні комп'ютерні засоби проектування.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування розробленої системи автоматизації на реальних елеваторних підприємствах, що дозволить підвищити ефективність їх роботи, знизити витрати та покращити якість зберігання зернової продукції. Подальший розвиток дослідження може бути спрямований на інтеграцію автоматизованої системи з сучасними інформаційними технологіями, зокрема системами диспетчеризації та віддаленого моніторингу.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Загальна характеристика елеваторів

Елеватори є важливими об'єктами агропромислового комплексу, призначеними для приймання, очищення, сушіння, зберігання та відвантаження зернових культур (рис.1.1). Вони відіграють ключову роль у забезпеченні збереження якості зерна та безперервності логістичних процесів між виробником і споживачем. Елеваторні комплекси використовуються як на етапі первинного приймання врожаю, так і для довготривалого зберігання зернової продукції [9].



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд елеваторного комплексу

Сучасний елеватор являє собою складну інженерно-технічну систему, яка включає сукупність технологічного обладнання, транспортних механізмів та допоміжних систем. До основних елементів елеватора належать силоси для зберігання зерна, норії (вертикальні транспортери), стрічкові та шнекові транспортери, зерносушарки, очисні машини, а також системи вентиляції та

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

контролю параметрів середовища. Кожен із цих елементів виконує свою функцію в загальному технологічному процесі, забезпечуючи ефективне переміщення та обробку зерна [26].

Технологічний процес роботи елеватора передбачає декілька основних етапів, які виконуються послідовно або паралельно. Спочатку зерно приймається з транспортних засобів, після чого проходить первинне очищення від домішок. Далі, залежно від вологості, зерно може направлятися на сушіння. Після цього воно транспортується до силосів, де зберігається при контрольованих умовах. На завершальному етапі зерно відвантажується споживачам або на подальшу переробку.

Ефективність роботи елеватора значною мірою залежить від точності контролю та регулювання технологічних параметрів. До основних параметрів, які підлягають контролю, належать температура та вологість зерна, рівень заповнення силосів, швидкість роботи транспортних механізмів, а також стан обладнання. Недотримання оптимальних значень цих параметрів може призвести до псування продукції, втрат маси та зниження якості зерна.

У традиційних елеваторах значна частина операцій виконується за участю обслуговуючого персоналу, що підвищує ризик помилок та знижує загальну ефективність роботи. Саме тому на сучасному етапі розвитку аграрної галузі особливої уваги набуває впровадження автоматизованих систем керування, які дозволяють забезпечити безперервний контроль, підвищити точність регулювання параметрів та мінімізувати вплив людського фактору.

Таким чином, елеватор є складним об'єктом автоматизації, який потребує комплексного підходу до організації систем керування, що враховує як технологічні особливості процесів, так і вимоги до надійності, безпеки та ефективності роботи.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.2 Технологічний процес роботи елеватора

Технологічний процес роботи елеватора являє собою сукупність послідовних операцій, спрямованих на приймання, обробку, транспортування, зберігання та відвантаження зернової продукції. Від правильності організації цього процесу залежить не лише ефективність функціонування елеваторного комплексу, а й збереження якісних характеристик зерна протягом усього періоду його перебування на підприємстві [28].

Першим етапом є приймання зерна, яке здійснюється з автомобільного або залізничного транспорту. На цьому етапі проводиться попередній контроль якості зерна, визначається його вологість, засміченість та інші показники. Після цього зерно надходить у приймальні бункери, звідки за допомогою транспортних механізмів, таких як норії або стрічкові транспортери, подається на наступні стадії обробки.

Другим етапом є очищення зерна від сторонніх домішок. Для цього використовуються спеціальні очисні машини, які відокремлюють пил, соломку, каміння та інші небажані включення. Очищення є важливим процесом, оскільки наявність домішок може негативно впливати на подальше зберігання та якість продукції.

У випадку, якщо вологість зерна перевищує допустимі значення, воно направляється на сушіння. Сушіння здійснюється у зерносушарках, де за допомогою гарячого повітря знижується вологість до рівня, безпечного для тривалого зберігання. Контроль температури та режимів сушіння є критично важливим, оскільки перегрів може призвести до псування зерна.

Після очищення та, за необхідності, сушіння зерно транспортується до силосів для зберігання. Зберігання здійснюється з урахуванням контролю температури та вологості, що дозволяє запобігти самозігріванню та розвитку мікроорганізмів. Для цього використовуються системи вентиляції та температурного моніторингу.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Останнім етапом є відвантаження зерна споживачам або на переробні підприємства. Перед відвантаженням зерно може додатково перевірятися на відповідність вимогам якості. Відвантаження здійснюється за допомогою транспортних систем у залізничні вагони або автомобільний транспорт (рис.1.2).

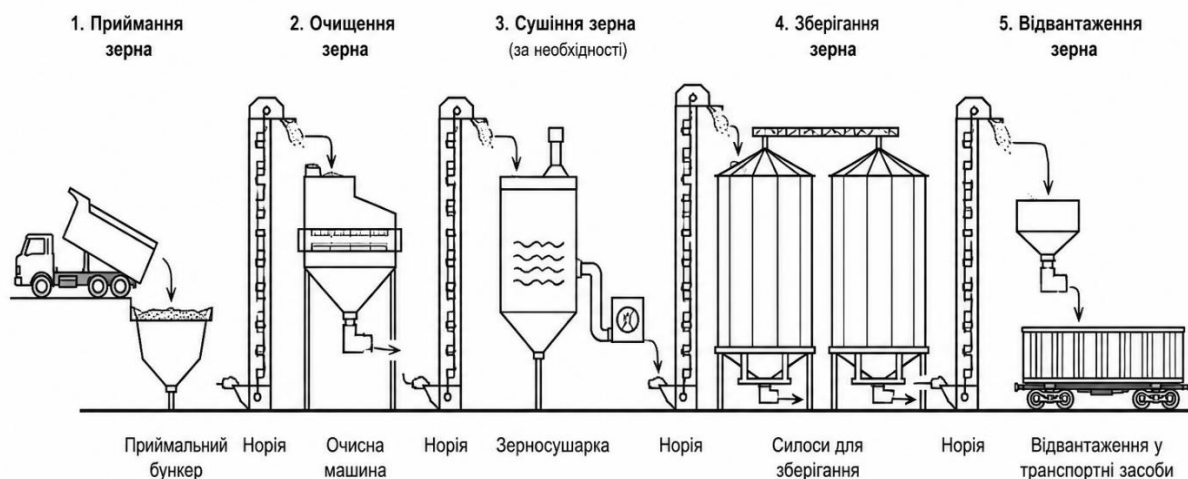


Рисунок 1.2 – Технологічна схема роботи елеватора

Усі зазначені етапи тісно пов'язані між собою та потребують узгодженої роботи обладнання. В умовах сучасного виробництва ефективне управління технологічним процесом можливе лише за рахунок впровадження автоматизованих систем керування, які забезпечують безперервний контроль параметрів та оперативне реагування на зміни в роботі елеватора.

1.3 Основні параметри, що підлягають контролю

Ефективна робота елеваторного комплексу значною мірою залежить від постійного контролю основних технологічних параметрів. Відхилення цих параметрів від встановлених норм може призвести до погіршення якості зерна, втрат продукції, а також до аварійних ситуацій. Саме тому контроль і регулювання параметрів є однією з ключових задач автоматизованої системи керування елеватором.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

Одним із найважливіших параметрів є температура зерна [27]. Підвищення температури може свідчити про процеси самозігрівання, що виникають у результаті біологічної активності або підвищеної вологості. Несвоєчасне виявлення таких процесів може призвести до псування зерна або навіть до виникнення пожежонебезпечних ситуацій. Для контролю температури використовуються спеціальні температурні датчики, які розміщуються безпосередньо в масиві зерна в силосах.

Не менш важливим параметром є вологість зерна. Надмірна вологість сприяє розвитку мікроорганізмів, плісняви та процесів гниття, що значно знижує якість продукції. Контроль вологості здійснюється як на етапі приймання зерна, так і після сушіння, що дозволяє забезпечити його безпечне зберігання [9].

Ще одним важливим параметром є рівень заповнення силосів. Контроль рівня необхідний для запобігання переповненню або нераціональному використанню ємностей. Для цього застосовуються рівнеміри різного типу, які дозволяють визначати як мінімальний, так і максимальний рівень зерна.

Важливу роль відіграє також контроль швидкості та режимів роботи транспортних механізмів, таких як норії та транспортери. Неправильна робота цих механізмів може призвести до перевантаження обладнання, його зношування або виходу з ладу. Контроль здійснюється за допомогою датчиків швидкості, струму двигунів та інших параметрів.

Крім того, необхідно контролювати стан обладнання, включаючи температуру підшипників, наявність вібрацій та інші показники, що дозволяють своєчасно виявляти несправності. Це дає можливість запобігти аварійним ситуаціям і знизити витрати на ремонт.

Таким чином, комплексний контроль технологічних параметрів забезпечує стабільну та безпечну роботу елеватора. Впровадження автоматизованих систем дозволяє не лише здійснювати безперервний моніторинг, але й оперативно реагувати на будь-які відхилення, що значно підвищує ефективність функціонування всього комплексу.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

1.4 Аналіз існуючих систем автоматизації

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу автоматизація елеваторів є важливим напрямком підвищення ефективності виробництва та якості зберігання зернової продукції. Існуючі системи автоматизації відрізняються за рівнем складності, функціональними можливостями та ступенем участі людини у процесі керування. Умовно їх можна поділити на системи з ручним керуванням, частково автоматизовані та повністю автоматизовані системи.

Системи з ручним керуванням передбачають безпосередню участь оператора у більшості технологічних процесів. У таких системах керування обладнанням здійснюється за допомогою кнопоквих постів, перемикачів та інших простих засобів. Контроль параметрів виконується візуально або за допомогою окремих вимірювальних приладів. Основним недоліком таких систем є значна залежність від людського фактору, що може призводити до помилок, затримок у прийнятті рішень та зниження загальної ефективності роботи.

Частково автоматизовані системи передбачають використання окремих засобів автоматизації, зокрема датчиків, реле та контролерів для виконання окремих операцій. У таких системах деякі процеси, наприклад контроль рівня або автоматичне вмикання обладнання, виконуються без участі оператора, однак загальне управління все ще залишається за людиною. Перевагою таких систем є підвищення точності контролю та зниження навантаження на персонал, проте вони не забезпечують повної інтеграції всіх процесів.

Найбільш сучасними є повністю автоматизовані системи керування, які базуються на використанні програмованих логічних контролерів (PLC) та систем диспетчеризації (SCADA) [30]. У таких системах здійснюється централізований контроль та керування всіма етапами технологічного процесу. Дані з датчиків передаються до контролера, який обробляє інформацію та формує керуючі сигнали для виконавчих механізмів. Оператор має можливість контролювати

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

роботу системи через інтерфейс SCADA, отримувати інформацію про стан обладнання, а також оперативно реагувати на аварійні ситуації.

Перевагами сучасних автоматизованих систем є висока точність контролю, швидкість обробки інформації, можливість зберігання та аналізу даних, а також зниження впливу людського фактору [24]. Крім того, такі системи дозволяють оптимізувати енергоспоживання, підвищити надійність роботи обладнання та забезпечити більш ефективне використання ресурсів.

Разом із тим, існуючі системи автоматизації мають і певні недоліки. До них можна віднести високу вартість впровадження, складність налаштування та обслуговування, а також необхідність підготовки кваліфікованого персоналу. У деяких випадках відсутня гнучкість системи або можливість її масштабування без значних витрат.

Таким чином, аналіз існуючих систем автоматизації показує, що найбільш ефективними є комплексні автоматизовані рішення на базі сучасних контролерів та систем диспетчеризації. Водночас існує потреба у подальшому вдосконаленні таких систем з метою підвищення їх доступності, надійності та функціональності, що і є актуальним завданням даної роботи.

1.5 Недоліки існуючих систем та постановка задачі автоматизації

Проведений аналіз існуючих систем автоматизації елеваторів показує, що, незважаючи на значний розвиток технічних засобів, у практиці експлуатації все ще спостерігається ряд суттєвих недоліків. Вони пов'язані як із використанням застарілих рішень, так і з неповною інтеграцією сучасних автоматизованих систем у загальний технологічний процес.

Одним із основних недоліків є значна залежність від людського фактору, особливо в системах із ручним або частково автоматизованим керуванням [11]. Оператор змушений постійно контролювати процеси, що збільшує ймовірність помилок, затримок у прийнятті рішень та неефективного використання

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

обладнання. Це, у свою чергу, може призводити до перевантаження механізмів, втрат зерна або погіршення його якості.

Ще однією проблемою є недостатній рівень контролю технологічних параметрів. У багатьох випадках контроль температури, вологості та рівня зерна здійснюється нерегулярно або з використанням обмеженої кількості датчиків. Це ускладнює своєчасне виявлення відхилень від нормального режиму роботи та підвищує ризик виникнення аварійних ситуацій, таких як самозігрівання зерна або переповнення силосів.

Суттєвим недоліком є також відсутність централізованого керування всіма процесами. Окремі ділянки елеватора можуть працювати незалежно одна від одної, що ускладнює координацію їх роботи та знижує загальну ефективність системи. Крім того, відсутність єдиного інформаційного середовища ускладнює аналіз даних і прийняття оптимальних управлінських рішень.

До недоліків можна віднести і низький рівень діагностики технічного стану обладнання. У більшості випадків виявлення несправностей відбувається вже після їх виникнення, що призводить до простоїв та додаткових витрат на ремонт. Відсутність систем прогнозування та попередження аварій значно знижує надійність роботи елеваторного комплексу.

У зв'язку з виявленими недоліками виникає необхідність розробки сучасної автоматизованої системи керування елеватором, яка забезпечить комплексний підхід до управління технологічними процесами. Основною задачею такої системи є забезпечення безперервного контролю параметрів, автоматичного регулювання режимів роботи обладнання, а також своєчасного реагування на відхилення від заданих значень.

Розроблювана система повинна забезпечувати централізоване керування всіма етапами технологічного процесу, інтеграцію датчиків і виконавчих механізмів у єдину структуру, а також можливість візуалізації та аналізу даних. Особлива увага має приділятися підвищенню надійності роботи обладнання, зменшенню впливу людського фактору та оптимізації енергоспоживання.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Структура запропонованої автоматизованої системи керування наведена на рисунку 1.3.

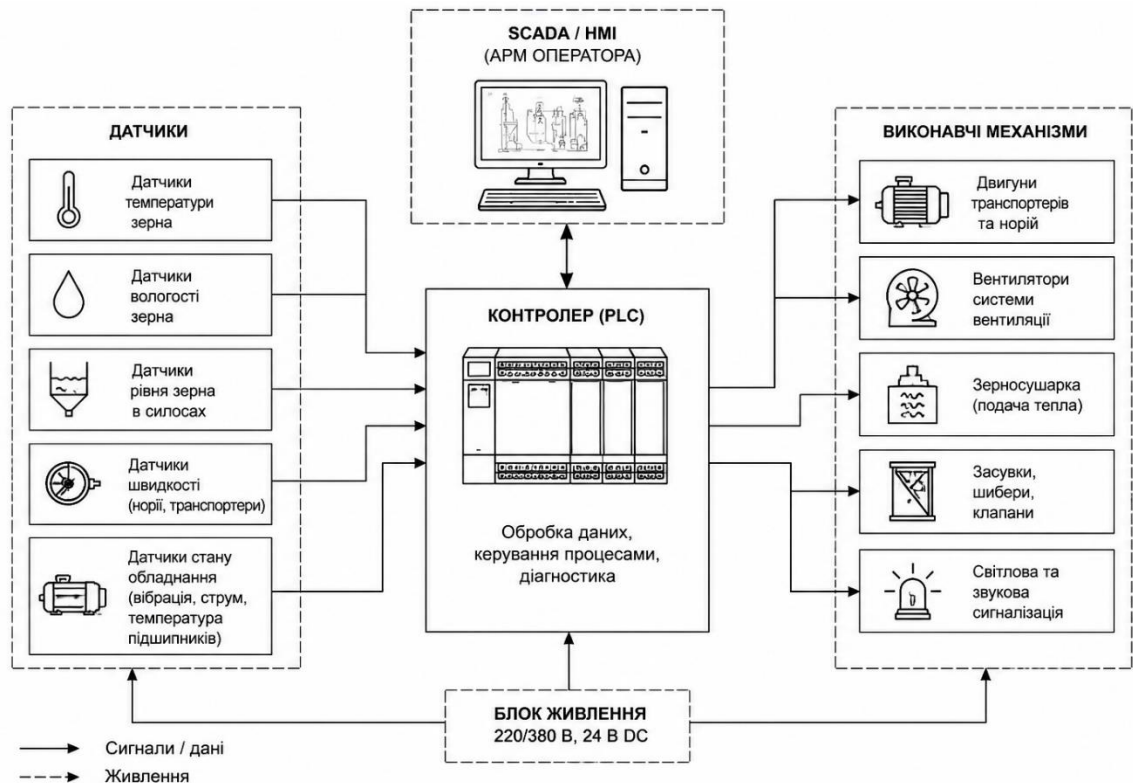


Рисунок 1.3 – Структурна схема автоматизованої системи елеватора

Таким чином, постановка задачі автоматизації полягає у створенні ефективної, надійної та гнучкої системи керування елеватором, яка дозволить підвищити якість зберігання зерна, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити безпечні умови роботи персоналу.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Постановка задачі автоматизації

Сучасні елеваторні комплекси характеризуються великою кількістю технологічних процесів, ефективність яких безпосередньо залежить від точності контролю та своєчасності керування обладнанням. Умови зберігання зернової продукції потребують постійного контролю температури, вологості, рівня заповнення силосів та режимів роботи транспортних механізмів. Недостатній рівень автоматизації призводить до зниження продуктивності, збільшення енергетичних витрат, виникнення аварійних ситуацій та погіршення якості зерна.

Основною задачею автоматизації елеватора є створення системи керування, яка забезпечить безперервний моніторинг технологічних параметрів, автоматичне керування обладнанням та своєчасне реагування на зміни режимів роботи [19]. Автоматизована система повинна мінімізувати вплив людського фактору, підвищити надійність роботи обладнання та забезпечити стабільність технологічного процесу.

У межах даної роботи передбачається розробка автоматизованої системи керування елеватором на базі програмованого логічного контролера. Система повинна здійснювати збір інформації з датчиків температури, вологості, рівня зерна та стану обладнання, обробляти отримані дані та формувати керуючі сигнали для виконавчих механізмів.

До основних функцій системи автоматизації належать автоматичне керування транспортерами, норіями, вентиляторами та зерносушаркою, контроль параметрів зберігання зерна, сигналізація аварійних режимів, а також відображення інформації для оператора. Крім цього, система повинна забезпечувати захист обладнання від перевантаження та можливість оперативного зупинення технологічного процесу у випадку виникнення несправностей.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для реалізації поставленої задачі необхідно виконати вибір технічних засобів автоматизації, розробити структуру системи керування, визначити алгоритми роботи обладнання та забезпечити взаємодію між усіма елементами системи. Особлива увага приділяється забезпеченню надійності, безпеки та ефективності роботи елеваторного комплексу.

Таким чином, постановка задачі автоматизації полягає у створенні сучасної системи керування елеватором, яка дозволить підвищити ефективність технологічних процесів, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити належні умови зберігання зернової продукції.

2.2 Розробка структури системи

Розробка структури автоматизованої системи керування елеватором є одним із найважливіших етапів проектування, оскільки саме на цьому етапі визначаються принципи взаємодії між усіма компонентами системи, способи збору та обробки інформації, а також методи керування технологічними процесами. Від правильності побудови структури системи залежить ефективність роботи елеваторного комплексу, надійність обладнання та стабільність зберігання зернової продукції.

Сучасний елеватор являє собою складний виробничий об'єкт, який включає значну кількість механізмів, транспортних систем та допоміжного обладнання. Для забезпечення безперервної та безпечної роботи всіх елементів необхідно організувати централізоване керування технологічними процесами. Саме тому в основу розроблюваної системи покладено принцип комплексної автоматизації, який передбачає об'єднання всіх елементів елеватора в єдину систему керування.

Центральним елементом системи є програмований логічний контролер PLC, який виконує функції збору, аналізу та обробки інформації. Контролер отримує сигнали від датчиків, аналізує поточний стан технологічного процесу та відповідно до закладеного алгоритму формує керуючі сигнали для виконавчих

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

механізмів. Використання PLC-контролера дозволяє забезпечити високу швидкість обробки даних, точність керування та можливість гнучкого налаштування системи.

Для контролю параметрів технологічного процесу в системі використовуються різноманітні датчики. Одними з основних є датчики температури, які встановлюються у силосах для контролю температурного стану зернової маси. Підвищення температури може свідчити про початок процесів самозігрівання або розвиток мікроорганізмів, тому постійний моніторинг цього параметра є надзвичайно важливим.

Крім температурних датчиків, у системі передбачено використання датчиків вологості. Контроль вологості зерна дозволяє визначити необхідність сушіння та забезпечити оптимальні умови зберігання продукції. Надмірна вологість може спричинити псування зерна, утворення плісняви та зниження його якості, тому автоматичний контроль цього параметра є важливою складовою системи автоматизації.

Для визначення кількості зерна в силосах використовуються датчики рівня. Вони забезпечують контроль ступеня заповнення ємностей та дозволяють уникнути переповнення або нерівномірного розподілу зернової продукції. Інформація про рівень зерна надходить до контролера, після чого система може автоматично регулювати роботу транспортерів та інших механізмів.

Важливим елементом структури системи є виконавчі механізми. До них належать електродвигуни транспортерів, норій, вентиляторів, зерносушарок, а також електромагнітні клапани та засувки. Саме ці пристрої виконують безпосереднє керування технологічним процесом відповідно до команд, які формує PLC-контролер. Наприклад, у разі підвищення температури зерна система може автоматично ввімкнути вентиляцію або змінити режим роботи сушарки.

Для забезпечення зручності контролю та керування в структурі системи передбачено використання операторської панелі або SCADA-системи [23]. За допомогою інтерфейсу оператор має можливість отримувати інформацію про

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

стан обладнання, контролювати значення технологічних параметрів, переглядати повідомлення про помилки та аварійні ситуації, а також змінювати режими роботи системи. Використання SCADA-системи значно спрощує процес керування та підвищує ефективність роботи персоналу.

Обмін інформацією між елементами системи здійснюється через канали передачі даних та промислові інтерфейси зв'язку. Це забезпечує синхронізацію роботи всіх компонентів системи та дозволяє організувати централізоване керування технологічним процесом елеватора. У випадку виникнення несправностей система автоматично формує попереджувальні або аварійні сигнали, що дозволяє оперативно реагувати на небезпечні ситуації.

Структурна схема автоматизованої системи керування елеватором наведена на рисунку 2.1.

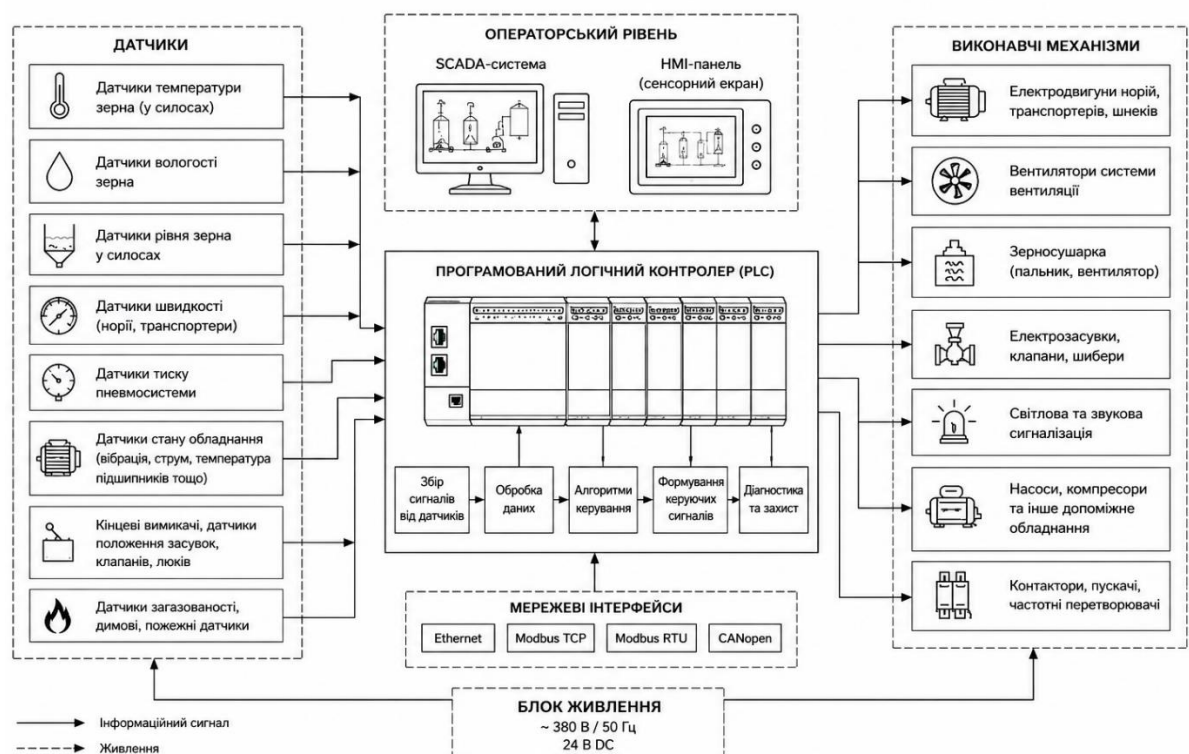


Рисунок 2.1 – Структурна схема автоматизованої системи керування елеватором

Після рисунка доцільно зазначити, що запропонована структура системи забезпечує комплексний контроль основних технологічних параметрів, автоматичне керування обладнанням та підвищення надійності роботи елеваторного комплексу. Використання сучасних засобів автоматизації дозволяє мінімізувати вплив людського фактору, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити стабільну якість зберігання зернової продукції.

2.3 Вибір технічних засобів

Одним із найважливіших етапів проектування автоматизованої системи керування елеватором є вибір технічних засобів автоматизації. Від правильності вибору обладнання залежить стабільність роботи системи, точність контролю технологічних параметрів, надійність функціонування елеваторного комплексу та ефективність реалізації алгоритмів керування.

Під час вибору технічних засобів необхідно враховувати особливості технологічного процесу, умови експлуатації обладнання, кількість контрольованих параметрів, а також вимоги до надійності та безпеки системи. Оскільки елеваторний комплекс працює в умовах підвищеної запиленості, перепадів температури та значних механічних навантажень, усі елементи системи автоматизації повинні відповідати промисловим умовам експлуатації.

Центральним елементом автоматизованої системи обрано програмований логічний контролер Siemens S7-1200 (рисунок 2.2) [22]. Даний контролер широко використовується в промислових системах автоматизації завдяки високій надійності, гнучкості програмування та можливості інтеграції з сучасними SCADA-системами. PLC-контролер забезпечує збір інформації від датчиків, обробку сигналів та формування команд для керування виконавчими механізмами. Крім цього, контролер підтримує роботу з аналоговими та дискретними сигналами, що є важливим для реалізації системи керування елеватором.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

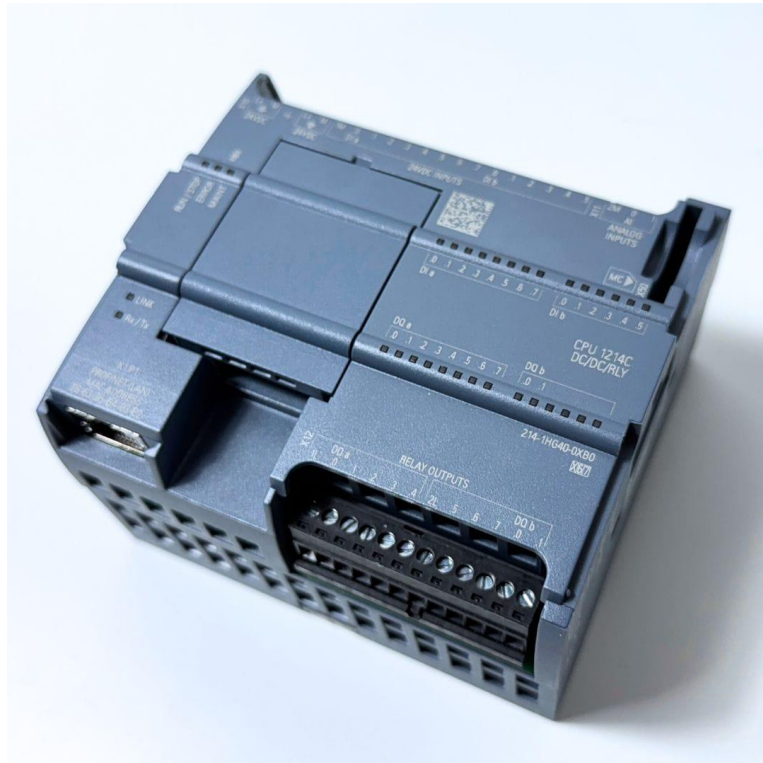


Рисунок 2.2 – Програмований логічний контролер Siemens S7-1200

Для контролю температури зерна доцільно використовувати цифрові датчики температури, які встановлюються безпосередньо в силосах. Такі датчики забезпечують високу точність вимірювання та дозволяють своєчасно виявляти процеси самозігрівання зернової маси. Постійний контроль температури є необхідним для забезпечення безпечного та тривалого зберігання зерна.

Контроль вологості зерна здійснюється за допомогою спеціалізованих датчиків вологості. Їх використання дозволяє визначати необхідність сушіння зерна та контролювати ефективність роботи зерносушарки. Автоматичне вимірювання вологості значно підвищує точність оцінки стану продукції та знижує ризик псування зерна.

Для визначення рівня заповнення силосів використовуються датчики рівня. Вони забезпечують контроль мінімального та максимального рівня зерна і дозволяють уникнути переповнення ємностей. Застосування таких датчиків також забезпечує автоматичне керування транспортними механізмами залежно від ступеня заповнення силосів.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

У системі також передбачено використання датчиків швидкості для контролю роботи норій та транспортерів. Контроль швидкості дозволяє виявляти перевантаження, пробуксовування або аварійні режими роботи обладнання. Це підвищує надійність функціонування транспортної системи та дозволяє своєчасно реагувати на несправності.

Виконавчими механізмами автоматизованої системи є електродвигуни транспортерів, норій, вентиляторів системи вентиляції та зерносушарки. Для керування електродвигунами використовуються магнітні пускачі та частотні перетворювачі, які забезпечують надійну та безпечну роботу обладнання. Застосування частотних перетворювачів дозволяє плавно регулювати швидкість обертання двигунів, знижувати механічні навантаження на приводи, зменшувати пускові струми та підвищувати енергоефективність системи.

Для регулювання швидкості обертання електродвигунів у системі доцільно використати частотний перетворювач Siemens SINAMICS V20, який призначений для керування асинхронними електродвигунами у промислових системах автоматизації [22]. Даний пристрій забезпечує плавний пуск і зупинку двигунів, підтримання необхідної швидкості обертання, а також дозволяє зменшити споживання електроенергії та підвищити надійність роботи технологічного обладнання елеватора. Зовнішній вигляд частотного перетворювача Siemens SINAMICS V20 наведено на рисунку 2.3.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 2.3 – Частотний перетворювач для керування електродвигунами

Для візуалізації технологічного процесу та взаємодії оператора із системою використовується SCADA-система або HMI-панель. Операторський інтерфейс забезпечує відображення параметрів роботи елеватора, сигналізацію аварійних ситуацій, а також можливість дистанційного керування обладнанням. Використання SCADA-системи значно підвищує зручність експлуатації та дозволяє оперативно приймати рішення у випадку виникнення нестандартних ситуацій.

Передача даних між елементами системи здійснюється за допомогою промислових інтерфейсів зв'язку, зокрема Ethernet та Modbus. Використання сучасних протоколів обміну даними забезпечує стабільну роботу системи та можливість її подальшого розширення.

Основні технічні засоби автоматизації, що використовуються в системі керування елеватором, доцільно подати у вигляді таблиці 2.1.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

Таблиця 2.1. Основні технічні засоби автоматизації

Найменування обладнання	Модель обладнання	Призначення
Програмований логічний контролер	Siemens S7-1200	Центральне керування системою автоматизації
НМІ-панель оператора	Siemens KTP700 Basic	Відображення параметрів та керування системою
Частотний перетворювач	Siemens SINAMICS V20	Регулювання швидкості електродвигунів
Датчик температури	DS18B20	Контроль температури зерна в силосах
Датчик вологості	DHT22	Контроль вологості зерна та повітря
Датчик рівня	Siemens Pointek CLS200	Контроль рівня заповнення силосів
Датчик швидкості	Omron E6B2-CWZ6C	Контроль швидкості транспортерів та норій
Магнітний пускач	Schneider Electric LC1D09	Керування електродвигунами
Автоматичний вимикач	Schneider Electric Acti9	Захист електричних кіл
Вентилятор системи вентиляції	Vents VKM 315	Вентиляція та охолодження зерна
Електродвигун транспортера	AIP100L4	Привід транспортних механізмів

Наведені технічні засоби автоматизації забезпечують реалізацію основних функцій системи керування елеватором, включаючи контроль технологічних параметрів, автоматичне керування обладнанням та забезпечення безпечної роботи технологічного комплексу. Використання сучасного промислового обладнання підвищує надійність системи та дозволяє забезпечити стабільне функціонування елеватора в різних режимах роботи.

2.4 Обґрунтування вибору обладнання

Вибір технічних засобів автоматизації є важливим етапом проектування системи керування елеватором, оскільки саме від характеристик та функціональних можливостей обладнання залежить надійність, ефективність і безпечність роботи всього технологічного комплексу [25]. При виборі обладнання необхідно враховувати особливості технологічного процесу, умови експлуатації, кількість контрольованих параметрів, можливість подальшого розширення системи та економічну доцільність використання конкретних технічних рішень.

Для реалізації функцій централізованого керування в роботі обрано програмований логічний контролер Siemens S7-1200. Вибір даного контролера обумовлений його широким використанням у промислових системах автоматизації, високою надійністю та зручністю програмування. Контролер підтримує роботу з цифровими та аналоговими сигналами, має можливість підключення додаткових модулів розширення та забезпечує стабільну роботу в умовах промислового середовища. Крім того, Siemens S7-1200 підтримує сучасні протоколи передачі даних, що дозволяє інтегрувати його з HMI-панелями та SCADA-системами.

Для візуалізації технологічного процесу та взаємодії оператора із системою обрано панель оператора Siemens KTP700 Basic. Дана HMI-панель забезпечує зручне відображення параметрів системи, аварійних повідомлень та режимів роботи обладнання. Використання операторської панелі дозволяє значно спростити процес контролю та керування технологічним обладнанням елеватора.

Контроль температури зерна здійснюється за допомогою цифрових датчиків DS18B20. Основною перевагою даних датчиків є висока точність вимірювання, простота підключення та можливість роботи у широкому температурному діапазоні. Датчики дозволяють здійснювати постійний моніторинг температурного стану зернової маси та своєчасно виявляти процеси самозігрівання.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для контролю вологості в системі використовуються датчики DHT22, які забезпечують вимірювання вологості та температури повітря. Використання даних датчиків дозволяє оцінювати умови зберігання зерна та контролювати ефективність роботи систем вентиляції та сушіння.

Контроль рівня заповнення силосів реалізовано за допомогою датчиків рівня Siemens Pointek CLS200. Вибір цього обладнання пояснюється його надійністю, стійкістю до запиленого середовища та можливістю використання у системах зберігання сипучих матеріалів. Датчики забезпечують своєчасне визначення мінімального та максимального рівня зерна, що дозволяє уникнути переповнення силосів.

Для регулювання швидкості обертання електродвигунів використовується частотний перетворювач Siemens SINAMICS V20. Даний пристрій забезпечує плавний пуск та зупинку двигунів, дозволяє змінювати швидкість обертання залежно від режиму роботи системи, а також сприяє зменшенню енергоспоживання та механічного навантаження на обладнання. Використання частотного перетворювача підвищує ефективність роботи транспортних механізмів і збільшує термін експлуатації електродвигунів.

Для керування силовими навантаженнями використовуються магнітні пускачі Schneider Electric LC1D09 та автоматичні вимикачі Schneider Electric Acti9. Дане обладнання забезпечує захист електричних кіл від коротких замикань та перевантажень, а також підвищує безпечність експлуатації системи автоматизації.

Вибір наведених технічних засобів автоматизації обумовлений їх надійністю, доступністю, відповідністю вимогам промислової автоматизації та можливістю інтеграції в єдину систему керування. Використання сучасного обладнання дозволяє забезпечити стабільну роботу елеваторного комплексу, підвищити точність контролю технологічних параметрів та мінімізувати вплив людського фактору на технологічний процес.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.5 Розробка функціональної схеми системи керування

Функціональна схема автоматизованої системи керування елеватором є одним із основних елементів проектування системи автоматизації, оскільки вона відображає взаємодію між технологічним обладнанням, засобами контролю, виконавчими механізмами та системою керування. Розробка функціональної схеми дозволяє визначити структуру інформаційних та керуючих потоків, принцип роботи системи, а також способи реалізації автоматичного контролю та регулювання технологічних процесів.

Основним призначенням функціональної схеми є забезпечення наочного представлення роботи автоматизованої системи. На схемі відображаються датчики контролю параметрів, програмований логічний контролер, операторський інтерфейс, виконавчі механізми та канали передачі сигналів між елементами системи. Це дозволяє визначити принцип функціонування системи та оцінити взаємодію між окремими компонентами.

У розробленій системі автоматизації контроль технологічного процесу здійснюється за допомогою комплексу датчиків. Датчики температури забезпечують контроль температурного стану зернової маси у силосах та передають інформацію до PLC-контролера. У випадку перевищення допустимого значення температури система автоматично формує сигнал на ввімкнення вентиляції або подає попередження оператору.

Датчики вологості використовуються для контролю вологості зерна та повітря у приміщеннях елеватора. Отримані дані дозволяють визначати необхідність сушіння зерна та контролювати ефективність роботи вентиляційної системи. При перевищенні встановленого рівня вологості система може автоматично запускати зерносушарку або змінювати режим роботи вентиляторів.

Для контролю рівня заповнення силосів використовуються датчики рівня, сигнали з яких надходять до контролера. У разі досягнення максимального рівня

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

система автоматично припиняє подачу зерна до відповідного силосу та перенаправляє потік до іншої ємності. Це дозволяє уникнути переповнення та забезпечує рівномірний розподіл зернової продукції.

PLC-контролер виконує функції центрального елемента системи керування [21]. Він здійснює обробку інформації, що надходить від датчиків, аналізує стан технологічного процесу та формує керуючі сигнали для виконавчих механізмів. Робота контролера базується на заданому алгоритмі, який забезпечує автоматичне керування обладнанням відповідно до поточних параметрів системи.

Виконавчими механізмами функціональної схеми є електродвигуни транспортерів, норій, вентиляторів та зерносушарки. Для керування швидкістю обертання електродвигунів використовуються частотні перетворювачі Siemens SINAMICS V20. Використання частотного регулювання дозволяє оптимізувати роботу обладнання, знизити енергоспоживання та підвищити ефективність технологічного процесу.

Для забезпечення взаємодії оператора із системою використовується НМІ-панель Siemens KTP700 Basic або SCADA-система. Оператор має можливість контролювати параметри технологічного процесу, переглядати стан обладнання, отримувати повідомлення про аварійні ситуації та змінювати режими роботи системи. Уся інформація відображається у зручному графічному вигляді, що значно спрощує процес керування елеватором.

Функціональна схема автоматизованої системи керування елеватором наведена на рисунку 2.4.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

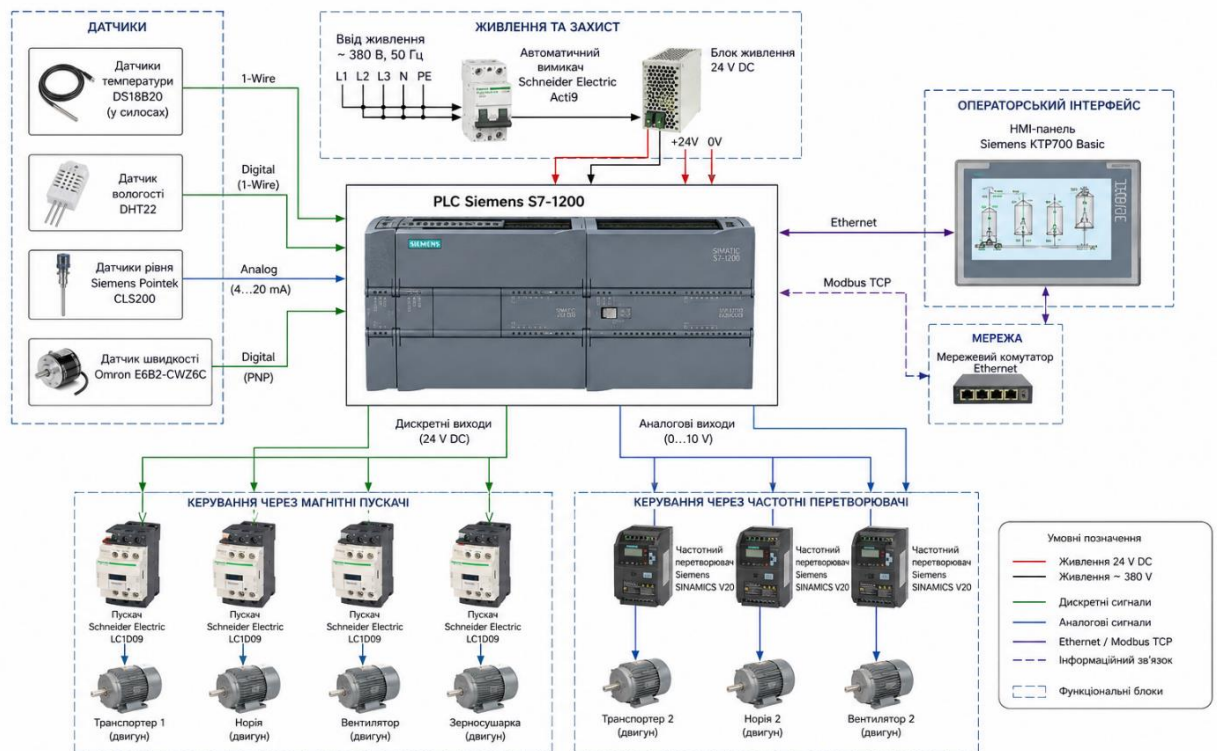


Рисунок 2.4 – Функціональна схема автоматизованої системи керування елеватором

Як показано на рисунку 2.4, функціональна схема забезпечує взаємодію між датчиками, PLC-контролером, операторським інтерфейсом та виконавчими механізмами, що дозволяє реалізувати автоматичне керування технологічними процесами елеваторного комплексу.

Розроблена функціональна схема забезпечує комплексний контроль технологічних параметрів, автоматичне керування обладнанням та підвищення ефективності роботи елеватора. Використання сучасних засобів автоматизації дозволяє мінімізувати вплив людського фактору, забезпечити стабільну роботу обладнання та створити оптимальні умови для зберігання зернової продукції.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка алгоритму роботи автоматизованої системи

Розробка алгоритму роботи автоматизованої системи керування елеватором є одним із найважливіших етапів створення системи автоматизації, оскільки саме алгоритм визначає логіку функціонування обладнання, послідовність виконання технологічних операцій та принципи реагування системи на зміну параметрів технологічного процесу [3]. Правильно побудований алгоритм дозволяє забезпечити стабільну роботу елеваторного комплексу, підвищити ефективність використання обладнання та мінімізувати ризик виникнення аварійних ситуацій.

Основною задачею алгоритму є забезпечення автоматичного контролю температури, вологості та рівня зерна, керування транспортними механізмами, вентиляторами та зерносушаркою, а також реалізація системи аварійного захисту. Алгоритм функціонує на базі програмованого логічного контролера Siemens S7-1200, який виконує збір інформації з датчиків, аналізує поточний стан системи та формує керуючі сигнали для виконавчих механізмів.

Після подачі живлення PLC-контролер виконує ініціалізацію системи та перевірку працездатності основних елементів автоматизації. На даному етапі здійснюється перевірка зв'язку з HMI-панеллю, контроль стану датчиків температури, вологості, рівня та швидкості, а також діагностика виконавчих механізмів і частотних перетворювачів. У випадку виявлення несправностей система формує аварійне повідомлення та блокує запуск технологічного обладнання до моменту усунення помилки.

Після успішного завершення перевірки система переходить у режим очікування команди запуску. Запуск системи може виконуватися оператором через HMI-панель або автоматично відповідно до заданого режиму роботи. Після отримання команди запуску PLC-контролер послідовно вмикає транспортери, норії та інше технологічне обладнання. Для зменшення навантаження на електромережу запуск електродвигунів здійснюється із часовими затримками.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У процесі роботи алгоритм безперервно виконує опитування датчиків та контроль технологічних параметрів. Отримані значення температури та вологості аналізуються PLC-контролером і порівнюються із допустимими значеннями, заданими оператором або технологічними вимогами.

При перевищенні допустимого рівня температури система автоматично вмикає вентилятори системи вентиляції для охолодження зернової маси. Якщо температура продовжує зростати та досягає аварійного значення, PLC-контролер формує аварійний сигнал, передає повідомлення оператору та виконує аварійне вимкнення відповідного обладнання. Такий алгоритм дозволяє запобігти самозігріванню зерна та виникненню пожежонебезпечних ситуацій.

Контроль вологості зерна здійснюється за аналогічним принципом. У випадку перевищення допустимого значення вологості система автоматично запускає зерносушарку та контролює процес сушіння до моменту досягнення необхідних параметрів. Після завершення процесу сушіння зерносушарка автоматично вимикається.

Для контролю заповнення силосів використовуються датчики рівня зерна. При досягненні максимального рівня PLC-контролер припиняє подачу зерна до відповідного силосу та виконує перенаправлення потоку на іншу транспортну лінію. Це дозволяє уникнути переповнення ємностей та забезпечити рівномірний розподіл зернової продукції.

В алгоритмі також реалізовано контроль роботи електродвигунів та транспортних механізмів. За допомогою датчиків швидкості та струму контролюється стан транспортерів, норій та вентиляторів. У випадку перевантаження, пробуксовування або аварійної зупинки двигуна система автоматично формує сигнал тривоги та виконує вимкнення відповідного механізму.

Для підвищення енергоефективності системи в алгоритмі реалізовано керування частотними перетворювачами Siemens SINAMICS V20. Залежно від поточного навантаження PLC-контролер автоматично регулює швидкість обертання електродвигунів, що дозволяє зменшити споживання електроенергії та знизити механічне навантаження на обладнання.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Усі параметри технологічного процесу відображаються на HMI-панелі Siemens KTP700 Basic та у SCADA-системі WinCC. Оператор має можливість контролювати стан обладнання, переглядати поточні значення температури, вологості та рівня зерна, отримувати повідомлення про аварійні ситуації та змінювати режими роботи системи.

Розробка алгоритму роботи системи виконувалась у програмному середовищі Siemens TIA Portal V18 із використанням PLC SIM для тестування роботи програми. Для дослідження процесів автоматичного регулювання температури та вентиляції зернової маси доцільно використовувати середовище MATLAB Simulink, яке дозволяє виконати моделювання системи, проаналізувати перехідні процеси та оцінити ефективність роботи алгоритмів автоматичного керування.

Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування елеватором наведена в додатку А.

Як показано в додатку А, алгоритм роботи системи забезпечує автоматичний контроль технологічних параметрів, керування обладнанням та формування аварійних сигналів у випадку виникнення несправностей.

Розроблений алгоритм роботи системи дозволяє забезпечити стабільне функціонування елеваторного комплексу, підвищити ефективність використання обладнання, знизити енергетичні витрати та створити безпечні умови зберігання зернової продукції.

3.2 Розробка програмного забезпечення PLC-контролера

Програмне забезпечення PLC-контролера є основною складовою автоматизованої системи керування елеватором, оскільки саме воно забезпечує реалізацію алгоритмів автоматичного контролю та керування технологічним процесом. Від правильності побудови програмної логіки залежить стабільність функціонування системи, ефективність роботи обладнання та безпечність експлуатації елеваторного комплексу.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

Для реалізації програмної частини системи у даній роботі використовується програмований логічний контролер Siemens S7-1200 CPU 1212C DC/DC/DC. Розробка програмного забезпечення виконується у середовищі Siemens TIA Portal V18, яке забезпечує конфігурацію обладнання, створення програмного коду, налаштування обміну даними та інтеграцію із HMI-панеллю і SCADA-системою WinCC [21].

Програмне забезпечення PLC-контролера побудоване за модульним принципом. Такий підхід дозволяє спростити процес програмування, налагодження та подальшої модернізації системи. Кожен функціональний блок відповідає за окрему ділянку технологічного процесу та реалізує визначені функції автоматичного контролю і керування.

До основних модулів програмного забезпечення належать:

- модуль ініціалізації системи;
- модуль опитування датчиків;
- модуль контролю температури;
- модуль контролю вологості;
- модуль контролю рівня зерна;
- модуль керування транспортними механізмами;
- модуль керування вентиляцією;
- модуль аварійного захисту;
- модуль обміну даними з HMI та SCADA.

Структура програмного забезпечення PLC-контролера наведена на рисунку 3.1.

Після запуску системи PLC-контролер виконує процедуру ініціалізації, під час якої здійснюється перевірка зв'язку з датчиками, HMI-панеллю та виконавчими механізмами. Після завершення перевірки контролер переходить у режим циклічного виконання програми та виконує постійне опитування датчиків температури, вологості, рівня зерна та стану електродвигунів.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35



Рисунок 3.1 – Структура програмного забезпечення PLC-контролера

Для програмування логіки роботи системи використовується мова LAD (Ladder Diagram), яка є однією з найбільш поширених мов програмування PLC-контролерів [8]. Використання LAD дозволяє створювати наочні схеми логічних зв'язків, що значно спрощує процес налагодження та обслуговування програмного забезпечення.

Основна логіка програми реалізує автоматичне керування транспортерами, норіями, вентиляторами та зерносушаркою. При запуску системи PLC-контролер послідовно вмикає електродвигуни з урахуванням часових затримок між запуском окремих механізмів. Такий принцип роботи дозволяє зменшити пускові струми та навантаження на електромережу.

Фрагмент PLC-програми мовою LAD наведено на рисунку 3.2.

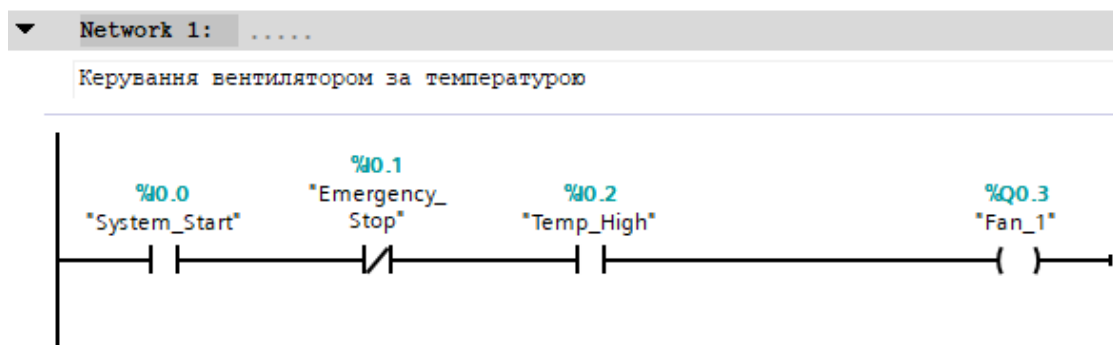


Рисунок 3.2 – Фрагмент PLC-програми мовою LAD для керування вентилятором

Представлена логіка роботи забезпечує ввімкнення вентилятора при перевищенні допустимого значення температури. У програмі використовуються логічні теги запуску системи, аварійної зупинки та контролю температури, що дозволяє реалізувати базові функції автоматичного керування обладнанням.

Контроль температури у PLC-програмі реалізовано шляхом постійного аналізу сигналів із температурних датчиків. У випадку перевищення допустимого значення температури PLC-контролер автоматично формує сигнал на ввімкнення вентиляторів системи вентиляції. Якщо температура досягає аварійного рівня, система виконує аварійне вимкнення відповідного обладнання та передає повідомлення оператору через HMI-панель.

Аналогічно реалізовано алгоритм контролю вологості зерна. При перевищенні допустимого значення вологості PLC-контролер автоматично запускає зерносушарку та регулює її роботу до моменту досягнення необхідних параметрів.

Для підвищення енергоефективності системи у програмному забезпеченні реалізовано керування частотними перетворювачами Siemens SINAMICS V20. Контролер формує сигнали зміни швидкості обертання електродвигунів залежно від режиму роботи системи та навантаження на обладнання.

Важливою складовою програмного забезпечення є система аварійного захисту. У програмі реалізовано контроль перевантаження електродвигунів, перегріву зерна, переповнення силосів та відмови датчиків. У випадку виникнення аварійної ситуації PLC-контролер формує сигнал тривоги та виконує аварійне вимкнення відповідного обладнання.

Для зручності програмування та обміну даними із HMI/SCADA у PLC-програмі використовується система внутрішніх тегів та змінних. Кожен датчик, електродвигун або виконавчий механізм має власне унікальне позначення, що спрощує структуру програми та забезпечує швидкий доступ до необхідних параметрів.

Розробка та тестування програмного забезпечення виконувались у середовищі Siemens TIA Portal V18 із використанням PLC SIM для моделювання роботи PLC-контролера. Використання симулятора дозволяє перевірити правильність роботи алгоритмів без підключення реального обладнання та значно спрощує процес налагодження системи.

Розроблене програмне забезпечення PLC-контролера забезпечує ефективне керування технологічним процесом елеватора, підвищує надійність роботи обладнання та створює умови для стабільного функціонування автоматизованої системи керування.

3.3 Розробка HMI/SCADA інтерфейсу оператора

Однією з важливих складових автоматизованої системи керування елеватором є HMI/SCADA інтерфейс оператора, який забезпечує взаємодію користувача із системою автоматизації, відображення технологічних параметрів та контроль роботи обладнання у режимі реального часу. Використання системи візуалізації дозволяє значно спростити процес керування технологічним обладнанням, підвищити оперативність реагування на аварійні ситуації та забезпечити постійний моніторинг стану елеваторного комплексу [17].

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

У даній роботі розробка операторського інтерфейсу виконувалась у середовищі Siemens WinCC, яке інтегрується із програмованим логічним контролером Siemens S7-1200 у середовищі TIA Portal V18 [23]. Використання WinCC дозволяє створювати мнемосхеми технологічного процесу, реалізовувати систему аварійних повідомлень, архівування даних та відображення поточних параметрів системи.

Основною задачею HMI/SCADA інтерфейсу є забезпечення оператора інформацією про стан обладнання та параметри технологічного процесу. На екрані оператора відображаються:

- температура зерна у силосах;
- вологість зерна;
- рівень заповнення силосів;
- стан транспортерів та норій;
- стан вентиляторів;
- робота зерносушарки;
- аварійні повідомлення та сигнали тривоги.

Для зручності керування системою у HMI-інтерфейсі реалізовано мнемосхему елеватора, на якій у графічному вигляді відображаються основні елементи технологічного процесу. Оператор має можливість контролювати стан обладнання, запускати та зупиняти механізми, а також змінювати режими роботи системи.

Мнемосхема автоматизованої системи керування елеватором наведена на рисунку 3.3.

Для підвищення безпечності експлуатації у SCADA-системі реалізовано підсистему аварійних повідомлень. У випадку виникнення аварійної ситуації система автоматично формує повідомлення про несправність, відображає його на екрані оператора та записує інформацію в журнал подій.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

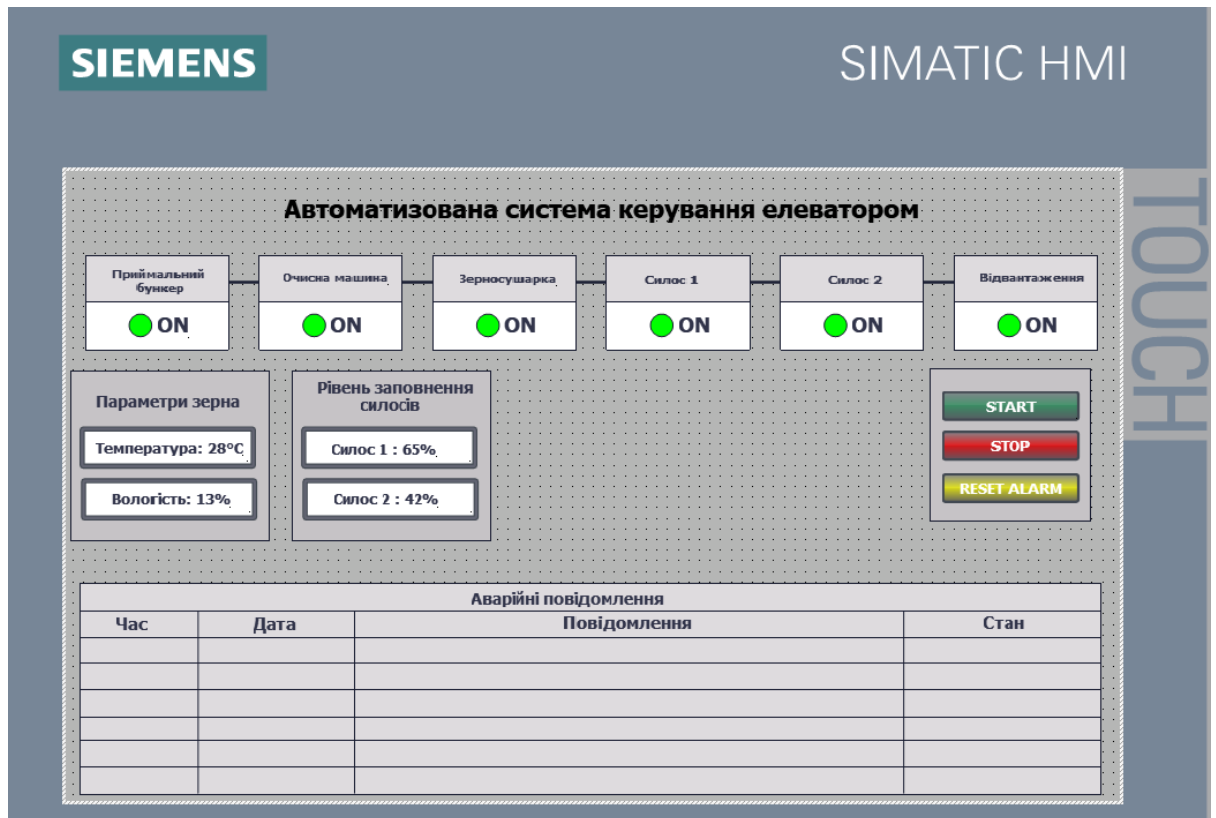


Рисунок 3.3 – Мнемосхема автоматизованої системи керування елеватором

До основних аварійних ситуацій належать:

- перегрів зерна;
- перевищення вологості;
- переповнення силосів;
- перевантаження електродвигунів;
- відмова датчиків;
- аварійна зупинка обладнання.

Вікно аварійних повідомлень SCADA-системи наведене на рисунку 3.4.

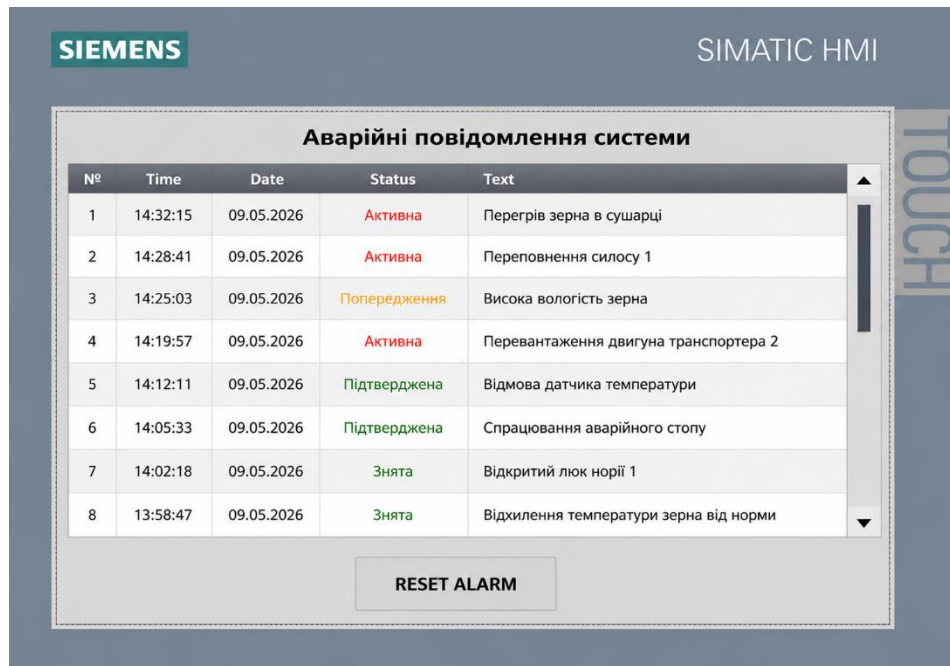


Рисунок 3.4 – Вікно аварійних повідомлень SCADA-системи

Для аналізу роботи системи та контролю зміни параметрів у часі у WinCC реалізовано систему архівування даних та побудови графіків. Система забезпечує запис значень температури, вологості та інших параметрів технологічного процесу з можливістю подальшого перегляду та аналізу.

Графік зміни температури зерна наведений на рисунку 3.5.

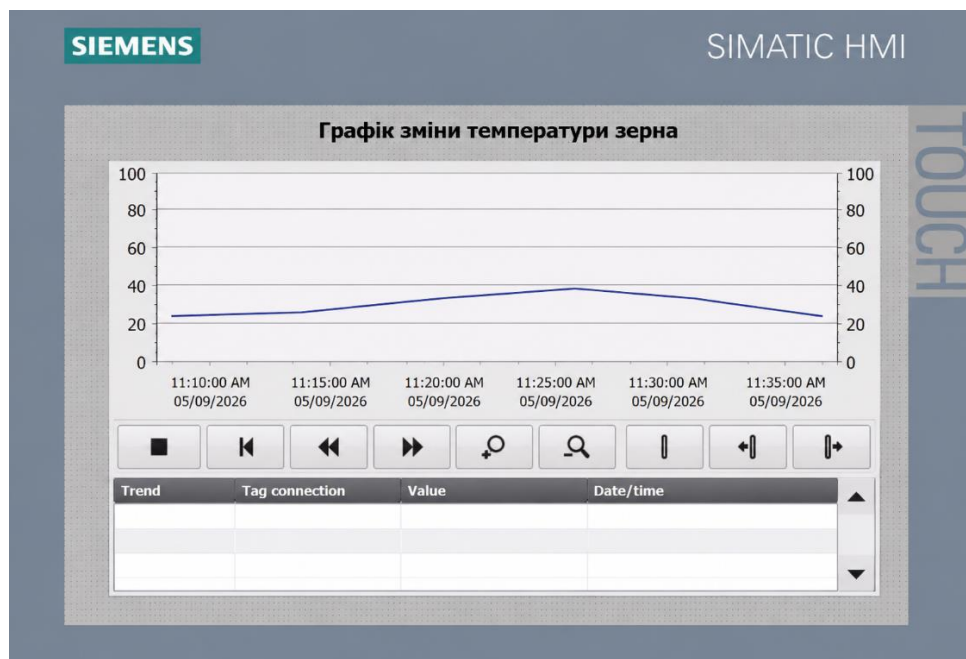


Рисунок 3.5 – Графік зміни температури зерна

Для обміну даними між PLC-контролером та HMI/SCADA використовується промисловий протокол Ethernet, який забезпечує швидку передачу інформації та стабільний зв'язок між пристроями системи автоматизації.

Усі елементи інтерфейсу оператора розроблені з урахуванням принципів простоти, наочності та зручності використання. Використання кольорової індикації дозволяє оператору швидко визначати поточний стан обладнання:

- зелений колір - нормальний режим роботи;
- жовтий колір - попередження;
- червоний колір - аварійний стан.

Розроблений HMI/SCADA інтерфейс забезпечує ефективний контроль технологічного процесу, підвищує зручність керування обладнанням та дозволяє оперативно реагувати на зміну параметрів роботи елеваторного комплексу.

3.4 Моделювання та дослідження роботи системи у MATLAB Simulink

Моделювання автоматизованої системи керування елеватором є важливим етапом перевірки працездатності розроблених алгоритмів та оцінки ефективності функціонування системи в різних режимах роботи. Проведення моделювання дозволяє дослідити поведінку системи без використання реального обладнання, оцінити реакцію системи на зміну технологічних параметрів та перевірити правильність роботи алгоритмів автоматичного керування.

Для моделювання роботи системи у даній роботі використовується програмне середовище MATLAB Simulink, яке є одним із найбільш поширених засобів дослідження систем автоматичного керування [13]. Використання Simulink дозволяє будувати структурні моделі систем, аналізувати перехідні процеси та досліджувати динаміку роботи автоматизованих систем у режимі реального часу.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

Основна увага під час моделювання приділяється дослідженню процесу контролю температури зерна та роботі системи вентиляції. Контроль температурного режиму є одним із найважливіших завдань автоматизації елеваторного комплексу, оскільки перевищення допустимої температури може призвести до самозігрівання зернової маси, втрати якості продукції та виникнення аварійних ситуацій.

У процесі моделювання досліджується робота автоматизованої системи при зміні температури зерна, аналізується ефективність алгоритму автоматичного керування вентиляцією та оцінюється швидкість реакції системи на перевищення допустимих значень температури. Для цього у MATLAB Simulink створюється математична модель температурного процесу, модель системи автоматичного регулювання та графіки перехідних процесів.

Під час проведення моделювання виконуються:

- побудова математичної моделі температурного процесу зерна;
- розробка Simulink-моделі системи автоматичного керування;
- налаштування параметрів моделі;
- дослідження перехідних процесів;
- аналіз роботи системи у різних режимах;
- порівняння роботи системи без автоматизації та з автоматичним керуванням.

У результаті моделювання визначаються основні характеристики системи автоматичного керування, оцінюється стабільність роботи алгоритмів та ефективність функціонування системи вентиляції. Отримані результати дозволяють підтвердити працездатність розробленої автоматизованої системи керування елеватором та обґрунтувати доцільність її використання для контролю технологічного процесу зберігання зерна.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

3.4.1 Побудова математичної моделі температурного процесу зерна

Одним із найважливіших параметрів технологічного процесу зберігання зерна є температура зернової маси. Під час тривалого зберігання можливе поступове самозігрівання зерна, що може призвести до погіршення якості продукції, розвитку мікроорганізмів та виникнення аварійних ситуацій. Для забезпечення стабільного температурного режиму в автоматизованих елеваторних комплексах використовуються системи контролю температури та автоматичного керування вентиляцією.

Для дослідження процесу зміни температури зернової маси у даній роботі побудовано математичну модель температурного процесу. Побудова математичної моделі дозволяє описати зміну температури зерна у часі, дослідити вплив вентиляції на процес охолодження та оцінити ефективність автоматизованої системи керування.

У спрощеному вигляді температурний процес зернової маси можна розглядати як інерційний тепловий процес, у якому температура залежить від зовнішніх умов, інтенсивності тепловиділення зерна та роботи системи вентиляції. При відсутності охолодження температура зернової маси поступово підвищується, а після ввімкнення вентилятора відбувається її поступове зниження до допустимого рівня.

Для математичного опису температурного процесу використовується диференціальне рівняння першого порядку, як наведено у формулі 3.1.

$$\frac{dT(t)}{dt} = -k(T(t) - T_{env}) + Q, \quad (3.1)$$

де:

- $T(t)$ - температура зерна у момент часу t ;
- T_{env} - температура навколишнього середовища;
- k - коефіцієнт охолодження;
- Q - тепловиділення зернової маси.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

Представлена математична модель дозволяє описати процес нагрівання та охолодження зерна залежно від режиму роботи системи вентиляції. Для подальшого дослідження температурного процесу у середовищі MATLAB Simulink побудовано спрощену модель зміни температури зернової маси.

У моделі використовуються основні блоки Simulink: джерело вхідного сигналу температури, блок підсилення, модель температурного процесу та блок візуалізації результатів. Така структура дозволяє дослідити зміну температури зернової маси у часі та оцінити вплив охолодження на температурний режим.

Модель температурного процесу зерна у MATLAB Simulink наведена на рисунку 3.6.

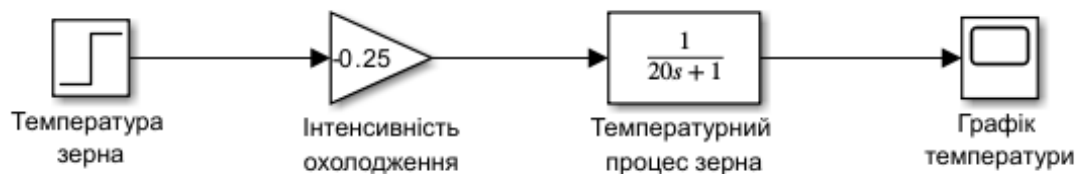


Рисунок 3.6 – Модель температурного процесу зерна у MATLAB Simulink

Для проведення моделювання прийнято такі основні параметри:

- початкова температура зерна – 24 °С;
- максимальна температура – 40 °С;
- час моделювання – 100 с;
- коефіцієнт охолодження – 0,25.

У процесі моделювання температура зернової маси поступово змінюється відповідно до заданого вхідного сигналу. Використання блока підсилення дозволяє змодельовати вплив вентиляції на процес охолодження зерна, а блок Transfer Function забезпечує моделювання інерційності температурного процесу.

Побудована математична модель дозволяє дослідити поведінку температурного процесу у різних режимах роботи та є основою для подальшої реалізації

системи автоматичного регулювання температури зернової маси у середовищі MATLAB Simulink.

3.4.2 Розробка Simulink-моделі системи керування

Після побудови математичної моделі температурного процесу виконано розробку Simulink-моделі системи автоматичного керування температурою зернової маси. Основною метою створення моделі є реалізація алгоритму автоматичного керування вентиляцією та дослідження роботи системи у різних режимах функціонування.

На відміну від спрощеної математичної моделі температурного процесу, розроблена Simulink-модель містить елементи автоматичного керування та зворотного зв'язку. Це дозволяє змодельовати роботу системи у реальному режимі та оцінити реакцію системи на зміну температури зернової маси.

У структурі Simulink-моделі використовуються такі основні функціональні блоки:

- блок формування температурного сигналу;
- блок порівняння температури;
- блок керування вентилятором;
- блок формування сигналу охолодження;
- модель температурного процесу зерна;
- блок формування поточної температури;
- блоки відображення результатів моделювання.

Для реалізації моделі у середовищі MATLAB Simulink використовуються стандартні функціональні блоки:

- Step – формування зміни температури;
- Sum – порівняння поточної та допустимої температури;
- Relay – реалізація логіки автоматичного ввімкнення вентилятора;
- Gain – формування інтенсивності охолодження;

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

- Transfer Function – моделювання температурного процесу;
- Scope – відображення графіка зміни температури;
- Display – відображення поточного значення температури.

У процесі роботи системи поточна температура зернової маси порівнюється із заданим допустимим значенням температури. При перевищенні встановленого температурного порогу система автоматично формує сигнал на ввімкнення вентилятора. Після активації вентиляції формується сигнал охолодження, який впливає на температурний процес зернової маси та забезпечує поступове зниження температури.

Розроблена Simulink-модель працює у замкненому циклі керування. Поточне значення температури через канал зворотного зв'язку подається на блок порівняння, що дозволяє системі постійно контролювати температурний режим та автоматично реагувати на його зміну.

Структура Simulink-моделі системи автоматичного регулювання наведена на рисунку 3.7.

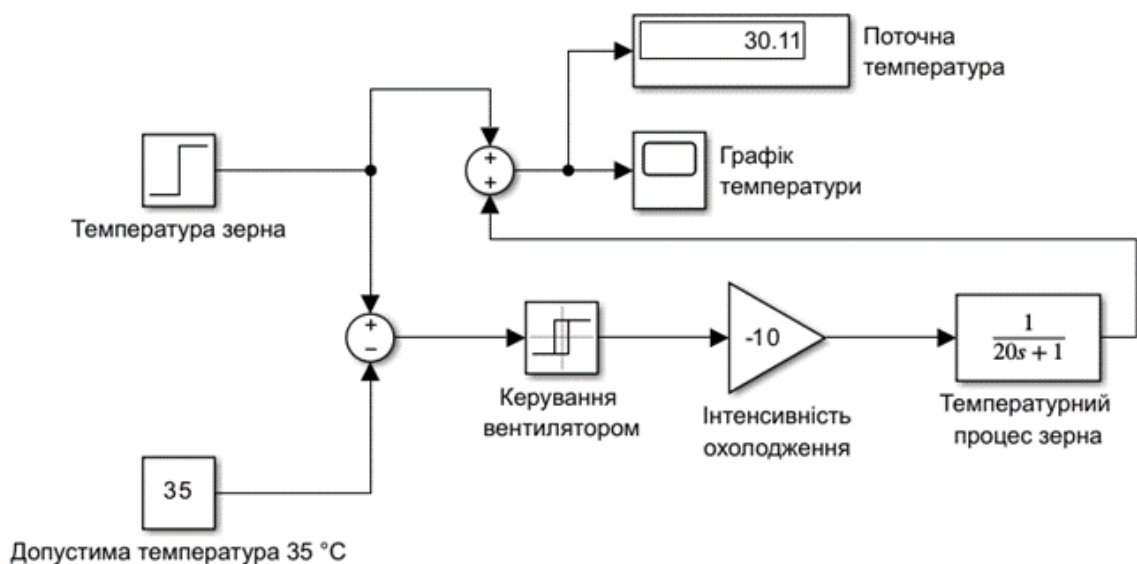


Рисунок 3.7 – Структура Simulink-моделі системи автоматичного регулювання

Розроблена Simulink-модель дозволяє дослідити роботу системи автоматичного керування, оцінити ефективність роботи вентиляції та перевірити правильність функціонування алгоритму автоматичного регулювання температури зерна.

3.4.3 Налаштування параметрів моделі

Після побудови Simulink-моделі системи автоматичного керування виконано налаштування основних параметрів системи, які визначають умови роботи системи та дозволяють максимально наблизити процес моделювання до реальних умов експлуатації елеваторного комплексу.

Під час налаштування моделі задаються початкові значення температури зерна, допустимі межі температурного режиму, параметри роботи системи вентиляції та тривалість процесу моделювання. Вибрані параметри дозволяють дослідити роботу автоматизованої системи у нормальному режимі та при виникненні перегріву зернової маси.

У моделі прийнято, що початкова температура зерна становить 24 °С. Допустимий температурний режим обмежується значенням 35 °С, при перевищенні якого система повинна автоматично активувати вентиляцію. Аварійним значенням температури вважається 40 °С, при досягненні якого система формує аварійний сигнал та переводить обладнання у безпечний режим роботи.

Для моделювання процесу охолодження використовується коефіцієнт охолодження, який характеризує ефективність роботи вентилятора системи вентиляції. Значення коефіцієнта охолодження підбирається експериментально відповідно до умов моделювання та необхідної швидкості охолодження зернової маси.

Основні параметри Simulink-моделі наведені у таблиці 3.1.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.1. Основні параметри Simulink-моделі

№	Параметр	Значення
1	Початкова температура зерна	24 °C
2	Допустима температура	35 °C
3	Аварійна температура	40 °C
4	Час моделювання	100 с
5	Коефіцієнт охолодження	0,25
6	Час реакції системи	2 с
7	Інтервал оновлення сигналів	1 с

Після налаштування параметрів виконано конфігурацію основних блоків Simulink-моделі. Для блока Step задається зміна температурного сигналу у визначений момент часу, блок Gain використовується для налаштування коефіцієнта підсилення, а блок Transfer Function дозволяє задати інерційність температурного процесу.

Також у моделі налаштовано параметри блока Scope, який використовується для відображення графіків зміни температури зерна у процесі моделювання. Для забезпечення коректного відображення результатів встановлено часовий інтервал моделювання 100 секунд та автоматичне масштабування графіків.

Після завершення налаштування параметрів система готова до проведення моделювання та аналізу перехідних процесів. Правильний вибір параметрів моделі дозволяє забезпечити достовірність результатів дослідження та оцінити ефективність роботи автоматизованої системи керування елеватором.

3.4.4 Аналіз перехідного процесу системи

Після налаштування параметрів Simulink-моделі виконано дослідження перехідного процесу автоматичного регулювання температури зернової маси. Основною метою аналізу є оцінка реакції автоматизованого керування на зміну температури зерна та перевірка ефективності роботи вентиляції.

У процесі моделювання температура зернової маси поступово збільшується до моменту перевищення допустимого значення. Після досягнення встановленого температурного порогу автоматичне керування формує сигнал на ввімкнення вентилятора. У результаті роботи вентиляції відбувається поступове охолодження зернової маси та стабілізація температури у допустимому діапазоні.

Графік перехідного процесу регулювання температури наведений на рисунку 3.8.

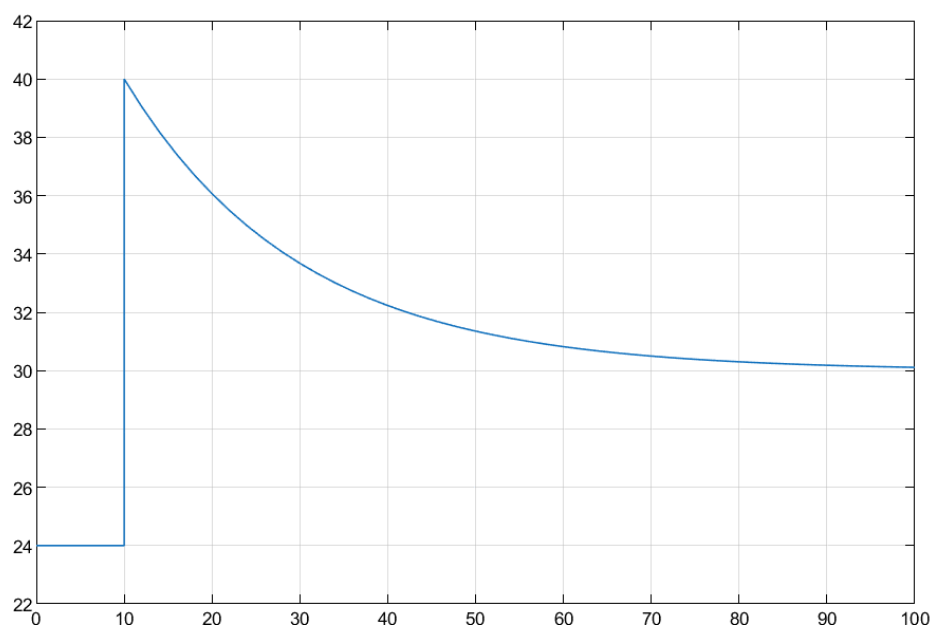


Рисунок 3.8 – Перехідний процес регулювання температури зерна

Аналіз отриманого графіка показує, що модель характеризується стабільною роботою та достатньо швидкою реакцією на зміну температурного режиму. Після перевищення допустимого значення температури автоматичне керування за короткий проміжок часу формує сигнал на ввімкнення вентилятора, що свідчить про високу швидкодію алгоритму керування.

Після активації вентиляції температура зернової маси поступово знижується та переходить у сталий режим роботи. При цьому значних коливань температури після стабілізації не спостерігається, що підтверджує правильність

налаштування параметрів Simulink-моделі та ефективність роботи автоматичного регулювання.

У ході аналізу також встановлено, що максимальне значення температури не перевищує аварійного рівня, а вентиляція забезпечує ефективне охолодження зернової маси. Час стабілізації температурного режиму є незначним, що дозволяє підтримувати безпечні умови зберігання зерна та запобігати виникненню аварійних режимів роботи.

Отримані результати підтверджують ефективність використання автоматизованого керування вентиляцією для підтримання стабільного температурного режиму та забезпечення безпечних умов зберігання зернової маси.

3.4.5 Порівняння роботи системи без автоматизації та з автоматизованим керуванням

Для оцінки ефективності впровадження автоматизованої системи керування виконано порівняння роботи елеваторного комплексу у двох режимах: без використання автоматизації та із застосуванням автоматизованої системи керування на базі PLC-контролера Siemens S7-1200.

При відсутності автоматизації контроль температури, вологості зерна та роботи обладнання здійснюється оператором вручну. У такому режимі оператор періодично перевіряє показники датчиків та самостійно приймає рішення щодо ввімкнення вентиляції або зерносушарки. Такий підхід значно збільшує ймовірність запізнення реакції на зміну технологічних параметрів, що може призвести до перегріву зерна, перевантаження обладнання або погіршення якості продукції.

У випадку використання автоматизованої системи керування контроль технологічних параметрів здійснюється у безперервному режимі. PLC-контролер постійно виконує опитування датчиків температури, вологості та рівня зерна, а

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

також автоматично формує керуючі сигнали для системи вентиляції та транспортних механізмів. Це дозволяє значно скоротити час реакції системи на зміну параметрів технологічного процесу.

Автоматизоване керування також забезпечує підвищення енергоефективності роботи елеватора. Завдяки використанню частотних перетворювачів система автоматично регулює швидкість обертання електродвигунів залежно від навантаження, що дозволяє знизити споживання електроенергії та зменшити механічне навантаження на обладнання.

Порівняння роботи системи без автоматизації та з автоматизованим керуванням наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Порівняння роботи системи

Параметр	Без автоматизації	З автоматизованим керуванням
Контроль температури	Періодичний	Безперервний
Реакція на перегрів	Затримана	Автоматична
Керування вентиляцією	Ручне	Автоматичне
Контроль обладнання	Візуальний	Автоматизований
Енергоефективність	Нижча	Вища
Імовірність аварій	Висока	Знижена
Робота оператора	Постійний контроль	Контроль через HMI/SCADA

Таким чином, результати порівняння підтверджують доцільність впровадження автоматизованої системи керування елеватором. Використання PLC-контролера, системи HMI/SCADA та автоматичного регулювання параметрів технологічного процесу дозволяє підвищити надійність роботи обладнання, покращити якість зберігання зерна та знизити вплив людського фактора на роботу системи.

3.4.6 Висновки за результатами моделювання

У результаті проведеного моделювання автоматизованої системи керування елеватором у середовищі MATLAB Simulink підтверджено працездатність розроблених алгоритмів автоматичного контролю та керування технологічним процесом. Побудована Simulink-модель дозволила дослідити процес зміни температури зернової маси та оцінити ефективність роботи системи вентиляції у різних режимах роботи.

Під час моделювання встановлено, що система автоматичного керування забезпечує своєчасне реагування на перевищення допустимого значення температури зерна. Після досягнення заданого температурного порогу PLC-контролер формує керуючий сигнал на ввімкнення вентиляції, у результаті чого температура поступово стабілізується та повертається у безпечний робочий діапазон.

Аналіз перехідного процесу показав, що система характеризується стабільною роботою, достатньо швидкою реакцією на зміну температури та відсутністю значних коливань після стабілізації режиму роботи. Це свідчить про правильність вибору параметрів моделі та ефективність алгоритму автоматичного регулювання.

У ході порівняння роботи системи без автоматизації та з автоматизованим керуванням встановлено, що використання PLC-контролера, HMI/SCADA-системи та автоматичного регулювання дозволяє значно підвищити ефективність роботи елеваторного комплексу. Автоматизація забезпечує безперервний контроль технологічних параметрів, знижує ризик виникнення аварійних ситуацій та мінімізує вплив людського фактора на роботу системи.

Отримані результати підтверджують доцільність використання автоматизованої системи керування для контролю процесу зберігання зерна. Використання сучасних засобів автоматизації дозволяє підвищити надійність роботи обладнання, забезпечити стабільний температурний режим та покращити якість зберігання зернової продукції.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, проведене моделювання у середовищі MATLAB Simulink підтвердило ефективність розробленої автоматизованої системи керування елеватором та можливість її практичного застосування для автоматизації технологічних процесів зберігання зерна.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено автоматизовану систему керування елеватором, призначену для підвищення ефективності технологічних процесів зберігання, транспортування та обробки зернової продукції. Проведено аналіз особливостей функціонування елеваторних комплексів, визначено основні параметри, що підлягають контролю, а також досліджено існуючі системи автоматизації та їх недоліки.

У роботі обґрунтовано необхідність впровадження сучасної автоматизованої системи керування, яка забезпечує безперервний контроль технологічних параметрів, зменшення впливу людського фактору та підвищення надійності роботи обладнання. Розроблено структуру системи автоматизації на базі програмованого логічного контролера Siemens S7-1200 із використанням датчиків температури, вологості, рівня зерна та виконавчих механізмів для керування транспортним і вентиляційним обладнанням елеватора.

У результаті виконання роботи було здійснено вибір технічних засобів автоматизації, які відповідають умовам експлуатації елеваторного комплексу та забезпечують ефективне функціонування системи керування. Використання PLC-контролера та сучасних засобів автоматизації дозволяє реалізувати централізоване керування технологічними процесами, здійснювати моніторинг стану обладнання та оперативно реагувати на аварійні ситуації.

У межах роботи також розглянуто питання охорони праці та безпеки експлуатації елеваторного комплексу. Проведено аналіз умов праці оператора автоматизованої системи керування, визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також запропоновано заходи щодо забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки та безпечної експлуатації технологічного обладнання.

Розроблені заходи щодо зниження аварійності та виробничих ризиків дозволяють підвищити рівень безпеки персоналу, знизити ймовірність виникнення аварійних ситуацій та забезпечити стабільну роботу елеваторного комплексу.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

Використання систем автоматичного контролю, аварійної сигналізації та захисту обладнання сприяє підвищенню надійності функціонування системи автоматизації.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості впровадження розробленої автоматизованої системи на реальних елеваторних підприємствах з метою підвищення ефективності роботи, зниження експлуатаційних витрат та забезпечення належних умов зберігання зернової продукції.

Подальший розвиток роботи може бути пов'язаний із впровадженням сучасних систем диспетчеризації, віддаленого моніторингу та інтеграції автоматизованої системи керування елеватором із сучасними інформаційними технологіями та промисловими мережами передачі даних.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація технологічних процесів і виробництв : навчальний посібник / О. М. Ткаченко, В. В. Козирський. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. – 276 с.
2. Бойко В. С. Автоматизація виробничих процесів : підручник. – Львів : Новий Світ-2000, 2019. – 480 с.
3. Бурлака В. В. Системи автоматичного керування технологічними процесами : навчальний посібник. – Харків : Факт, 2018. – 312 с.
4. Гаврилюк О. О. Основи автоматизації технологічних процесів : навчальний посібник. – Київ : Кондор, 2021. – 356 с.
5. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин і механізмів. Загальні вимоги. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
6. ДСТУ ISO 12100:2014. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінка ризику та зниження ризику. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015.
7. ДСТУ 12.1.004-91. Пожежна безпека. Загальні вимоги. – Київ : Держстандарт України, 2017.
8. ДСТУ ІЕС 61131-3:2017. Програмовані контролери. Частина 3. Мови програмування. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
9. Елеватори та зерносклади : навчальний посібник / І. С. Марченко, О. В. Савченко. – Київ : Аграрна освіта, 2020. – 298 с.
10. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. – Львів : Афіша, 2021. – 376 с.
11. Ковальчук П. І. Автоматизовані системи керування технологічними процесами : навчальний посібник. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2020. – 248 с.
12. Козирський В. В. Системи автоматизації та керування : підручник. – Київ : Аграр Медіа Груп, 2018. – 410 с.
13. MATLAB Simulink. User's Guide. – MathWorks Inc., 2023. – 820 p.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

14. Методи та засоби автоматизації виробничих процесів : навчальний посібник / М. М. Климаш. – Львів : Львівська політехніка, 2020. – 330 с.
15. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – Київ : Держпраці України, 2017.
16. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. – Київ : Держпраці України, 2018.
17. Основи SCADA-систем : навчальний посібник / І. В. Биков. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – 214 с.
18. Охорона праці в галузі : навчальний посібник / В. М. Заплатинський. – Київ : Центр учбової літератури, 2020. – 328 с.
19. Петрук В. Г. Автоматизація технологічних процесів : навчальний посібник. – Тернопіль : ЗУНУ, 2021. – 295 с.
20. Петров В. М. Програмовані логічні контролери Siemens S7-1200 : практичний посібник. – Київ : Техніка, 2022. – 290 с.
21. Правила пожежної безпеки в Україні. – Київ : МВС України, 2021.
22. Савків В. І. Системи автоматизованого керування : навчальний посібник. – Тернопіль : ЗУНУ, 2022. – 318 с.
23. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual. – Germany : Siemens AG, 2023.
24. Siemens AG. SINAMICS V20 Operating Instructions. – Germany : Siemens AG, 2022.
25. Siemens AG. WinCC Engineering Manual. – Germany : Siemens AG, 2023.
26. Системи автоматизації технологічних процесів : навчальний посібник / Ю. М. Коваль. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 267 с.
27. Технічні засоби автоматизації : підручник / О. Ф. Волков. – Київ : Каравела, 2018. – 344 с.
28. Федоренко В. Г. Автоматизація виробничих процесів у сільському господарстві : навчальний посібник. – Полтава : ПДАУ, 2020. – 286 с.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

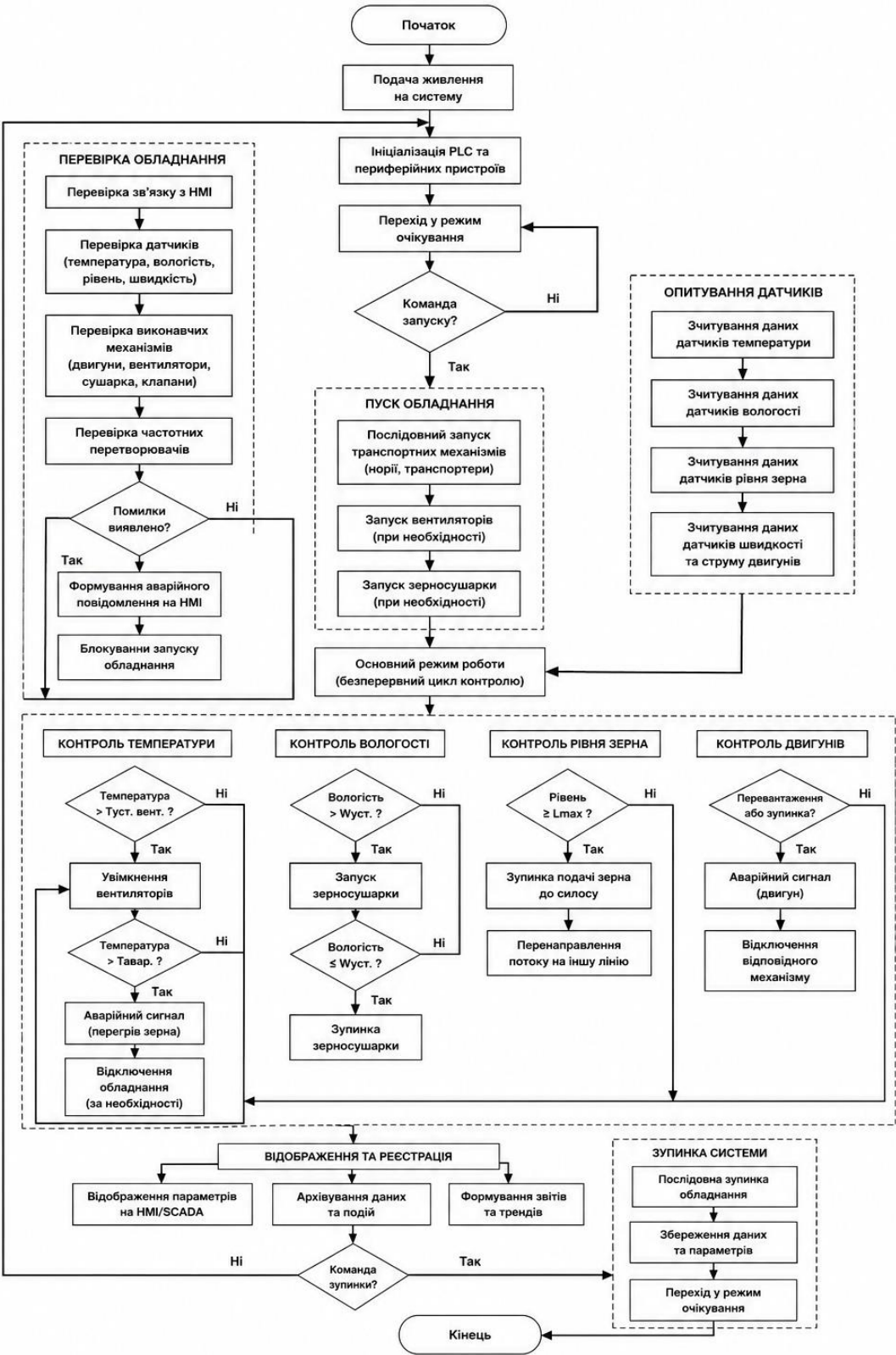
29. Automation of Grain Elevator Systems / John Andrews. – New York : Industrial Press, 2021. – 315 p.

30. Grain Storage and Handling Technologies / David McKee. – London : Academic Press, 2020. – 402 p.

31. PLC Programming with SIMATIC Controllers / Hans Berger. – Berlin : Publicis Publishing, 2021. – 520 p.

32. SCADA Systems and Industrial Automation / Stuart A. Boyer. – USA : ISA Publishing, 2022. – 450 p.

					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



					ДП.АКІТ.10994376.00.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата				
Розроб.	Козубаль Н.Т.				Блок-схема алгоритму роботи керування елеватором		Літ.	Арк.
Перевірив.	Возна Н.Я.							Акрушів
Консульт.	Возна Н.Я.							
Н. Контр.	Заставний О.М						ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-42/1	
Затверд.	Сегін							