

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

ДОЛЮК Володимир Іванович

**Автоматизована система керування
завантаженням та вивантаженням зерна на
елеватор/ Automated system for controlling the
loading and unloading of grain to the elevator**

спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТм-21
В. І. Долюк

Науковий керівник:
к.т.н., доцент, О. М. Заставний

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:

"__" "_____ 20__ р.

Завідувач кафедри
_____ А. І. Сегін

ТЕРНОПІЛЬ - 2023

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

спеціальність:151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сегін

“ _____ ” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

ДОЛЮК Володимир Іванович

(прізвище, ім'я по-батькові)

Тема кваліфікаційної роботи

Автоматизована система керування завантаженням та вивантаженням зерна на елеваторі / Automated control system for grain loading and unloading at the elevator

Керівник роботи _____ к.т.н., О.М. Заставний

Затверджені наказом по університету від 8 грудня 2022 р. № 491

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи

30 листопада 2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Аналіз сучасних технологій та методів в сфері керування елеваторами

2. Структура системи зернового елеватора

3. Процеси завантаження та вивантаження зерна на елеваторі

4. Технічні засоби для вимірювання, ВМ та регулюючих органів

4. Основні питання, які потрібно розробити

1. Аналіз сучасних технологій та методів в сфері керування елеваторами.

2. Розроблення схем системи керування завантаження та вивантаження зерна на елеваторі.

3. Розроблення програмного забезпечення системи керування завантаження та вивантаження на елеваторі

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Структурна схема системи керування роботою елеватора

2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

3. Мнемотехнічна схема технологічного процесу

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	О.М. Заставний, ст.викл кафедри СКС		
2	О.М. Заставний, ст.викл кафедри СКС		
3	О.М. Заставний, ст.викл кафедри СКС		

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасних технологій та методів в сфері керування елеваторами	12.2022р. – 02.2023р.	
2	Розроблення схем системи керування завантаження та вивантаження зерна на елеваторі	03.2023р. – 06.2023р.	
3	Розроблення програмного забезпечення системи керування завантаження та вивантаження зерна на елеваторі	07.2023р. – 11.2023р.	
4	Передзахист кваліфікаційної роботи		
5	Захист кваліфікаційної роботи	19.12.2023р.	

Студент

(підпис)

В.І. Долюк

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., О.М. Заставний

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 72 сторінках та містить 54 рисунків, 1 додаток, 20 джерел за переліком посилань.

Мета кваліфікаційної роботи. Метою кваліфікаційної роботи є розробка, автоматизованого програмного забезпечення для елеваторної установки, яка спростить процес розвантаження та завантаження зерна.

Результати роботи. Створене програмне забезпечення для автоматизованої системи, яке забезпечить точне керування завантаженням та вивантаженням зерна, а також можливість моніторингу та віддаленого управління. У роботі досліджено метод запобігання перегріву підшипників на елеваторі та розроблене програмне забезпечення для моніторингу та контролю температури.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Запропоноване програмне забезпечення для автоматизації зернового елеватора, яке надасть можливість ефективно керувати процесами обробки та транспортування зерна.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНА, КЕРУВАННЯ, ПЛК.

ABSTRACT

The work is completed on 72 pages and contains 54 figures, 1 appendix, 20 sources according to the list of references.

The purpose of the qualification work. The goal of the qualification work is the development of automated software for an elevator installation that will simplify the process of unloading and loading grain.

Work results. Created software for an automated system that will provide accurate control of grain loading and unloading, as well as the possibility of monitoring and remote control. In the work, a method of preventing overheating of bearings in an elevator was investigated and software for temperature monitoring and control was developed.

Recommendations on the use of work results. The proposed software for the automation of a grain elevator, which will provide an opportunity to effectively manage the processes of processing and transportation of grain.

Keywords: AUTOMATED SYSTEM, GRAIN LOADING AND UNLOADING, CONTROL, PLC.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДІВ В СФЕРІ КЕРУВАННЯ ЕЛЕВАТОРАМИ.....	6
1.1 Зерноскховища та їх важливість у зернопереробній галузі.....	6
1.2 Процеси завантаження та вивантаження зерна на елеваторі	10
1.3 Сучасні технології управління елеваторами	24
2. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНА НА ЕЛЕВАТОРІ	34
2.1 Структурна схема системи керування роботою елеватора.....	34
2.2 Опис схеми автоматизації	36
2.3 Обрання обслуговуючих засобів для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів.....	37
3. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНА НА ЕЛЕВАТОРІ.....	47
3.1 Проектне компонування ПЛК.....	47
3.2 Загальний план підключення сенсорів та ВМ до ПЛК	49
3.3 Розширені конфігурації з'єднання для окремого контуру	50
3.4 Вибір та налаштування середовища програмування	53
3.5 Розробка програмного забезпечення.....	58
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71
Додаток А.....	Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

Актуальність теми. Автоматизована система керування завантаженням та вивантаженням зерна на елеваторі є актуальною темою, оскільки сучасна агропромислова галузь стикається з постійним підвищенням обсягів виробництва та вимагає ефективних технологічних рішень для оптимізації внутрішніх процесів. Зростання об'ємів зернового виробництва вимагає удосконалення і автоматизації кожного етапу зернового циклу, а система керування завантаженням та вивантаженням виявляється ключовим елементом цього процесу.

Автоматизація завантаження та вивантаження на елеваторі дозволяє підвищити продуктивність та забезпечити ефективне використання ресурсів. За допомогою точного контролю над цими процесами можна уникнути перевантажень та неякісної обробки зерна, забезпечуючи оптимальні умови для зберігання та транспортування.

Крім того, врахування сучасних вимог до сталого розвитку та зменшення впливу людського фактору на навколишнє середовище підкреслює важливість автоматизованих систем. Зменшення людського втручання в робочі процеси також сприяє зниженню ризиків та підвищенню безпеки на елеваторах.

Зв'язок роботи із науковими планами, програмами, темами

Напрямок виконаних досліджень безпосередньо пов'язаний з науково-дослідним напрямком кафедри “Спеціалізованих комп'ютерних систем” Західноукраїнського національного університету.

Мета і задачі дослідження

Метою магістерської роботи є розробка, автоматизованого програмного забезпечення для елеваторної установки, яка спростить процес розвантаження та завантаження зерна.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:

1. Аналіз сучасних технологій та рішень: Провести огляд і аналіз існуючих технологій та автоматизованих систем керування в галузі завантаження та вивантаження на елеваторах, визначивши їхні переваги та недоліки.

2. Розробка концепції системи: Розробити концепцію автоматизованої системи керування, враховуючи вимоги зернового виробництва, особливості технічних характеристик елеваторів та потреби у високій ефективності.

3. Розробка програмного забезпечення: Створити програмне забезпечення для автоматизованої системи, яке забезпечить точне керування завантаженням та вивантаженням зерна, а також можливість моніторингу та віддаленого управління.

4. Впровадження та візуалізація: Реалізувати розроблену систему на елеваторі, провести етап візуалізації для визначення її ефективності та адаптації до реальних умов виробництва.

Об'єкт дослідження - зерновий елеватор як комплексна система для зберігання, транспортування та обробки зернових культур.

Предмет дослідження - автоматизована система керування завантаженням та вивантаженням зерна на зерновому елеваторі.

Метод дослідження – комплексний аналіз та інтеграція передових технологій автоматизації та інформаційних систем у сфері зернового виробництва.

Наукова новизна

Створення комплексного підходу, який дозволить ефективно управляти та попереджувати перегрів підшипників, забезпечуючи стабільну та безперебійну роботу елеватора та тривалий термін його служби.

Практична значущість отриманих результатів

В рамках магістерської роботи розроблено програмне забезпечення для автоматизації зернового елеватора, яке надасть можливість ефективно керувати процесами обробки та транспортування зерна.

Апробацію результатів роботи

Основні положення магістерського дослідження апробовані на науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Кібербезпека та комп'ютерно-інтегровані технології» (КБКІТ - 2023), що проходив 29-31 серпня 2023 року у м. Тернополі на базі Західноукраїнського національного університету та науковому-практичному симпозиумі “Захист інформації” що проходив 30 листопада 2023 року у м. Тернополі.

Публікації

Долюк В.І. Автоматизована система керування елеватором.//Збірник матеріалів науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів “Кібербезпека та комп'ютерно-інтегровані технології” (КБКІТ - 2023).Тернопіль, 2023,-218с.

Долюк В.І. Метод попередження поломок на елеваторі на основі контролю температури підшипників.//Збірник матеріалів науково-практичного симпозиуму “Захист інформації”, Тернопіль, 2023,-54с.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДІВ В СФЕРІ КЕРУВАННЯ ЕЛЕВАТОРАМИ

1.1 Зерносховища та їх важливість у зернопереробній галузі

Зернові почали вирощувати в епоху неоліту, приблизно до н.е. Близько 4000 року до нашої ери шумери були першими людьми, які зберігали його. Зерно є найважливішим харчовим елементом як для людини, так і для тварин. Зберігання зерна є особливо важливим з точки зору забезпечення харчової безпеки, а також цінової стабільності.

Зерносховище - це спеціально призначене приміщення для зберігання зерна, отриманого після збирання та обробки сільськогосподарських культур. Це місце призначене для зберігання основних зернових культур, таких як пшениця, ячмінь, кукурудза та інші, а також зернових сумішей, після їх обробки, яка зазвичай проводиться на пунктах первинної обробки.

За оцінками Продовольчої та сільськогосподарської організації (FAO), одна третина продуктів харчування, вироблених у всьому світі для споживання людиною, втрачається або витрачається в ланцюжку постачання. Через неправильні умови зберігання щороку втрачаються мільйони тонн зерна. Ефективні в умовах зберігання такі фактори, як вологість, тепло, шкідники та вентиляція, впливають на якість та кількість зерна та скорочують термін зберігання. У зв'язку з цим відповідні технології зберігання є одними з найважливіших елементів у ланцюзі продовольчого постачання зерна, яке є важливим джерелом їжі.

Завдяки можливості тривалого зберігання зерна століттями допомагали людству рятуватись у часи посухи, голоду та війни. У період постійного зростання населення потреба в продовольчих ресурсах неухильно зростає, але сільськогосподарські угіддя та виробництво все ще обмежені. Тому харчові відходи стають досить недоступними, і в цей момент умови зберігання та

зберігання зерна стають критичними. Тому що при належних умовах зберігання можна значно зменшити втрати та псування зерна.

У деяких країнах втрати харчових продуктів через погане/неефективне зберігання оцінюються в діапазоні від 15% до 50%. Це особливо турбує країни, що розвиваються, де продовольча безпека та доступ до їжі є справжньою проблемою. Причини таких відходів різноманітні: збирання врожаю на неправильній стадії зрілості, надмірне перебування під дощем, вплив посухи чи сильної спеки, забруднення мікроорганізмами та фізичне пошкодження, яке знижує цінність продукту.

Втрати продовольства призводять до того, що частина пропозиції зникає з ринку, що сприяє підвищенню цін на продукти харчування. Вони також впливають на погіршення навколишнього середовища та зміну клімату, оскільки невідновлювані ресурси, такі як земля, вода, людська праця, добрива та енергія, використовуються для виробництва, обробки, використання та транспортування їжі, яку ніхто не споживає.

Тут важливу роль відіграє післязбиральна робота. Цей процес включає всі елементи ланцюжка створення вартості, від виробництва в полі до кухні та споживання. Діяльність у післязбиральному періоді включає збирання, обробку, зберігання, переробку, пакування, транспортування та маркетинг.



Рисунок 1.1 – Зерновий елеватор

Існує незліченна кількість способів зберігання зерна, від цегляних і будівельних складів до бетонних силосів або силосних мішків. Однак для значних обсягів і промислових цілей металеві силоси виявилися найкращим середньостроковим і довгостроковим рішенням, універсальним і економічним.

Насипні та силосні мішки: з точки зору управління, насипний метод дозволяє переробляти великі об'єми зерна за допомогою механічного переміщення та автоматичного розвантаження зі швидкістю до 2000 тонн/год. Транспортування та пакування відбувається набагато швидше, навіть у портах чи аеропортах, але великі обсяги мішків неможливі. Це також вимагає менше праці, ніж мішки.

Бетонний бункер проти металевого силосу: обидва працюють на однакових принципах і техніках і можуть бути оснащені майже однаковими елементами; Однак інвестор незабаром зрозуміє, що бетонний силос буде мати повільну та складну установку з вищими потребами в обслуговуванні та інвестиціях.

Металеві силоси також мають більші переваги перед цегляними та будівельними складами. Металевий силос може зберігати більшу кількість зерна, використовуючи більш обмежений простір, ніж склади. Крім того, металеві силоси дозволяють повністю автоматизувати, що означає менші інвестиції та експлуатаційні витрати на тонну, що зберігається.

Горизонтальні елеватори за формою нагадують звичайні ангари. Вертикальні силоси – це циліндри, що вміщують таку ж кількість зерна, що й ангари, проте займають значну меншу площу, а їх монтаж можливо провести в найкоротші терміни.

Для зручності використання та мінімізації часу простою (очікування) автотранспорту до зернохосвищ повинні бути обладнані зручні під'їзні шляхи та влаштовані місця для розвантаження автомобілів.

Заготівельний місцевий елеватор відіграє ключову роль у русі зерна з ферми на ринок. У пшеничних районах України їх налічується близько

тисячі. Процес маркетингу починається, коли фермер доставляє пшеницю на місцевий елеватор.

Коли українські фермери збирають урожай пшениці, вони мають можливість вибору:

відразу продавати і постачати пшеницю на місцевий заготівельний елеватор за переважаючими ринковими цінами;

зберігати пшеницю у себе на фермах у зернових бункерах або на місцевих елеваторах, сподіваючись продати її пізніше за вищою ціною;

продавати пшеницю з майбутнім постачанням або за форвардним контрактом; використовувати пшеницю, що зберігається, як заставу для отримання позички (без права вимоги відшкодування можливих втрат при реалізації закладеної продукції) від держави. Цим вони отримують корисне джерело доходу до того часу, коли вони ухвалюють рішення про продаж пшениці на ринку або її доставку в розпорядження держави замість виплати отриманої позики.

Усі місцеві елеватори належать та експлуатуються приватними особами. Деякі з них належать великим компаніям з експорту зерна, котрим вони є першою ланкою експортного ланцюга. Багато елеваторів належать фермерським кооперативним асоціаціям, що іноді є частиною великої мережі маркетингу. Деякі належать зерновим компаніям, деякі борошномельним компаніям, а деякі є власністю місцевих бізнесменів. Незалежно від того, кому вони належать, більшість елеваторів діють за ліцензією відповідно до законів штату або федеральних законів.

Місцеві елеватори відрізняються за розміром, але виконують ту саму функцію: будучи пунктами збору та закупки зерна у виробників, звідки пшениця надходить далі на ринок. Пшениця, що доставляється вантажівками з прилеглих ферм, зважується, відбираються проби зерна для оцінки її якості та визначення класу за державними стандартами України. За підсумками цих якісних показників встановлюється ціна на зерно. Потім пшениця або поміщається в елеватор на зберігання, або залізничними складами, баржами або вантажівками

відправляється далі покупцям: експортерам, термінальним елеваторам, підприємствам, що переробляють, або агентам. Ціна, яку отримує власник елеватора за будь-яку партію відвантаженої пшениці і ціна, яку він, у свою чергу, виплачує виробнику пшениці, відповідає переважним цінам на ринках.

Термінальні елеватори

З місцевих заготівельних елеваторів зерно направляється у великі центральні накопичувальні об'єкти для зберігання та розподілу, які називаються "термінальними" або "субтермінальними" елеваторами.

Ці об'єкти зручно розташовані для обслуговування внутрішнього і зовнішніх ринків. Найефективніші зернові термінали України зосереджені у трьох портах Одеси та Миколаївському кластері морських торговельних портів. Деякі з цих термінальних елеваторів вміщують понад мільйон тонн пшениці та інших зернових культур. Завдання термінальних елеваторів полягає у зберіганні зерна без втрати якості та відвантаженні покупцям відповідно до їх вимог. Звідси зерно йде у продаж на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Такі елеватори грають важливу роль у підтримці продовольчої безпеки, ефективному управлінні запасами сільськогосподарської продукції і сприяють розвитку сільського господарства і торгівлі.

1.2 Процеси завантаження та вивантаження зерна на елеваторі

Зерно та зернові продукти можуть транспортуватися тиском повітря або вакуумом. Якщо зернові продукти транспортуються по повітрю, немає проблеми з дробленням, яка виникає в машинах або механізмах, таких як шнеки, конвеєри або ковшові елеватори. Оскільки зерновий пил транспортується по закритих трубах, пил не поширюється в навколишнє середовище. Таким чином досягаються такі переваги, як безпечність харчових продуктів і чистота підприємства.

Різні системи використовуються для різних застосувань у пневматичних системах транспортування зерна.

Пневмо-повітряні транспортні системи; Це системи, які служать для транспортування сипучих і сипучих продуктів, таких як порошок, порошок, частинки, гранули та гранульовані продукти, повітряним потоком у закритій системі (трубі чи каналі). Пневматичні - повітряні транспортні системи дозволяють транспортувати сировину методом надлишкового тиску (штовхання) або вакууму - негативного тиску (всмоктування).

Пневматичні системи надлишкового тиску – системи транспортування повітря включають; Він поділяється на дві підгрупи: пневматична система транспортування повітря під тиском розрідженої фази та пневматична система транспортування повітря під високим тиском фази. Під час проектування системи враховуються такі питання, як тип сировини, розмір зерна, насипна щільність, температура, відстань транспортування, точка подачі, точка розвантаження, абразивність продукту, властивість руйнування або розпаду.

Пневматичні транспортні системи можуть транспортувати з різною швидкістю від 3 до 30 м/с, враховуючи характеристики продукту та транспортування. У цих системах такі потужності, як 300 т/год або 500 м³/год, можуть транспортуватися на відстані до 2000 м. Пневматичні системи транспортування повітря широко використовуються в цементній, харчовій, хімічній, фармацевтичній, сільському господарстві, будівництві, енергетиці, металургійній та гірничодобувній промисловості.

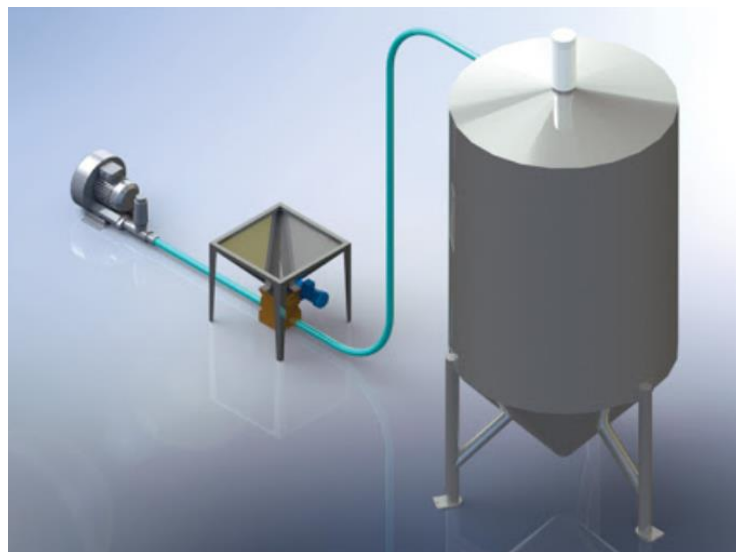


Рисунок 1.2 – Пневмо-повітряні транспортні системи

Типи пневматичних систем транспортування повітря

Спосіб повітряного транспортування під тиском (Push).

У системах транспортування розведеної фази надлишкового тиску; Стиснене повітря, що виробляється повітряними генераторами, такими як повітряна центрифуга - повітродувка або вентилятор, горизонтально та вертикально транспортує порошок, гранули та зернові продукти, що передаються в трубопровід повітряним шлюзом (обертювий клапан - esclus - коміркове колесо - зірчастий живильник, трубка Вентурі тощо). .) живильники Це дозволяє транспортувати його до пункту або пунктів розвантаження. Матеріали, що транспортуються, відокремлюються від повітря за допомогою такого обладнання, як струминні фільтри та циклони, розташовані в точках вивантаження, а транспортне повітря чистим чином викидається в атмосферу.



Рисунок 1.3 – Система транспортування розведеної фази надлишкового тиску

Метод повітряної конвеєрної системи негативного тиску/вакууму (всмоктування).

У системах транспортування розведеної фази з негативним тиском сировина може бути передана в трубопровід з точки подачі або точок з обладнанням для подачі (повітряний шлюз, спіраль тощо) і подається в трубопровід контрольованим способом за допомогою вакуумних колекторів і апаратів. Повітря з необхідним розрідженням і витратою виробляється за допомогою нагнітача або вентилятора відцентрового типу. Матеріал відокремлюється від повітря фільтрами (реактивний циклон) або циклонами в точці або точках викиду. Матеріали, відокремлені від повітря в струминному циклоні, передаються до точок вивантаження за допомогою живильників (обертового клапана, коміркового колеса, дросельних, шибєрних і маятникових клапанів), розташованих під циклонами.

Системи повітряного транспортування з від'ємним тиском (вакуум) дозволяють всмоктувати матеріали – сировину з відкритих складських приміщень, відкритих транспортних засобів (тракторів, вантажівок, TIR, вагонів і кораблів), відкритих силосів і з землі. У всмоктувально-вакуумних системах подача може здійснюватися з кількох точок. У той же час вони дозволяють очищати пил, частинки і зерна, накопичені в різних точках промислових об'єктів (просіювання - ліфтові ями, виробничі цехи та важкодоступні місця тощо).

Оскільки система працює при негативному тиску, немає пилу та витоків, що полегшує транспортування токсичних і вибухонебезпечних матеріалів. У вакуумних транспортних системах переважно транспортувати матеріали з великими розмірами частинок (15–20 мкм t), крихкі та некорозійні матеріали. Крім того, генератори повітря надлишкового тиску (повітрорудки) злегка нагрівають повітря, створюючи тиск повітря. Оскільки транспортування матеріалів, на які впливатиме температура, буде проблемою, перевагу надають методу транспортування під негативним тиском.



Рисунок 1.4 – Система повітряної конвеєрної системи негативного тиску/вакууму



Рисунок 1.5 – Пакування зерна на складі в мішок з вакуумом

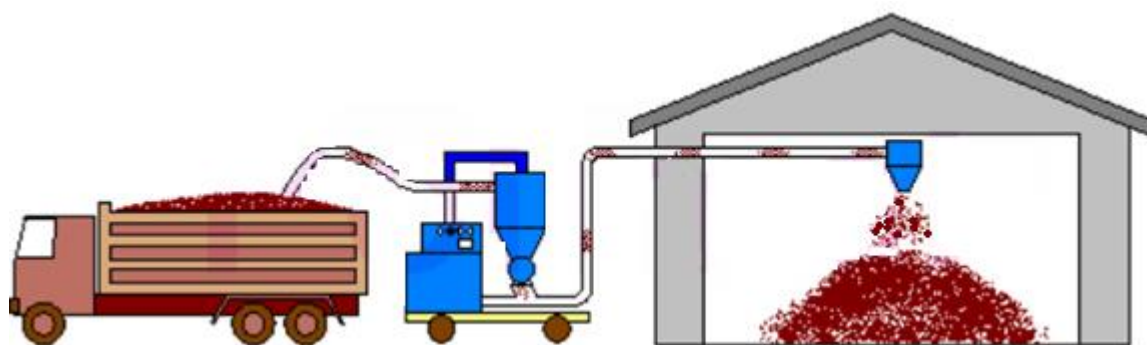


Рисунок 1.6 – Розвантаження зерна з автотранспорту на склад

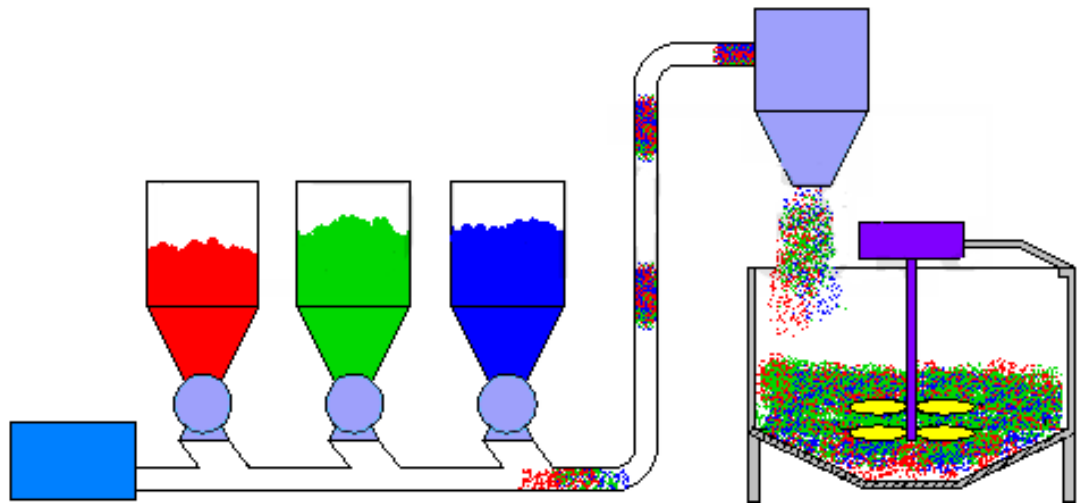


Рисунок 1.7 – Змішування різних зернових продуктів у силосах у змішувачі шляхом дозування

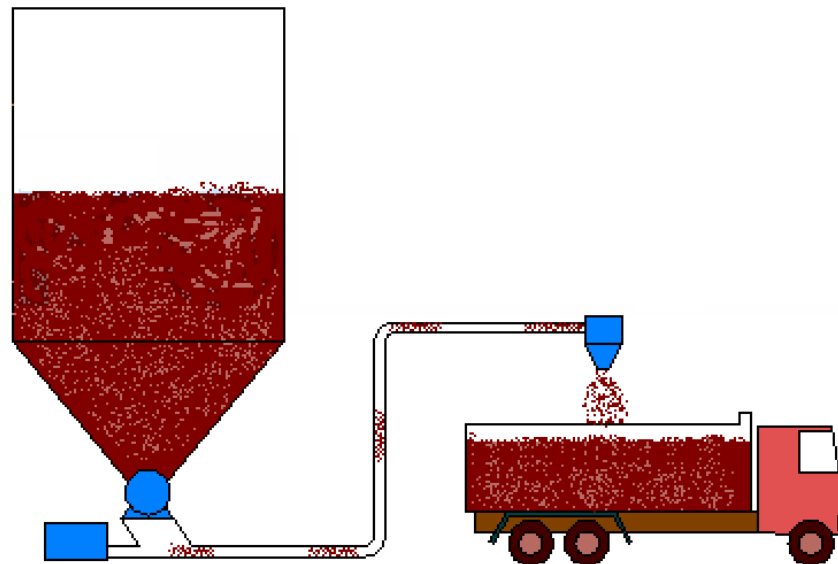


Рисунок 1.8 – Процес наповнення зерна з силосу у вантажівку

Система транспортування повітря щільної фази.

Це система для транспортування сипких матеріалів з високим тиском, низькою швидкістю потоку (швидкістю) рідин (повітря - азот) у точці подачі та в закритих каналах (трубах або повітропроводах) до точки або точок вивантаження.

Швидкість системи транспортування щільної фази змінюється залежно від параметрів сировини та транспортування, але може бути обрана в межах 3–12

м/с. У системах транспортування щільної фази тиск у трубопроводі коливається в межах 0,5/6 бар. У повітряних транспортних системах із щільною фазою переважно транспортувати порошкові, порошкоподібні, гранульовані, крихкі та абразивні матеріали низької щільності, суміші матеріалів. У системі YFT матеріали транспортуються з великою потужністю та на великі відстані.

Транспортна система конденсованої фази; Він складається з резервуара під тиском і різного обладнання на ньому (клапани припливу, вентиляції, нагнітання та нагнітання, датчики або перемикачі рівня тиску, регулятор регулювання витрати повітря та панель керування). При відкритті живильного клапана із зони, де зберігається матеріал (силос, бункер, бігбег - бункери системи розвантаження мішків, спіраль тощо), резервуар заповнюється власною вагою. Датчик рівня визначає, що напірний бак заповнений, і інформує про це панель керування. Після заповнення напірного бака закриваються припливний і вентиляційний крани.



Рисунок 1.9 – Система транспортування повітря щільної фази

Відкриваючи клапани стисненого повітря, матеріал у резервуарі створює тиск. Після досягнення бажаного значення тиску інжекційний клапан відкривається, і матеріал переміщується до точки розвантаження та точок усередині трубопроводу. Матеріал відокремлюється від повітря за допомогою струменевих фільтрів, розташованих у місцях випуску, а транспортне повітря викидається в атмосферу. Допоміжні інструменти на трубопроводі (відводні клапани, зносостійкі коліна та кінцеві труби, підтримуюче повітряне обладнання

тощо) дозволяють системі працювати в різних варіаціях. Управління системою здійснюється з пульта управління.

Мобільна пневматична система завантаження та розвантаження зерна.

У мобільній пневматичній транспортно-транспортній системі зерно, зтягнуте вакуумним шлангом, транспортується до потрібного місця під тиском повітря. Її основними компонентами є повітродувка, повітряний шлюз (клітинне колесо) і циклонна система. Вакуумний шланг витягує зерно з силосу, землі або вантажівки. Змелене зерно можна транспортувати в потрібне місце за допомогою системи розвантаження. Її можна заповнювати у вантажівки, силоси та склади. Для використання цієї системи достатньо однієї людини.

Переваги мобільної пневматичної транспортної системи:

- Це дозволяє транспортувати повітрям такі матеріали, як пшениця, ячмінь, зерно, нут і кунжут, без будь-яких пошкоджень чи руйнувань.
- Зерновий продукт витягується із землі, вантажівки чи силосу за допомогою вакууму та переміщується на землю, вантажівку чи силос.
- Можна легко використовувати в місцях, куди не може дістатися шнек
- Зернові продукти можна транспортувати на відстань 80 метрів по горизонталі та 40 метрів по вертикалі
- Система може працювати з електродвигуном, дизельним двигуном або трактором.
- Існують транспортні системи бажаної місткості, які займають мало місця та можуть бути встановлені на транспортних засобах, таких як вантажівки та трактори.



Рисунок 1.10 – Розвантаження з автотранспорту зерна на склад за допомогою вакуумного шлангу



Рисунок 1.11 – Завантажування зерна на автотранспорт з складу за допомогою вакуумних шлангів

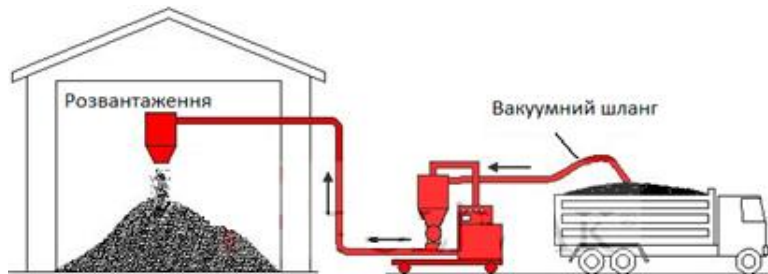


Рисунок 1.12 – Розвантаження зерна з автотранспорту на склад за допомогою вакуумних шлангів

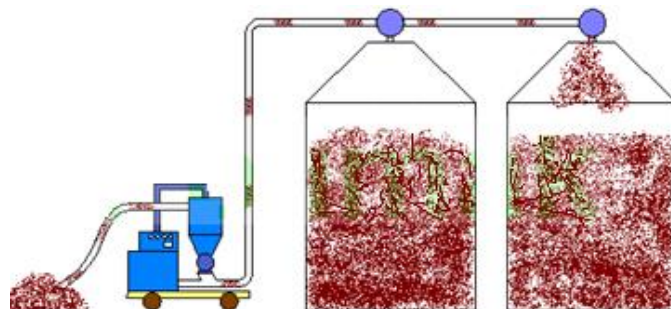


Рисунок 1.13 – Перенесення зерна з землі в силоси

Труба – гвинтовий конвеєр з вуглецю або нержавіючої сталі; Це обладнання, яке дозволяє механічно транспортувати твердий порошок, порошок, гранульований, гранульований структурований матеріал у масовій формі. У промислових установках і системах шнек називають такими назвами, як шнековий конвеєр, шнековий живильник, конвеєр, спіральний конвеєр, дозуючий шнек.

Типи шнекових конвеєрів

Гвинтові конвеєри виготовляються з жолобними перетинами типу трубчастого (трубчастого), U-канального, V-канального. При проектуванні шнекових живильників враховується продукт, що транспортується (сировина), погодинна продуктивність, розмір зерна, температура, абразивність і подібні характеристики.



Рисунок 1.14 – Шнековий конвеєр типу U

Ланцюгові конвеєри забезпечують економічне і без пошкоджень транспортування зерна горизонтально або під кутом.

Ланцюги всіх конвеєрів спеціально загартовані, щоб адаптуватися до складних умов роботи. Пластикові леза скребка для зерна зменшують тертя між поверхнею корпусу конвеєра та ланцюгами.

У порівнянні зі зварними конвеєрами, які повністю складаються з однієї частини, ланцюгові конвеєри, виготовлені з болтовою системою, забезпечують економічне обслуговування та монтаж.



Рисунок 1.15 – Ланцюговий конвеєр

Ланцюгові конвеєри, спеціально розроблені для вантажоприймальних ям, забезпечують високу продуктивність і без пошкоджень транспортування.

Гвинтовий конвеєр типу V

Гвинтовий конвеєр типу V використовується для збору порошкоподібної або гранульованої сипучої сировини з-під бункера до точки. На промислових об'єктах шнек також відомий як шнековий конвеєр, живильний пристрій, конвеєр і шнековий конвеєр. Гвинтовий конвеєр типу V зазвичай використовується в рукавних фільтрах, електростатичних фільтрах (ESP) і відстійних бункерах. Системи фільтрації та пиловловлення забезпечують усунення частинок пилу, що виникають під час виробництва. Гвинтові конвеєри,

розміщені особливо під рукавними фільтруючими системами струминного імпульсного типу, забезпечують евакуацію накопиченого пилю з фільтрувальної установки.

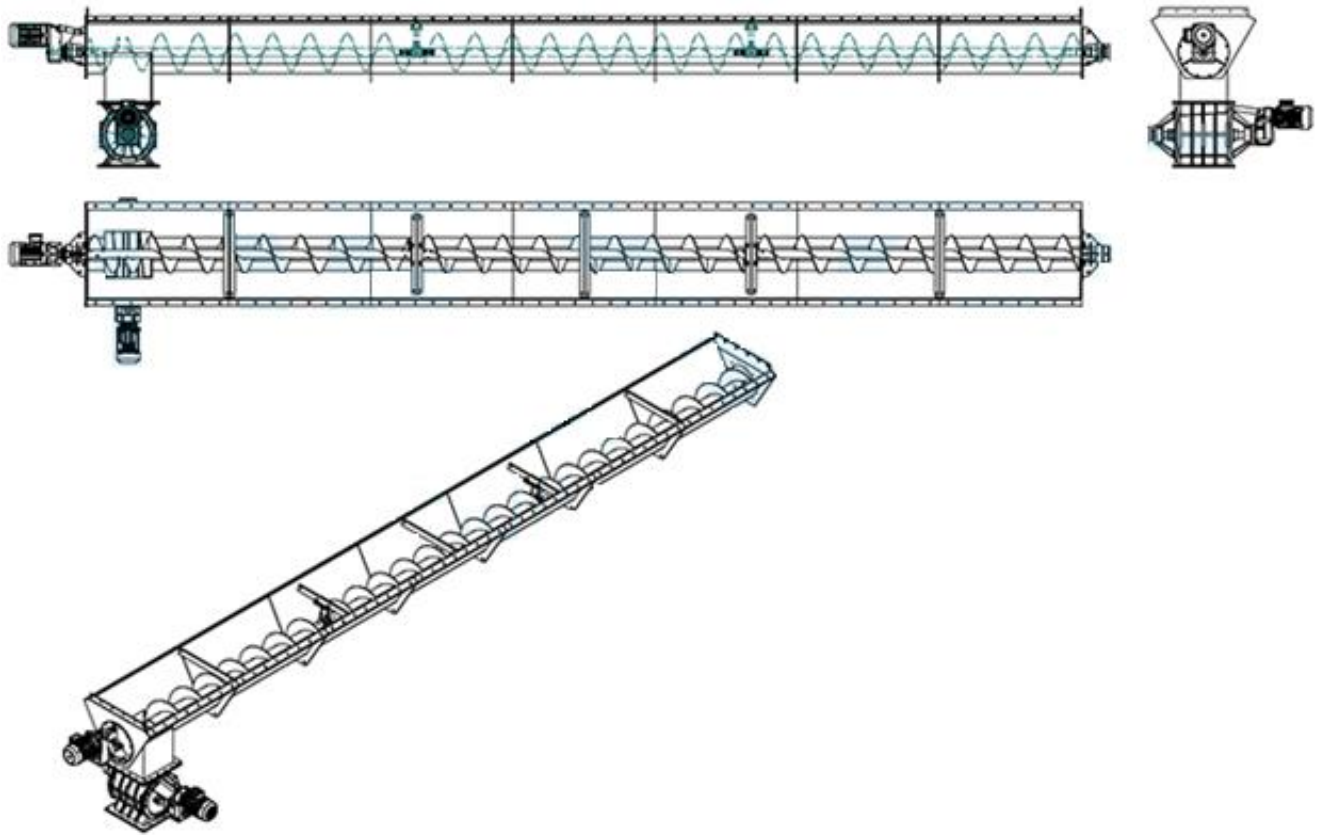


Рисунок 1.16 – Гвинтовий конвеєр типу V

Принцип роботи шнекового конвеєра типу V

Гвинтовий шнековий конвеєр V- подібного типу складається з гвинтових крил на обертовому валу всередині човна, а також двигуна та редуктора, які приводять у рух цей вал. Матеріал, який потрібно транспортувати, збирається з-під бункера та вивантажується з однієї або кількох точок під шнековим гвинтом. Поступальним рухом матеріал транспортується до місця розвантаження.

На вихідних отворах гвинтових конвеєрів використовуються коміркові колеса та засувки для запобігання зворотному потоку повітря до струминного імпульсного фільтра або електростатичного фільтра, що працює під вакуумом .

Ковшовий елеватор — це машина безперервного транспортування, яка використовує серію бункерів, рівномірно закріплених на нескінченних тягових компонентах для вертикального підйому матеріалів. Ковшовий елеватор використовує серію бункерів, закріплених на тяговому ланцюзі або стрічці, для переміщення вертикально або близько до транспортування сипучих матеріалів. вгору у вертикальному напрямку.

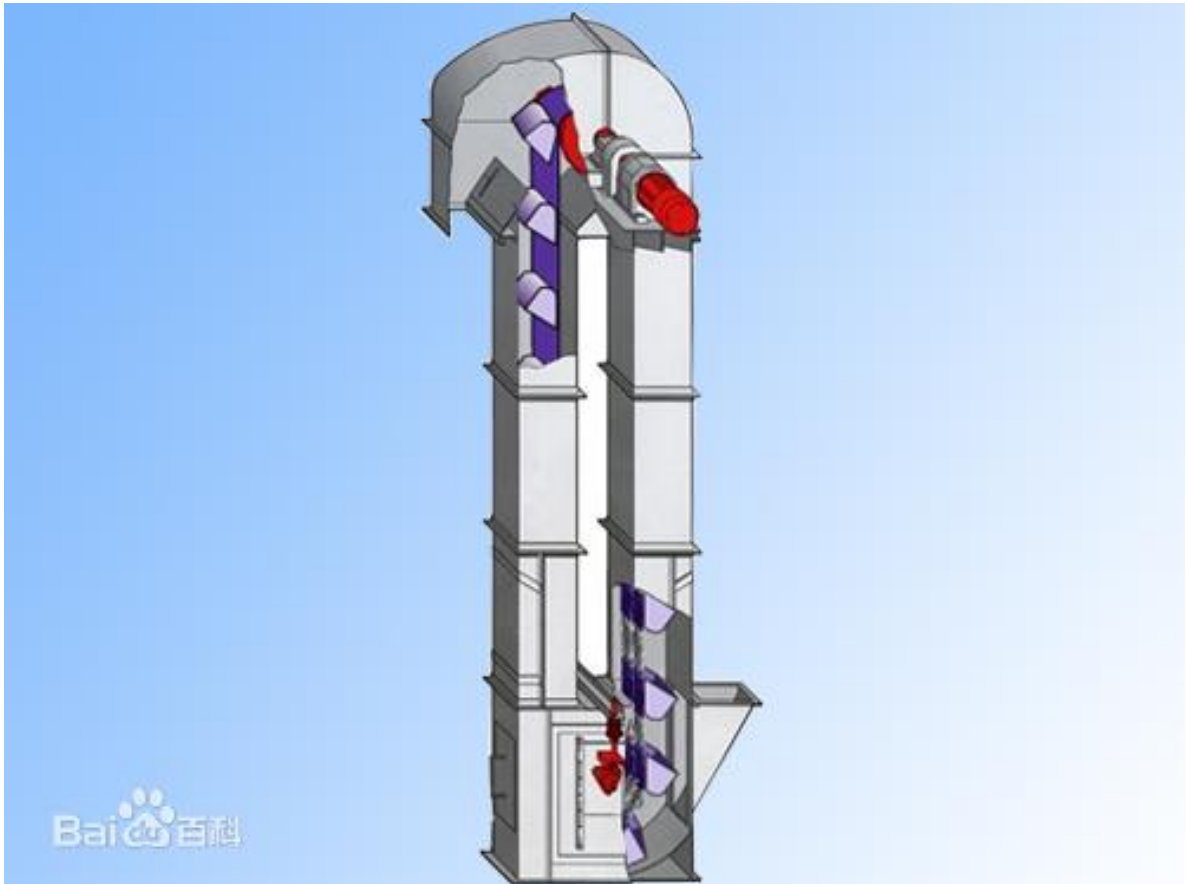


Рисунок 1.17 – Ковшовий елеватор

Бункер зачерпує матеріали зі сховища внизу. Коли конвеєрна стрічка або ланцюг піднімається вгору, вона минає верхнє колесо, а потім перекидається вниз. Ковшовий елеватор висипає матеріали в приймальний жолоб.

Трансмiсiйний ремiнь ковшового елеватора з ремiнним приводом зазвичай використовує гумовий ремiнь, який встановлюється на нижнiй або верхнiй приводний барабан верхнiй i нижнiй барабани перенаправлення. Ковшовi елеватори з ланцюговим приводом зазвичай

оснащені двома паралельними ланцюгами передачі, парою передавальних зірочок угорі або вниз та парою перенаправляючих зірочок унизу або вгорі. Ковшові елеватори, як правило, оснащені кожухом для запобігання потраплянню пилу в ковшовий елеватор.

Ковшовий елеватор: підходить для підйому з низьких на високі місця. Після того, як поставлені матеріали поміщаються в бункер через вібраційний стіл, машина автоматично працює безперервно та транспортує вгору.

Переваги пневматичних конвеєрних систем перед конвеєрами, шнеками та ліфтами

У конвеєрах, ліфтах і шнекових конвеєрах матеріал зазвичай рухається лінійно. Гвинти забезпечують повністю лінійне транспортування. Вантажі можна транспортувати горизонтально, вертикально або під нахилом. Відстань транспортування зі спіраллю невелика. Системи ковшового елеватора зазвичай транспортують матеріал лише у вертикальному напрямку.

Конвеєрні системи зазвичай працюють в горизонтальній площині. Є можливість робити ліворуч і праворуч повороти матеріалів, що транспортуються конвеєром. Спіральні системи менших розмірів можна транспортувати та переміщати. Окрім цього, шнекові, ковшові елеватори та конвеєри встановлюються на стаціонарній підлозі в робочих середовищах.

Пневматичні транспортні системи можуть виготовлятися як стаціонарними, так і мобільними залежно від їх розміру. Шлях передачі матеріалу може бути горизонтальним, вертикальним або вигнутим, обмежень немає. У той же час, на відміну від конвеєрних і елеваторних систем, потреба в просторі для конвеєрної лінії дуже мала. При необхідності можливе транспортування в різних напрямках, просто змінюючи напрямок і розташування трубопроводу. Набагато складніше вносити зміни та доповнення в ковшовий елеватор, конвеєрні та шнекові системи.

У ковшових елеваторах і конвеєрних машинах є багато механічних частин, двигунів, редукторів і кульок. Оскільки кількість деталей велика, ймовірність несправності висока.

1.3 Сучасні технології управління елеваторами

У сучасному світі, де технологічний прогрес стрімко набирає обертів, сектор управління елеваторами не залишається осторонь від інноваційних рішень та передових технологій. Галузь зосереджується на вивченні та розкритті новітніх розробок та підходів, що перетворюють спосіб, якими елеватори керуються, утримуються та обслуговуються.

Приклад автоматизації елеватора

Наступний сценарій є оглядом того, що відбувається в автоматизованій системі, коли вантажівка доставляє зерно на елеватор із поля чи іншого зернового об'єкта.

Крок 1: Заїзд вантажівки на ваги ліфта

Водієві не потрібно виходити з кабіни вантажівки, крім того, щоб відкрити ворота вантажівки в приймальній ямі. Вантажівку та її вміст можна ідентифікувати за штрих-кодами або за допомогою внутрішнього зв'язку з водієм. Після зважування завантаженої вантажівки інформація дистанційно надсилається на вихідні ваги та в систему обліку зерна в головному офісі.

Після зважування зерна, що надходить, дистанційний пробовідбірник збирає зерно та пневматично відправляє його в диспетчерську для перевірки. Після тестування інформація вводиться в програмне забезпечення, яке розраховує клас USDA та записує все про зразок у систему обліку зерна. Усі файли даних надходять до загальної системи бухгалтерського обліку, яка зберігає інформацію про запаси та має можливість обробляти розділені рахунки для оплати, якщо це необхідно.

Крок 2: Прийом зерна

Оператор приймальної ями може переглядати оцінку та перевірку інформації через мережевий доступ до системи обліку зерна. Бункер призначення може вибрати оператор, а інформація про рівень зерна та доступність цільового бункера відображається на екрані комп'ютера або смартфона. Програмне забезпечення попереджає та блокує помилки під час

вибору бункера, тому запобігає помилкам скидання одного типу зерна в інший. Якщо поточне завантаження є різним типом зерна, ніж попереднє завантаження, затримка часу дозволяє ногам і конвеєрам очиститися до того, як буде здійснено зміну зерна.

Крок 3: Виїзд вантажівки

Водій вантажівки отримує роздруківку, коли зважує свою порожню вантажівку на вихідних вагах. Основна система бухгалтерського обліку містить усі записи про доставлений вантаж, інтегровані з обліковими записами власника зерна для оплати та з інвентаризацією та бухгалтерськими записами зернової компанії.

Приховані завдання автоматизації елеватора.

Обробка зерна

Коли зерно надходить до сховища, першим прикладом автоматизованих завдань, швидше за все, є зважування та відбір проб. Багато комерційних підприємств використовують електронні ваги та роботизоване обладнання для відбору проб (рис. 1), щоб взяти зразки зерна з кузовів вантажівок і скинути їх у обладнання для відбору проб якості та вмісту вологи. Потім зерно у вантажівці розвантажується у відвал, і система автоматичного керування відправляє зерно у відповідний бункер для зберігання, визначений диспетчерською в офісах компанії або програмами на смартфонах чи планшетах. Порожні вантажівки виїжджають через вихідні ваги, де вага вантажівки записується в систему управління та обліку зерна, водій вантажівки отримує квиток, після чого вантажівка виїжджає з об'єкта.



Рисунок 1.18 – Автоматичний пробовідбірник

Сушарки

Автоматичні контролери можна використовувати для регулювання та реєстрації температури, руху повітря, часу нагрівання та вмісту вологи під час проходження зерна через сушарку. Дані про вміст вологи до і після сушіння можуть зберігатися в базі даних для контролю запасів і відстеження продукту через систему обробки. Оскільки контролер контролює як зерно, так і умови навколишнього середовища, зерно точніше сушиться відповідно до специфікацій, оскільки контролер відданий меті та не вимагає стільки робочої сили, уваги чи знань про співвідношення вологи для досягнення бажаного вмісту вологи.

Зберігання

Однією з ключових переваг, яку електроніка та автоматизація надають управлінню якістю зерна, є моніторинг температури за допомогою температурних кабелів у бункерах. Підвищення температури може свідчити про псування зерна, присутність комах та/або мікробну активність у зоні навколо кабелю. Виявлення такого підвищення температури дає менеджерам раннє попередження, і тоді рішення щодо усунення проблеми або переміщення зерна може бути прийняте до того, як проблема розростеться та станеться лихо. Багато

інцидентів із бункерами можна віднести до псування зерна. Втрата якості зерна також може призвести до зниження цін на зерно при продажу

Моніторинг температури

Дані про температуру кабелів можна зчитувати вручну за допомогою портативного монітора, або дані кабелю можуть автоматично зчитуватися комп'ютерною системою через задані проміжки часу та записуватися в базу даних. Можливості бездротової передачі можуть спростити установку та технічне обслуговування у великих приміщеннях (рис. 2). Деякі контролери можуть бути інтегровані в систему керування вентилятором. Коли відносна вологість і температура відповідають заданим рівням контролю, вентилятори аерації вмикаються та вимикаються, коли умови в зерні відповідають бажаним рівням або повітря на вулиці стає несприятливим (надто вологим або занадто сухим, занадто теплим або занадто прохолодним) для правильна аерація зерна. Деякі кабельні системи можуть збирати дані про вологість, щоб допомогти оцінити вміст води в зерні. Датчики CO₂ також були вбудовані в деякі системи автоматизації зберігання для раннього виявлення активності мікробів або погіршення стану зерна.

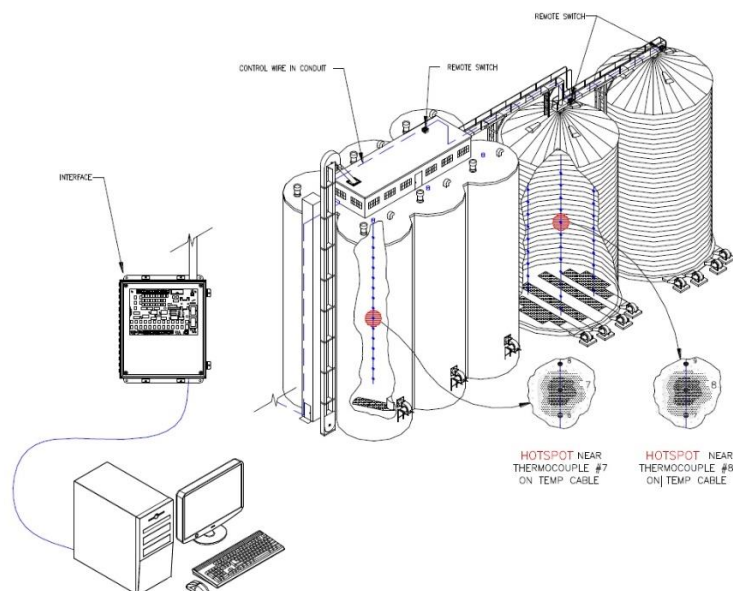


Рисунок 1.19 – Приклад кабелю температури бункера та бездротової системи моніторингу.

На рисунку 1.20 показано дисплей монітора, який представляє температурні кабелі в одному контейнері. Є вісім кабелів, розташованих у різних місцях у контейнері. Перший кабель має 18 термопар, кабелі з другого по шостий мають 16 термопар, а кабелі сьомий і восьмий мають 15 термопар. Рівень зерна знаходиться на висоті між термопарами 15 і 16 на першому кабелі та однією термопарою нижче на решті бункера. Саме там температура вільного простору відрізняється від температури зерна. Менеджер може визначити це з екрану, оскільки кольори різні. Зерно знаходиться в зеленій зоні, а температура в вільному просторі відображається в золотій зоні. На екрані також показано «гарячу точку» або проблемну зону (рис. 3), де температура вища в області навколо кабелів 4 і 5 на висоті термопар 7 і 8 і випромінюється навколо цієї області на невелику відстань. Решту бункера було стабілізовано при температурі від 41°C до 47°C.

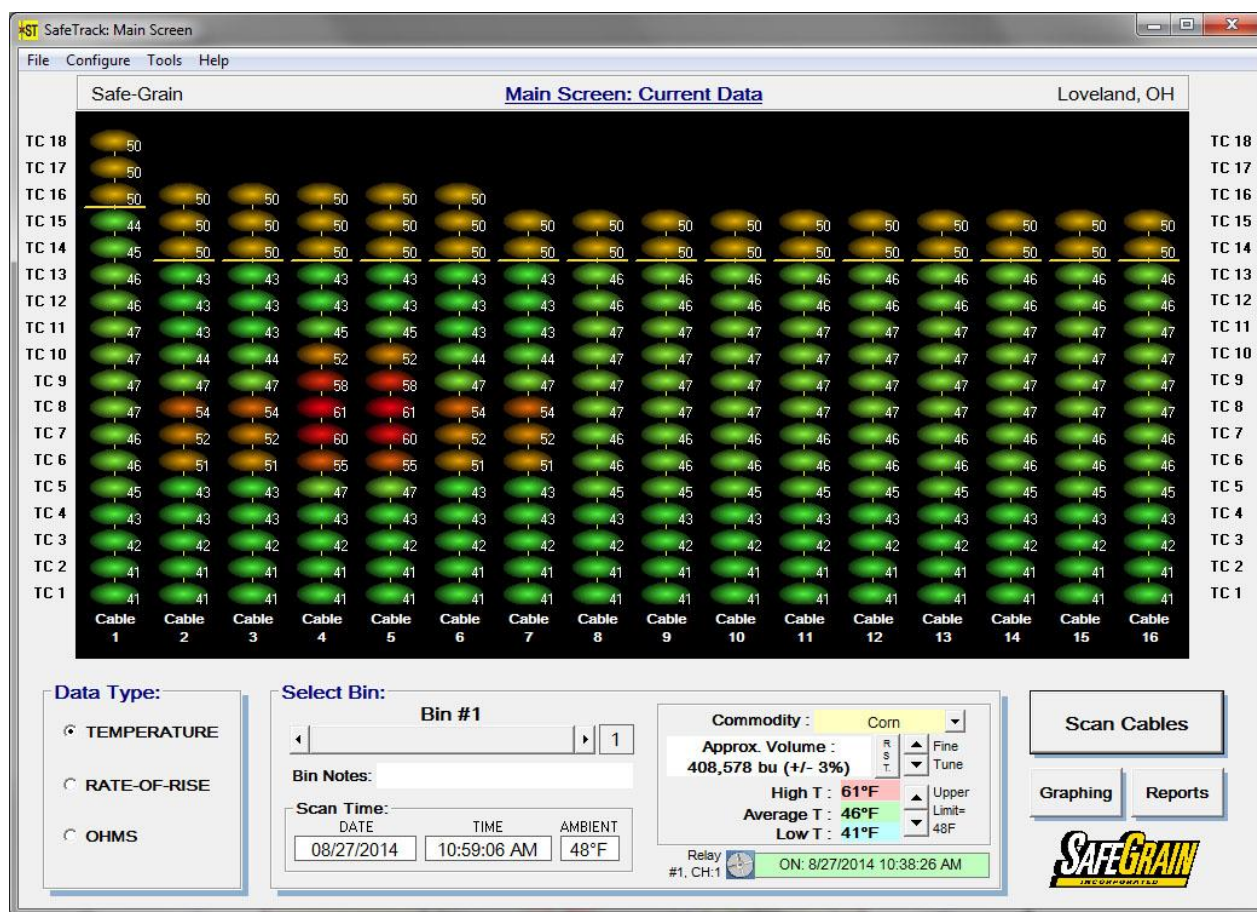


Рисунок 1.20 – Термопары на температурных кабелях, що вказують на можливе проблемне місце в масі зерна

Інженер може встановити сигналізацію температури, яка б вказувала на проблемну зону. Цю систему контролера можна підключити до системи вентиляторів аерації, щоб вмикати та вимикати вентилятори при заданих температурах. Якщо підключено до системи гігростата, відносну вологість також можна враховувати в елементах керування системою вентилятора аерації.

Управління вмістом

Датчики рівня в бункері допомагають оцінити, скільки зерна міститься в кожній ямі, бункері або силосі (рисунок 1.21).

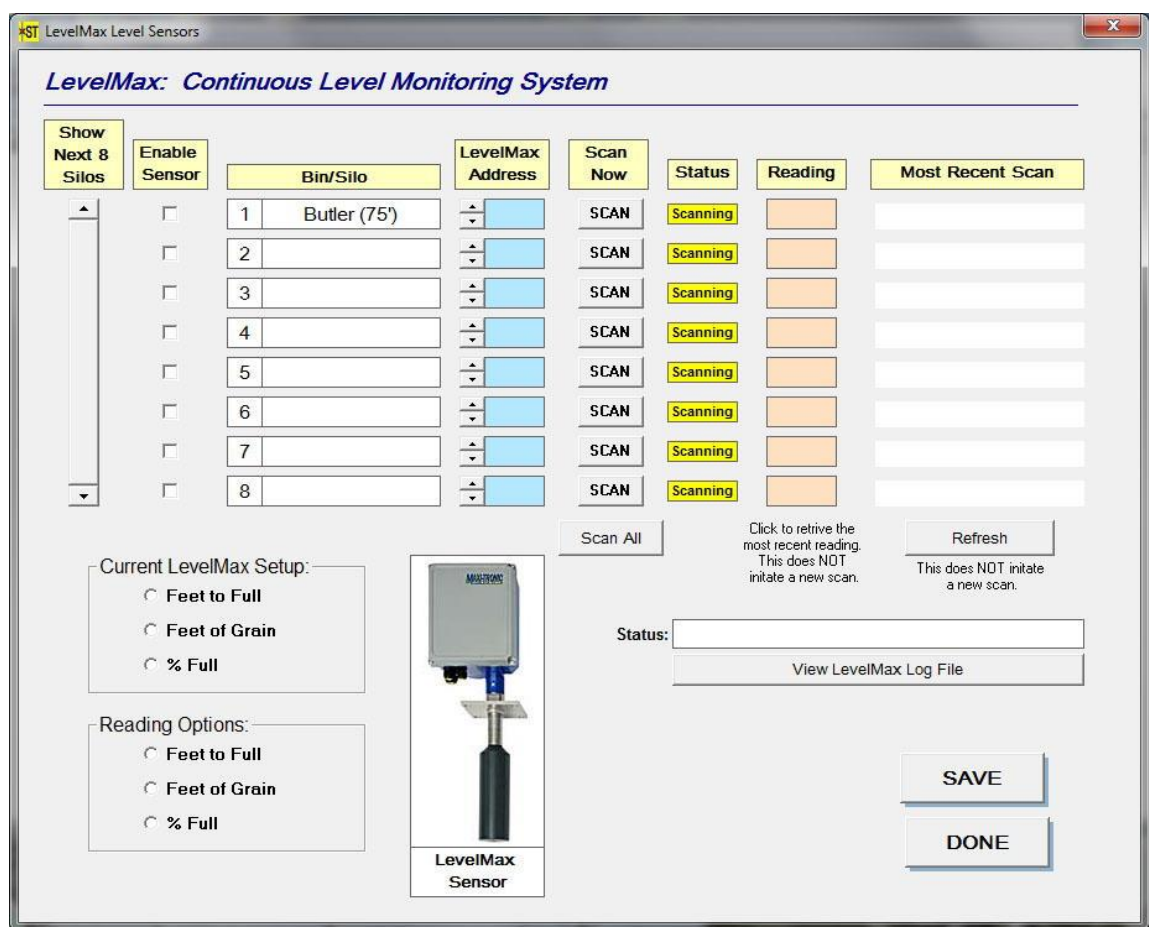


Рисунок 1.21 – Приклад екрана моніторингу системи визначення рівня бункера

Вони допомагають операторам визначати, куди покласти новий отриманий продукт або переміщувати продукт між бункерами. Деякі датчики рівня використовують ультразвук, деякі є ємнісними датчиками, а деякі мають

механічні рухомі частини, схожі на розмикачі або поворотні перемикачі. Ці датчики рівня також допомагають запобігти помилкам у виборі бункерів під час розміщення зерна на складі. Якщо датчик рівня бункера вказує, що бункер уже заповнений, автоматичне «блокування» не дозволить більше зерна потрапити в бункер, запобігаючи катастрофічному переповненню або накопиченню зерна в ніжці. «Невідповідність зерна» також повідомить тривогу оператору та запобіжить помилковому змішуванню зерна. Знання рівня зерна в бункері також може допомогти оцінити рівень запасів.

Завантаження зерна

Кожен залізничний вагон або вантажівка має мітку радіочастотної ідентифікації (RFID) або іншу автоматизовану систему ідентифікації. Система обліку зерна знає кількість зерна, яку можна завантажити в даний тип автомобіля або вантажівки. Система також визначає правильне змішування та вибір зерна. Автоматизована система контролює завантаження зерна у вагон чи авто. Вантажівки та залізничні вагони можна завантажувати швидко й точно з меншим ризиком для працівників, яким доводиться «ходити по лінії» залізничних вагонів, перевіряючи стан у різних точках.

Безпека

Системи автоматизації та управління можуть бути використані для підвищення безпеки працівників. Датчики тепла та руху, встановлені на підшипниках і ременях, можуть сповіщати обслуговуючий персонал про натирання невідповідних ременів і гарячих підшипників. Ця інформація важлива, щоб технічне обслуговування можна було виконати до того, як несправний пристрій спричинить пожежу або вибух пилу.

На рисунках з 1.22 та 1.23 показано панель зчитування температури підшипників, приклад монітора, який відображає температуру підшипників ковшових елеваторів у більшому елеваторі. Це може бути причиною для занепокоєння та має сповістити обслуговуючий персонал про перевірку підшипника на знос.



Рисунок 1.22 – Приклад панелі зчитування температури підшипника та вирівнювання пасу.

Контролери та автоматизовані системи довели свою економічність, зробивши робоче середовище безпечнішим і запобігши помилкам. Вони також допомагають зменшити витрати праці, необхідні для вручну взяття зразків і тестування умов у бункерах, а також для ввімкнення та вимкнення вентиляторів аерації. Оскільки контролер відданий справі, зерно зберігається в кращому стані. Середовище зберігання вимірюється в режимі реального часу, а коригування системи аерації вноситься негайно, а не тоді, коли це вписується в графік працівника для перевірки та експлуатації систем. Монітори обладнання негайно повідомляють про проблеми та роблять робоче місце надійнішим і безпечнішим.

Незважаючи на те, що робоча сила здається значною мірою економії, слід зазначити, що необхідні знання в поводженні та обслуговуванні електроніки в цих системах. Для цього може знадобитися залучення досвіду стороннього підрядника або, якщо об'єкт досить великий, наймання спеціаліста з електроніки

та/або комп'ютерного обладнання, який допоможе підтримувати та оновлювати електроніку та програмне забезпечення, необхідні для інтенсивної автоматизації. Таким чином, потреба в робочій силі може бути не меншою, але вона, безперечно, вимагатиме інших наборів навичок. Навчання також необхідне для обслуговуючого персоналу та працівників, які взаємодіють з автоматизованими системами.

Планування є ключовим фактором успішної інтеграції та майбутнього розширення по всьому об'єкту. У той час як системи автоматизації та контролю стають звичайною частиною обробки зерна, помилки в плануванні можуть призвести до катастрофи. Співпраця з досвідченою торговельною та підрядною компанією для розробки плану автоматизації довела свою економічність і розумність вибору. Ці підрядники мають у штаті експертів, які знають переваги проектування інтегрованої системи та можуть дати добру пораду, яка співпадає розміру та потужності кожної операції. Ці планувальні рішення заощадять гроші та час незалежно від того, налаштовуєте ви нову систему керування/автоматизації чи оновлюєте існуючу систему.

Основні несправності елеваторної установки

У контексті елеваторної установки, конвеєри та норії відіграють ключову роль у переміщенні матеріалів. Тут наведено деякі з основних несправностей, які можуть виникнути в їхній роботі:

- Загоряння ланцюга конвеєра: Знос чи неправильне змащення ланцюга може спричинити тертя та загоряння, що може призвести до зупинки конвеєра.
- Заклинювання матеріалів: Накопичення матеріалів на конвеї і в норіях може призвести до їхнього заклинювання, що спричиняє зупинку системи та може викликати механічні пошкодження.
- Поломка ланцюга або стрічки: Несправності у ланцюгах чи стрічках конвеїрів можуть призвести до їхньої поломки, викликаючи аварійні ситуації та зупинку роботи.

- Нестійка робота норія: Проблеми з приводом, нерівномірна подача матеріалу чи недостатня регулювання можуть викликати нестійку роботу норія, що впливає на продуктивність.
- Перевищення температурних норм: Висока або низька температура може призвести до проблем з мастилами, ланцюгами та іншими компонентами конвеїрів.
- Пошкодження роликів та підшипників: Знос чи пошкодження роликів та підшипників може призвести до нестабільної роботи конвеїрів.
- Проблеми з електропостачанням: Неправильна робота електропостачання, переривання або напругові падіння можуть призвести до зупинки конвеїрів та норіїв.
- Регулярний технічний огляд, планове обслуговування та вчасні ремонти можуть допомогти запобігти багатьом з цих несправностей та забезпечити ефективну та безперебійну роботу елеваторної установки.

2. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНА НА ЕЛЕВАТОРІ

Обробка та зберігання зерна зазнали змін завдяки значному прогресу в автоматизації та комп'ютерних технологіях протягом останніх трьох-чотирьох десятиліть. Зміни швидко триватимуть у наступні роки завдяки інноваціям в електроніці. Безпека, витрати на співробітників і навчання, потреба переміщати продукт ефективніше та швидше, а також витрати на страхування вплинули на обробку та управління зерном. Ці виклики спонукали до використання автоматичних контролерів, приводів зі змінною частотою та моніторів для відстеження запасів, переміщення зерна, контролю атмосфери в приміщеннях для зберігання зерна та підвищення продуктивності, безпеки та прибутковості зернових підприємств.

2.1 Структурна схема системи керування роботою елеватора

Для виконання цього завдання, я провів більш детальний аналіз нашої системи. Я досліджував, як процеси та їх виконання взаємодіють під час виконання операцій. Кожен механізм є нероздільним елементом системи, і виконання відбувається відповідно до логічного ланцюжка.

В процесі розробки структурної схеми та виборі об'єкта автоматизації, окрему увагу було приділено покращенню технологічного процесу після впровадження ряду технічних засобів автоматизації. Важливою стороною автоматизації є скорочення ручного труду на підприємстві, скорочення кількості помилок, пов'язаних з людським фактором, та підвищення стандартів якості продукції яка буде оброблятися та зберігатися на підприємстві.

Розроблена система керування є гнучкою і може бути налаштована на різні режими роботи або для досягнення конкретних параметрів.

Для створення структурної схеми автоматизації , було необхідно проаналізувати її робочий механізм. На загальному рисунку 2.1 ми бачимо основні кроки роботи елеватора.

Крок 1- автовагова, крок 2 – автоприймальня, крок 3 – процес очищення зерна, крок 4 – сушіння зерна, крок 5 – сушіння зерна, крок 6 – відвантаження зерна .

Кожен крок має свою функціональну роль у процесі зерносховища , і вони послідовно виконуються, утворюючи ланцюжок дій, через які проходить зерно відповідно до функціональних кроків.



Рисунок 2.1 – Структурна схема роботи елеватора

Керування модулями виконується з використанням підібраних для нашої системи сенсорів і виконавчих пристроїв, що відповідають вимогам безпеки та задовольняють відповідні умови експлуатації. Таким чином, забезпечується висока точність та надійність функціонування обладнання.

2.2 Опис схеми автоматизації

Вантажівки з зерном приїжджають спочатку на ваги, де записується їхня вага, потім зерно розвантажується до прийомних бункерів де вимірюється за допомогою датчика вологості, щоб надалі виставити точну температуру для його сушіння та доведення до потрібного стану.

Зерно з бункера прийому за допомогою конвеєра потрапляє до сепаратора, частотні перетворювачі в даній системі із серії Altivar, вони вже мають у собі вбудований датчик холу, тому із ПЛК швидкість двигунів не регулюється, а задаються уставки.

В сепараторі зерно очищується, механічне відходи та пил потрапляють до бункера відходів де за допомогою датчика рівня оповіщається ступінь заповнення бункера, коли бункер заповнений, виконавчий механізм відкриває клапан та відходи відвантажуються в вантажівку.

Очищене зерно потрапляє до норії, по якій за допомогою уставки швидкості воно транспортується до зерносушарки де буде відбуватися процес сушіння зерна, регулюючи температуру та вологість.

Зерно після сушки за допомогою конвеєра транспортується до силосів №1 та №2, подальший маршрут залежить від рівня зерна в силосі №1 де за допомогою датчика рівня в силосі визначається поріг верхньої межі заповнення, якщо він спрацьовує, то зерно по конвеєру потрапляє до силоса №2.

Для правильного зберігання зерна в силосах потрібно правильно виставити температуру та вологість забезпечуючи оптимальні умови для зберігання зерна. Готове до продажу зерно заступає до бункера відвантаження де в подальшому буде відвантажуватись в вантажівки для транспортування замовнику.

2.3 Обрання обслуговуючих засобів для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів

У сучасному промисловому середовищі, де вимоги до ефективності, надійності та економічності стають все важливішими, вибір та аналіз компонентів для елеваторних установок визначають їхню загальну продуктивність та функціональність.

У цьому пункті розглянемо процес вибору компонентів, їхню роль у системі елеватора та проведемо аналіз їхніх технічних характеристик.

У даному проекті було використано ПЛК Modicon M340 фірми Schneider Electric.

Modicon M340 - це промисловий програмований контролер (PLC) від компанії Schneider Electric, розроблений для автоматизації та управління різноманітними технологічними процесами в промислових системах. Цей контролер належить до сімейства Modicon, яке відоме своєю надійністю та гнучкістю в застосуванні. Основні характеристики Modicon M340:

Продуктивність: Має потужність та продуктивність, необхідні для обробки складних завдань автоматизації та керування.

Модульність: Забезпечує можливість розширення функціональності шляхом додавання різноманітних модулів введення/виведення (I/O), комунікаційних модулів та інших.

Комунікації: Підтримує різні промислові мережеві протоколи, такі як Modbus, Ethernet/IP, Profibus, що дозволяє інтегрувати його в різноманітні системи автоматизації.

Програмування: Має розвинуте програмне забезпечення для програмування, таке як Unity PRO, що спрощує розробку та налагодження програм для контролера.

Надійність: Завдяки високій якості виготовлення та стандартам Schneider Electric, Modicon M340 вважається надійним та тривалим промисловим контролером.

Широкі можливості застосування: Застосовується в різних галузях, таких як виробництво, енергетика, хімічна промисловість та інші, для автоматизації та керування технологічними процесами.



Рисунок 2.2 - ПЛК Modicon M340

Характеристики:

- від 512 до 1024 дискретного вводу-виводу;
- від 128 до 256 аналогових входів/виходів;
- від 20 до 36 каналів для певних програм (лічильник процесів, керування рухом і послідовний канал або RTU);
- Живлення: 24В(DC);
- Мережі Ethernet Modbus/TCP або Ethernet/IP від 0 до 3 (з інтегрованою або без неї);
- порт і максимум 2 мережеві модулі;
- 4 «Full Extended Master» AS-Interface V3 шини приводу/датчика, профіль M4.0.

Частотні перетворювачі використовуються із серії Altivar вони вже мають в собі вбудований датчик хола, тому із ПЛК не регулюється швидкість двигунів, а уставки задавати вручну. ПЧ сам визначає, коли він працює під навантаженням.



Рисунок 2.3 - ATV660 Комплектний пч IP23 132/110кВт400В

Характеристики:

- Потужність двигуна [кВт]: 132 кВт для нормальний режим роботи,
110 кВт для важкий режим роботи;
- Коефіцієнт корисної дії: 0,98;
- номінальна напруга живлення: 380-415 В - 10...6 %;
- Частота мережі живлення: 50/60 Гц +/-5 %.

Для обробки та керування роботою системи було використано Модуль ЦПУ CPU340-10 MODBUS він має достатню обчислювальну потужність для ефективної роботи в даному промисловому середовищі.



Рисунок 2.4 - Модуль ЦПУ CPU340-10 MODBUS

Характеристики:

- Кількість шасі: 4;
- Кількість слотів: 11;
- Пропускна здатність дискретного входу/виходу: 1024 вх./вих., 704 I/O;
- Пропускна здатність аналогового входу/виходу: 256 вх./вих., 66 I/O;
- Кількість каналів спеціалізованого застосування: 36.

Для контролювання процесу переміщення зерна використовується витратомір сипучого продукту «FLOW COUNTER IS»



Рисунок 2.5 - Витратомір сипучого продукту «FLOW COUNTER IS»

Для вимірювання вологості в сушарці використовується аналоговий датчик вологості та температури Greisinger GHTU-1R-MP.



Рисунок 2.6 - Greisinger GHTU-1R-MP датчик вологості та температури

Характеристики:

- Вимірювана абсолютна вологість: 0,0...200,0 г/м³;
- Вимірювана відносна вологість: 0,0...640 г/кг;
- Вологість повітря : ±2,5% від величини і ±0,2°C

Для вимірювання ваги перед вивантаженням використовуються автомобільні ваги Avery Weigh-Tronix. Ці ваги розроблені для вимірювання великих навантажень та довговічності в умовах, характерних для елеваторів.



Рисунок 2.7 – Зважування вантажівки за допомогою вагів Avery Weigh-Tronix.

Для визначення рівня в бункерах використовується радарний рівнемір FMR245 Endress+Hauser який використовує радарну технологію для точного вимірювання рівня рідини, порошку чи іншого матеріалу в ємностях чи резервуарах. Основний принцип роботи полягає в використанні відбитого радарного сигналу для визначення відстані до поверхні рідини або матеріалу.

До нього було підключено HART Profibus DP FMU90, що зображений на рисунку 2.9 який обладнаний двома входами для датчиків рівня та двома виходами 4-20мА, цей пристрій призначений для монтажу на DIN-рейку та може розташовуватися на відстані до 300 метрів від датчика.



Рисунок 2.8 – Радарний рівнемір FMR245 Endress+Hauser



Рисунок 2.9 – HART Profibus DP FMU90



Рисунок 2.10 – Принцип роботи радарного рівнеміра сипучих продуктів

Послідовність процесу описано нижче:

1.	Висилання Сигналу: <ul style="list-style-type: none">• Радар висилає короткі імпульси електромагнітних хвиль у напрямку поверхні рідини чи матеріалу.
2.	Поширення Сигналу: <ul style="list-style-type: none">• Сигнал рухається вниз від антени до поверхні, де відбивається від неї.
3.	Прийом Сигналу: <ul style="list-style-type: none">• Радар приймає відбитий сигнал. Час між висиланням сигналу і його поверненням дозволяє визначити відстань до поверхні.
4.	Аналіз Затримки Сигналу: <ul style="list-style-type: none">• Затримка між висиланням та прийомом сигналу використовується для визначення відстані між датчиком та поверхнею матеріалу.
5.	Конвертація в Рівень: <ul style="list-style-type: none">• Відстань, виміряна за допомогою радару, конвертується в рівень рідини або матеріалу в ємності.

Для регулювання подачі зерна використовується пневмоклапан регулювання Valfonta C1.



Рисунок 2.11 - Клапан регулювання Valfonta C1

Клапан регулювання йде у комплекті з електропневматичним позиціонером, що має живлення 24В постійного струму та вихідний сигнал 4-20мА(Рисунок 2.12).



Рисунок 2.12 - Електропневматичний позиціонер

Цей позиціонер спеціально призначений для використання з вказаними клапанами. Сам клапан, залежно від комплектації, може включати вентиль для ручного управління. Крім того, залежно від комплектації, вхідний тиск

управління клапаном може варіюватись в різних діапазонах, таких як 20-100 мПа або 40-200 мПа.

Для визначення температури підшипників на конвеєрах та норіях було використано терморезистивні датчики РТ1000, які забезпечують високу точність вимірювань. Вони менш чутливі до електромагнітних перешкод і можуть працювати в широкому температурному діапазоні.



Рисунок 2.13 – Датчик температури РТ1000

Характеристики:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| - Робочий діапазон температур: | -50...+450°C; |
| - Точність вимірювання: | 1°C; |
| - Матеріал ізоляції кабелю: | Тефлон; |
| - Матеріал корпусу: | Нержавіюча сталь 1.4571; |
| - Тип датчика: | РТ 1000 0В DIN EN 60751; |
| - Довжина кабелю: | 1м. |

3. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНА НА ЕЛЕВАТОРІ

3.1 Проектне компонування ПЛК

Під час створення автоматизаційного об'єкта і при проектуванні системи необхідно визначити програмований логічний контролер ПЛК, який є ключовим елементом у визначенні остаточного вигляду пультів управління системою.

При замовленні програмованого логічного контролера створюється замовна специфікація. Цей документ містить необхідну конфігурацію ПЛК, таку як кількість входів та виходів, їх тип і опис модулів розширення. У таблиці 3.1 подано специфікацію для даної системи.

Таблиця 3.1

Конфігурація ПЛК

Модулі вводу/виводу		Примітка
Назва	Кількість	
BMX CPS 2020	1	Процесорний модуль Schneider Electric Modicon M340.
BMX CPS 2000	1	Блок живлення ПЛК
BMX DDI AMI 0810	1	Модуль дискретних входів (16 входів)
BMX DDO 1612	1	Модуль дискретних виходів (16 входів)
BMX AMI 0810	1	Модуль вводу/виводу інтерфейсний модуль (2 канали)
BMX AMM 0600	1	Модуль змішаних аналогових сигналів (4 входи і 2 виходи)

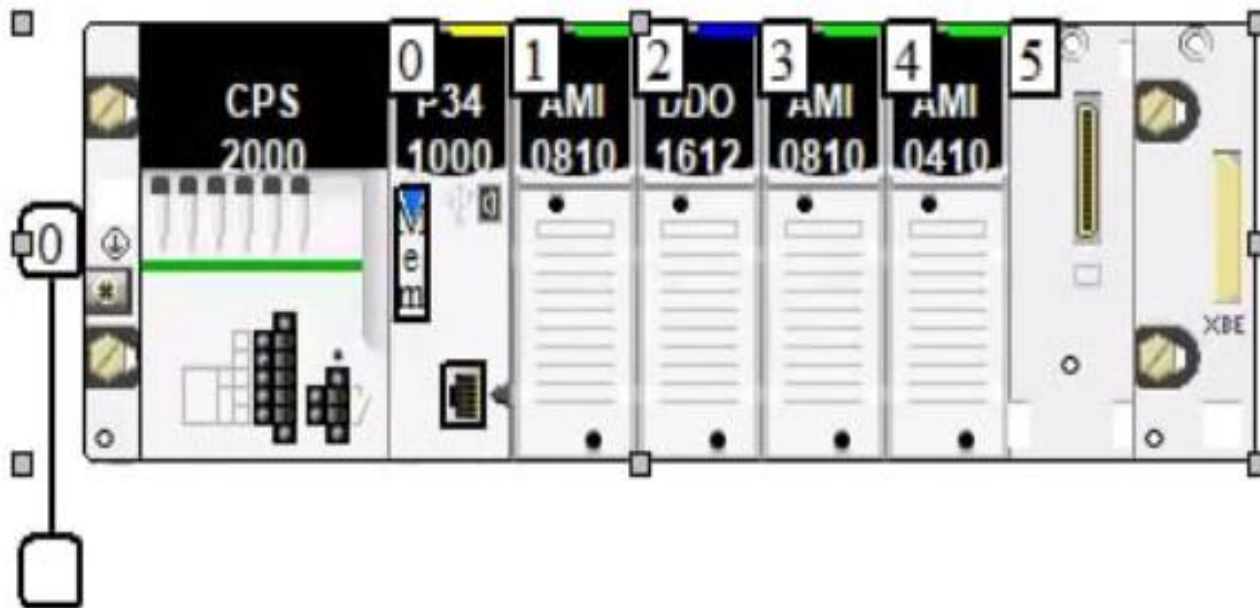


Рисунок 3.1 – Компонування модулів ПЛК М340

Дискретні входи

У цьому проекті застосовуються безконтактні датчики, які приєднані до входів модуля `BMXDDIAMI0810` і мають живлення 24 В постійної напруги. Залежно від сигналу, отриманого від датчиків, виконується керуюча дія відповідно до програми, написаної в ПЛК.

Дискретні виходи

У проекті також використовуються електромагнітні клапани та електропневматичні перетворювачі, які живляться від напруги 24 В постійного струму. Згідно з алгоритмом, описаним в програмі на клемній колодці, управляючий сигнал може виникати або зникати, відкриваючи або закриваючи вентильні магістралі, що з'єднані з модулем `BMXDDO1612`.

Аналогові входи

У даному проекті застосовуються датчики та перетворювачі із вихідним сигналом у діапазоні 4-20мА. Сигнал, що надходить з цих датчиків та перетворювачів, підключений до клемної колодки і подається на аналого-

цифровий перетворювач модуля ВМХ АММ 0600.Залежно від написаної програми відбувається управління системою

Аналогові виходи

Щодо аналогових виходів у цьому проекті, використовуються частотний перетворювач та пневматичний клапан із електропневматичним перетворювачем, які приймають управляючі сигнали у діапазоні 4-20мА. Ці сигнали подаються до відповідних компонентів від модуля ВМХ АММ 0600.

Інтерфейсні входи

Для відстеження обертання двигуна конвеєра використовується модуль ВМХ АМІ0810, який має два універсальні канали. Ці канали можуть функціонувати як входи або виходи, користуючись різними інтерфейсами зв'язку та приймаючи вхідні сигнали з датчиків.

3.2 Загальний план підключення сенсорів та ВМ до ПЛК

Під час розробки основної електричної схеми були використані такі елементи:

- Поворотні вимикачі QF1-QF4, призначені для увімкнення або вимикання певних гілок із технічним обладнанням.
- Блок живлення БЖ, який перетворює змінну напругу 220 В постійну напругу 24 В для живлення модулів розширення, датчиків та вимикачів.

У схемі принципу роботи електричного пристрою і схемі підключення датчиків та виконавчих механізмів до програмованого логічного контролера (ПЛК) використовуються такі позначення:

- Для ідентифікації провідників, по яких проходить змінний електричний потік, застосовуються числові позначення, що починаються з 800 (800-816).
- Для ідентифікації провідників, по яких протікає постійний електричний потік, застосовуються числові позначення, що починаються з 900 (900-940).

- Для ідентифікації провідників, по яких передається вимірювальний сигнал від датчика до ПЛК, застосовуються числові позначення, що починаються зі 100 (100-117).
- Для визначення провідників, якими передається сигнал від програмованого логічного контролера (ПЛК) до вимикачів, застосовуються числові позначення від 200 до 208.

3.3 Розширені конфігурації з'єднання для окремого контуру

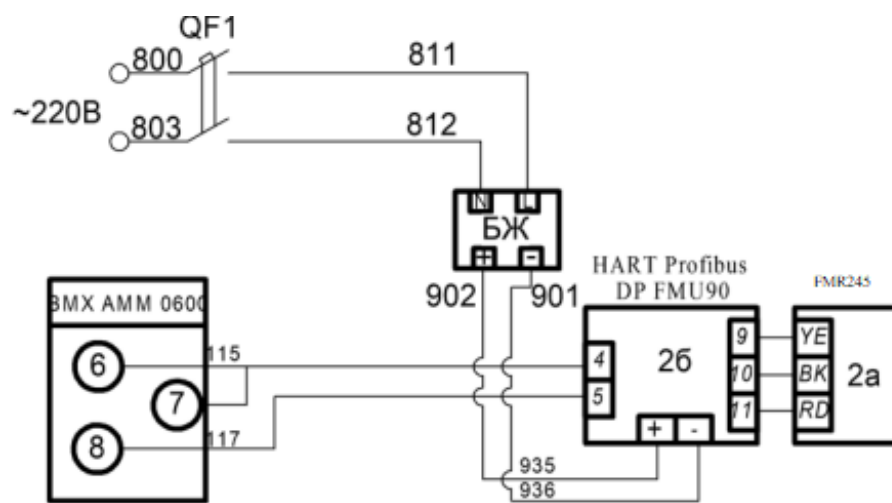


Рисунок 3.2 - Розширена схема з'єднання ультразвукового датчика рівня FMR245 Endress+Hauser з модулем BMX AMM 0600: принципний опис підключення.

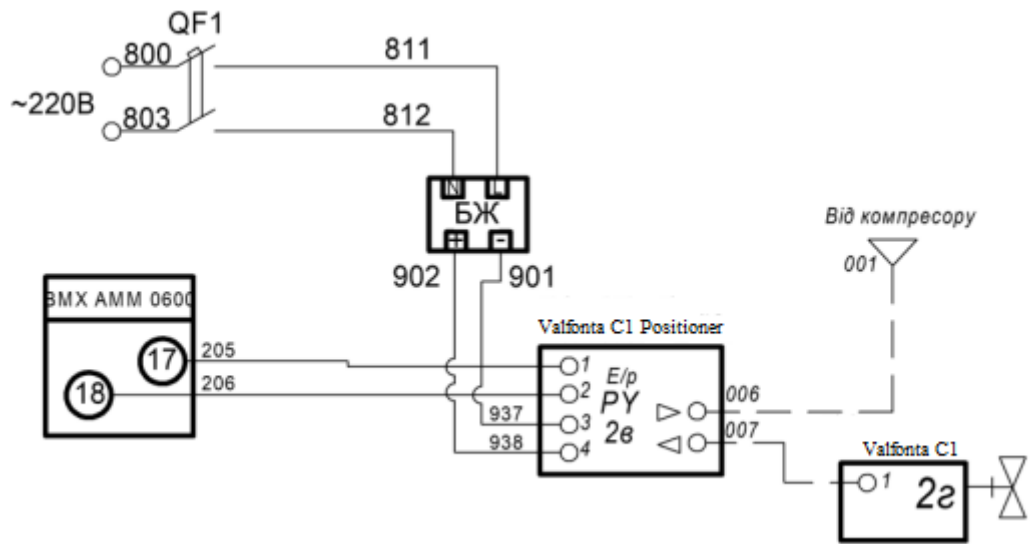


Рисунок 3.3 - Розширена схема з'єднання датчика рівня Valfonta C1 з модулем BMX AMM 0600: принциповий опис підключення.

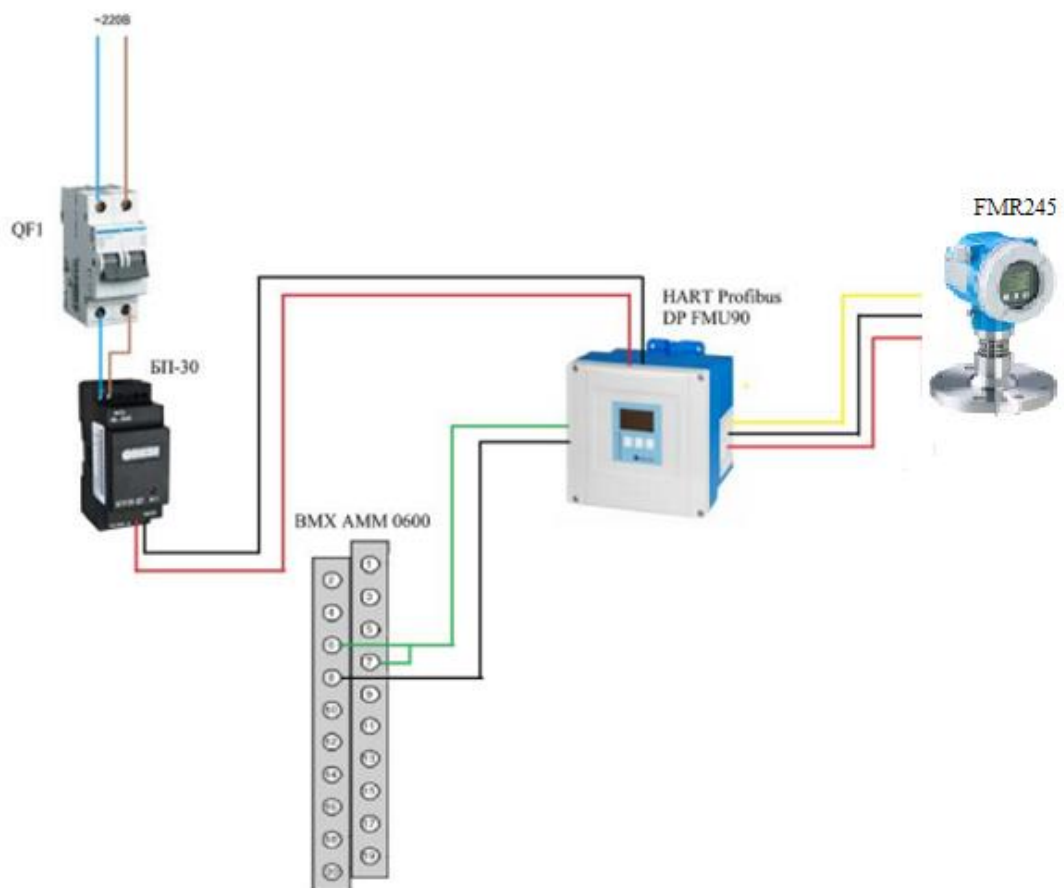


Рисунок 3.4 - Графічна схема з'єднання радарного датчика рівня FMR245 Endress+Hauser з модулем BMX AMM 0600

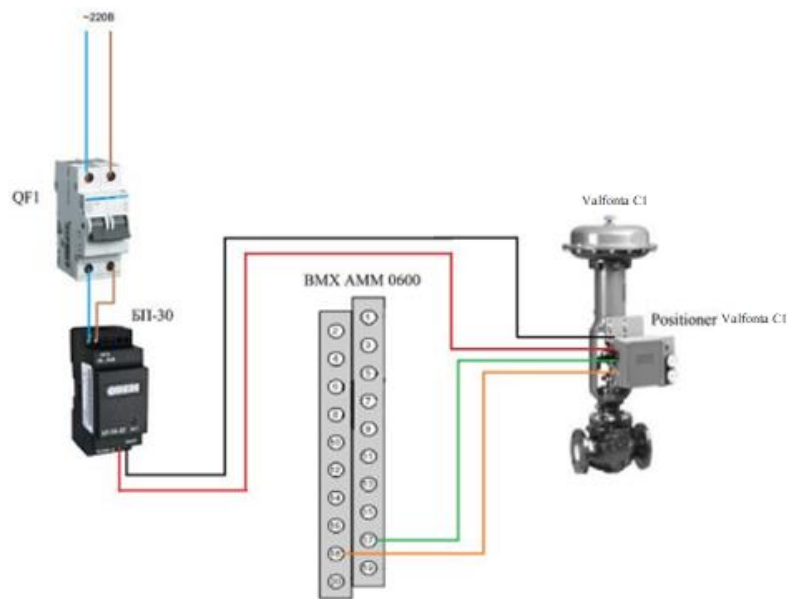


Рисунок 3.5 - Графічна схема з'єднання датчика рівня Valfonta C1 з модулем BMX AMM 0600

Вимірювання рівня продукту в бункері здійснюється за допомогою датчика FMR245 Endress+Hauser, який на свою чергу приєднаний до перетворювача HART Profibus DP FMU90 . Цей перетворювач генерує стандартизований вихідний сигнал 4-20мА, який в подальшому з'єднується з аналоговим входом модуля BMX AMM 0600.

Управління рівнем реалізується через пневматичний клапан Valfonta C1, що з'єднаний з електропневматичним перетворювачем Valfonta C1 Positioner. Цей перетворювач також взаємодіє з аналоговим виходом модуля BMX AMM 0600 та отримує вхідний сигнал 4-20мА.

Усі компоненти даного регулюючого контуру живляться від напруги 24В постійного струму, яка постачається з блока живлення БП-30. Ця напруга подається до блока живлення через автоматичний вимикач QF1, який обладнаний вбудованим захистом за струмом.

3.4 Вибір та налаштування середовища програмування

В складі систем автоматизованого управління технологічними процесами програмно-технічні ресурси можна розподілити за такими групами (згідно з рисунком 3.6):

Технічні елементи на рівні польового обладнання, до яких відносяться датчики, виконавчі механізми, перетворювачі та інші аналогічні пристрої.

Контролери та регулятори в промисловості, які забезпечують управління і контроль за процесами.

Пристрої розподіленої периферії, що виходять за межі контролерів, такі як пристрої введення/виводу та електроприводи.

Засоби SCADA/HMI, представлені комп'ютерами і програмним забезпеченням для супервізорного управління (SCADA), а також операторськими панелями (HMI).

Засоби що включають в себе програмувальні пристрої, програмне забезпечення для створення виконавчих програм та інструменти для конфігурування та діагностики обладнання. Такий розподіл дозволяє логічно структурувати компоненти системи управління для оптимальної функціональності та підтримки технологічних процесів.

Unity Pro - це єдине програмне забезпечення для чотирьох спеціалізованих апаратних платформ: M340, Atrium, Premium і Quantum.

Роль Unity Pro в структурі автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУТП) відображена на рисунку 3.6.

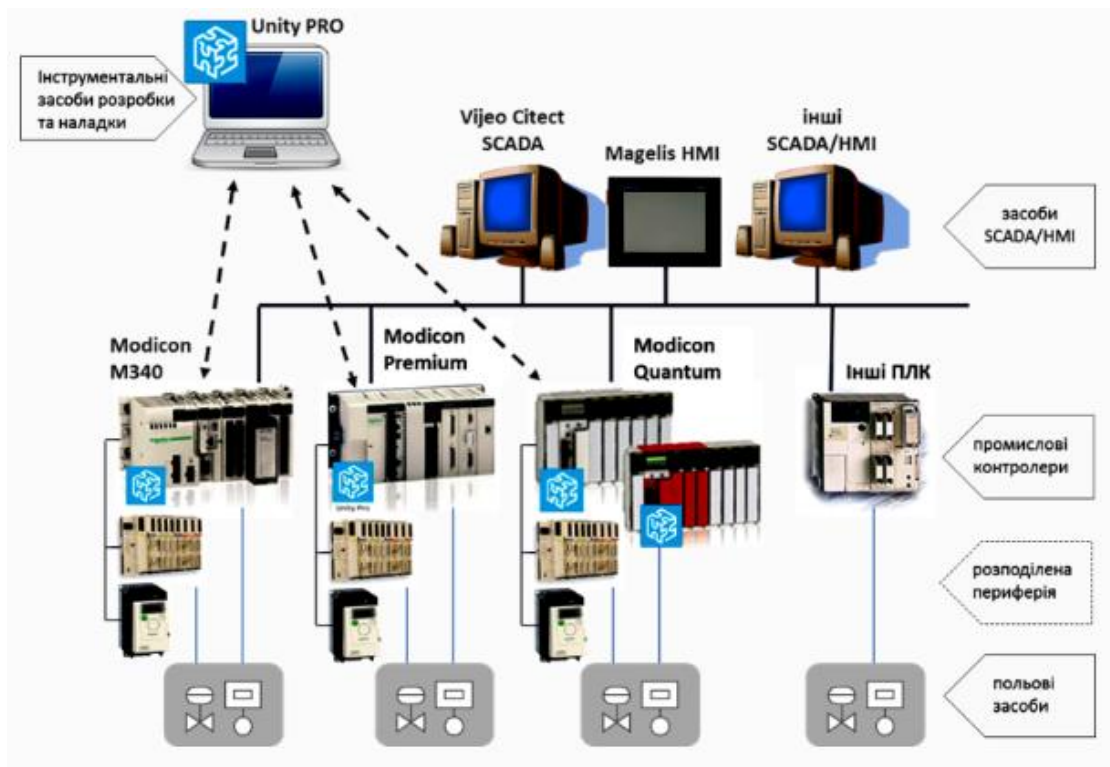


Рисунок 3.6 - Місце UNITY PRO у складі автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУТП)

Unity Pro представляє собою результат розвитку та інтеграції двох програмних продуктів:

PL7 PRO - представляє собою платформу програмування для контролерів TSX Micro і TSX Premium;

Concept - використовується для програмування контролерів Modicon Momentum і ModiconQuantum.

Перевагами Unity Pro є набір повного об'єму функцій і інструментів, які дозволяють моделювати структуру програми на вашій машині або структуру процесу. Програма розділена на організовані групування функціональних блоків: розділи програми, таблиці анімації, екрани оператора та гіперпосилання. Основні функції, що використовуються повторно, інкапсульовані в функціональні блоки користувача (DFB) мовою IEC61131-3.

Стандарти середовища скорочують час розробки та встановлення на місці. Завдяки спрощенню меню розробки можна швидко встановити усі потрібні елементи до середовища розробки а саме:

- Функціональні модулі, які можна повторно використовувати в програмі або між продуктами за допомогою імпорту/експорту XML
- Функціональні блоки створені шляхом перетягування з бібліотеки
- Екземпляри можуть автоматично успадковувати модифікації бібліотеки
- Певні бібліотеки можна повторно використовувати у Vijeo Citect.

Конфігураційне середовище складається з кількох панелей інструментів, вікон браузера та редакторів програмування, що дозволяє користувачеві виконувати основні завдання, такі як створення, експорт та імпорт проектів.

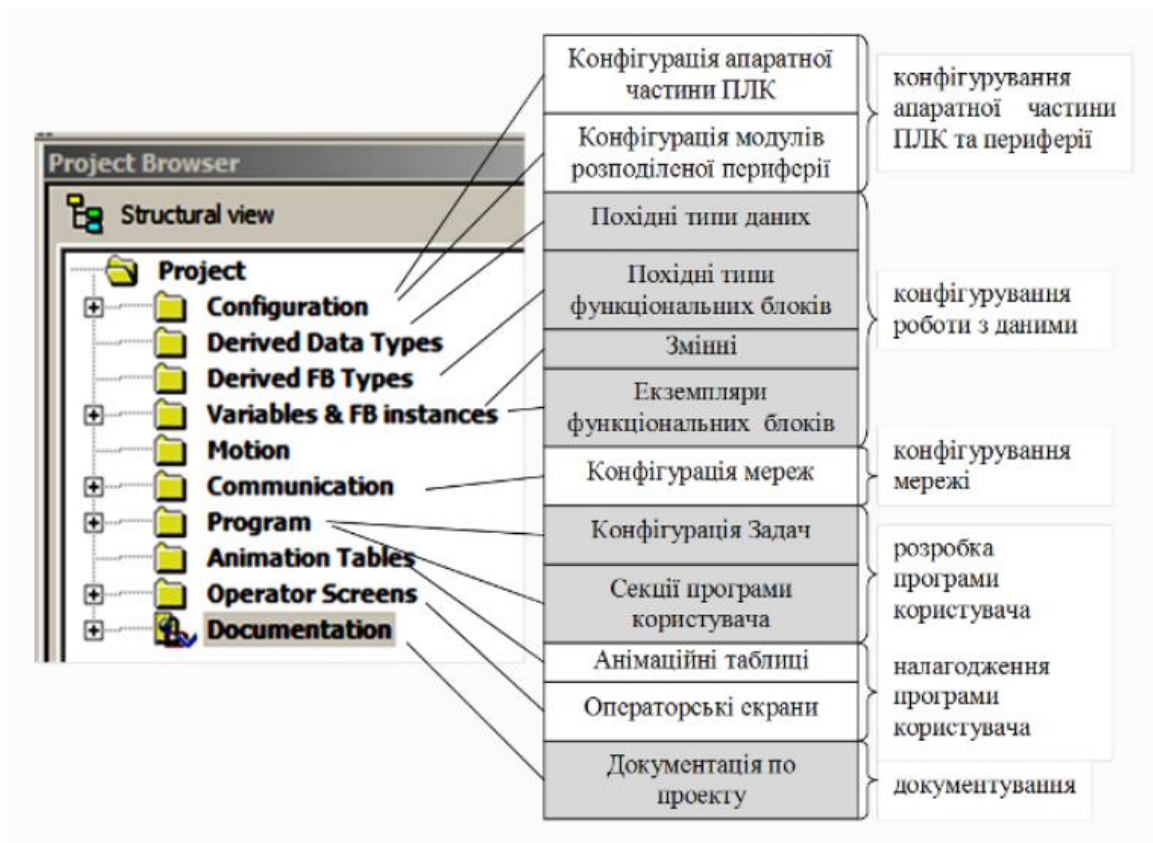


Рисунок 3.7 - Організація структури проекту в UNITY PRO та призначення його секцій

У середовищі розробки можна використовувати п'ять стандартних мов ІЕС. Це мова послідовної функціональної схеми (SFC) і чотири сумісні мови програмування:

- список інструкцій (IL);
- сходова діаграма (LD);

- функціональна блок-схема (FBD);
- структурований текст (ST).

Кожна з 5 мов ІЕС, реалізованих в Unity Pro, має власний набір функцій і характеристик. Вони також оснащені окремими панелями інструментів і вікнами програмування.

Характеристиками та реалізація кожної мови програмування.

Мова сходової діаграми (LD) є дуже поширеним методом програмування ПЛК, він заснований на використанні сходової діаграми. Тоді написання програми еквівалентно малюванню комутаційної схеми. Схема сходів складається з двох вертикальних ліній, що представляють силові рейки. Між цими двома вертикальними лініями ланцюги з'єднані як горизонтальні лінії, які є щаблями сходів.

Мова структурованого тексту (ST) виглядає як мова комп'ютерного програмування високого рівня, наприклад PASCAL або C. Опитування Control Engineering показало, що серед усіх мов програмування, визначених ІЕС61131, структурований текст отримав найбільше поширення. Ця мова, мабуть, найкраще охоплює зростаючу складність програмування ПЛК, наприклад функції керування процесом. Зараз це здебільшого використовується в автоматизації, особливо новими інженерами.

Програмування списку інструкцій (IL) визначено як частина стандарту ІЕС 61131. Він використовує дуже прості інструкції, подібні до оригінальних мнемонічних мов програмування, розроблених для ПЛК. Це найфундаментальніший рівень мови програмування, який, як правило, не використовується щодня, але зазвичай знаходиться у функціональних блоках або DDT.

Функціональна блок-схема (FBD) — це графічна мова, розроблена для представлення друкованої плати. Це було зроблено для того, щоб користувачі, які зазвичай мають досвід електрики чи електроніки, були знайомі з символами та виразами.

Мова послідовної функціональної схеми (SFC) — це графічний метод організації програми. Функціональна блок-схема використовувалася для програмування окремого об'єкта, такого як насос. Послідовна функціональна схема використовується для програмування загального процесу.

З Unity Pro постачається все необхідне для програмування повної системи керування та автоматизації на весь життєвий цикл від проектування до налагодження, експлуатації та обслуговування.

Unity Pro надає інструменти для перевірки проекту на помилки та тестування проекту як симуляції. Першим кроком у тестуванні проекту є аналіз синтаксичних помилок. Будь-які виявлені помилки відображаються в інформаційному вікні внизу екрана. Другим кроком є моделювання проекту за допомогою вбудованого симулятора.

Симулятор ПЛК, вбудований в Unity Pro, дозволяє використовувати термінал ПК для тестування прикладної програми для ПЛК M340, Premium і Quantum без підключення до процесора ПЛК.

В Unity Pro інтегровано інструмент екрану оператора (Рисунок 3.7) Екран оператора дає графічне представлення установки та використовується для налагодження, запуску та обслуговування автоматизованих процесів.

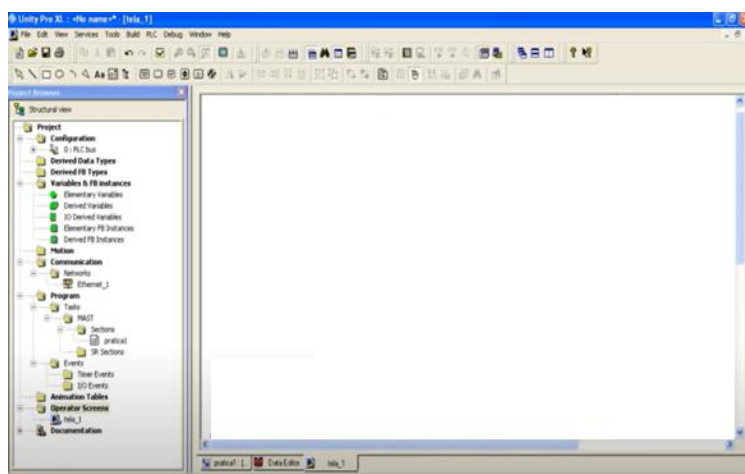


Рисунок 3.8 – Екран оператора

Екрани оператора надають набір інформації (пояснювальний текст, відображення динамічних значень, кнопки та підсумки), що дозволяє

користувачам виконувати швидкі та прості дії для зміни та динамічного моніторингу змінних ПЛК.

Редактор екранів оператора надає всі елементи НМІ (інтерфейс людини/машини), необхідні для анімованого перегляду та проектування процесів. Коли ПК з Unity Pro підключено до ПЛК, користувач може динамічно відображати екрани залежно від стану процесу.

У онлайн-режимі екрани оператора дозволяють отримати прямий доступ до прикладної програми зі зведень, просто натиснувши на вибраний об'єкт.

3.5 Розробка програмного забезпечення

Конфігурація апаратної частини в Unity Pro є важливим етапом в розробці автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП).

Основні кроки конфігурації апаратної частини в Unity Pro включають:

1. Створення Проекту:

Початок роботи з Unity Pro включає створення нового проекту. Під час цього етапу ви обираєте тип контролера (M340, TSX Premium, Quantum) та визначаєте інші параметри проекту.

2. Вибір Процесорного Модуля:

В рамках створення проекту ви вибираєте тип процесорного модуля, який відповідає вашим потребам та характеристикам системи.

3. Конфігурація Модулів на Шасі:

За допомогою графічного редактора апаратної конфігурації в розділі "Configuration" ви розташовуєте та конфігуруєте різні модулі на шасі контролера. Це може включати ввод-вивідні модулі, аналогові модулі, модулі спеціального призначення та інші.

4. Задання Параметрів Модулів:

На наступному етапі ви визначаєте параметри для окремих модулів відповідно до їхньої функціональності. Це може включати встановлення адрес,

налаштування вхідних та вихідних параметрів, а також інших налаштувань, необхідних для оптимальної роботи системи.

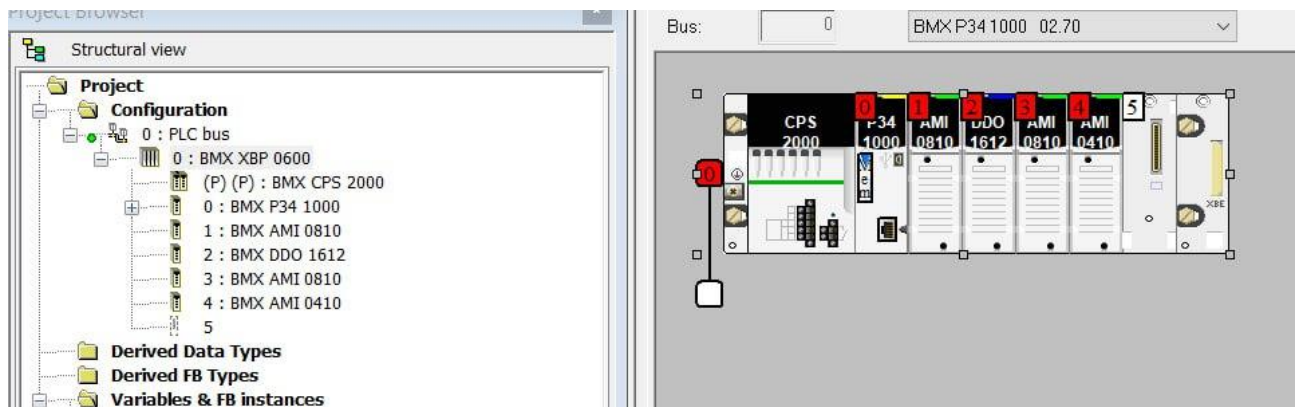


Рисунок 3.9 - Редактор апаратної конфігурації

У редакторі даних Unity Pro можна створювати та управляти змінними, які використовуються для зберігання та обробки даних під час виконання програм на промислових контролерах Schneider Electric. Під час створення змінних визначається їхній тип даних, ім'я, адреса в пам'яті контролера та можливе початкове значення. Змінні можуть бути груповані та коментовані для зручності організації та керування.

Name	Value	Type	Comment
fe1	0.0	REAL	Витратомір 1
fe2	0.0	REAL	Витратомір 2
hv1	0.0	REAL	Датчик вологи на вході
hv2	0.0	REAL	Датчик вологи в бункері
kl1	0	EBOOL	Клапан 1
kl2	0	EBOOL	Клапан 2
kl3	0	EBOOL	Клапан 3
kl4	0	EBOOL	Клапан 4
kl5	0	EBOOL	Клапан 5
kl6	0	EBOOL	Клапан 6
kl7	0	EBOOL	Клапан 7
l1	100.0	REAL	Рівень 1
l2	65.0	REAL	Рівень 2
l3	0.0	REAL	Рівень 3
l4	10.0	REAL	Рівень 4
l5	90.0	REAL	Рівень 5
m1	0	EBOOL	Мотор 1
m2	0	EBOOL	Мотор 2
pusk	0	EBOOL	пуск
stop	0	EBOOL	стоп
to_out	0	EBOOL	Команда на вивантаження
to_out_silos	0	EBOOL	Вихід з силосу
to_separator	0	EBOOL	Подача до сепаратору
to_silos	0	EBOOL	Подача до силосу
track1	0	EBOOL	Наявність вантажівки 1
track2	0	EBOOL	Наявність вантажівки 2
ust_fe1	0.0	REAL	Уставна витрати 1
ust_fe2	0.0	REAL	Уставна витрати 2
we1	0.0	REAL	Ваги 1
we2	1500.0	REAL	Ваги 2
T1	32.0	REAL	Датчик температури 1
T2	123.0	REAL	Датчик температури 2
T3	0.0	REAL	Датчик температури 3
T4	65.0	REAL	Датчик температури 4

Рисунок 3.10 - Створення змінних в редакторі даних

Програма користувача може функціонувати у режимі однієї задачі (лише MAST) або багатозадачно. Налаштування параметрів задач здійснюється через відповідне контекстне меню (Рисунок 3.11).

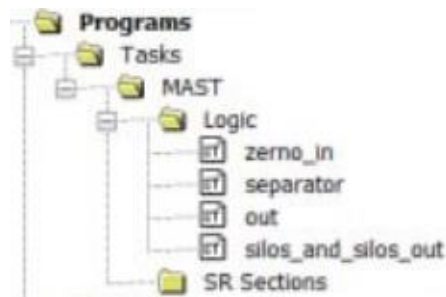


Рисунок 3.11 Створення програми користувача

Лістинг підпрограми `zerno_in` написана на мові ST для прийому зерна в бункер розвантаження :

```
if pusk and not stop then
    if we1>0.0 then
        track1:=true;
    end_if;
    if we2>0.0 then
        track2:=true;
    end_if;
    if we1>0.0 and we2>0.0 then
        track1:=true;
        track2:=true;
    end_if;
    if we1 = 0.0 then
        track1:= false;
    end_if;
    if we2 = 0.0 then
        track2:= false;
    end_if;
end_if;
```

Лістинг підпрограми `separator` написана на мові ST для подачі зерна до сепаратора:

```
if pusk and not stop then
    if to_separator and not to_out then
        if l1>=100.0 then
            m1:=false;
        end_if;
        if l1<100.0 then
            m1:=true;
        end_if;
    end_if;
end_if;
```

```

        end_if;
    end_if;
    if to_out or to_silos then
        kl4:= true;
    end_if;
    else if not to_out and not to_silos then
        kl4:=false;
    end_if;

end_if;

```

Лістинг підпрограми out написана на мові ST для вивантаження зерна в вантажівки:

```

if pusk and not stop then

    if to_out then
        kl5:=true;
        if l2>=100.0 then
            kl5:=false;
        end_if;
        if ust_fel > 0.0 then
            if fel<ust_fel then
                kl3:=true;
            else if fel>=ust_fel then
                kl3:=false;
            end_if;
        end_if;
    end_if;
end_if;
end_if;
end_if;

```

Лістинг підпрограми silos_and_silos_out написана на мові ST для

вивантаження зерна з силосів :

```
if pusk and not stop then
  if to_silos then
    if l3<100.0 and l4<100.0 then
      kl6:=true;
    else if l3>=100.0 and l4>=100.0 then
      kl6:=false;
    end_if;
  end_if;
  if to_out_silos then
    if l3>0.0 and l4>0.0 then
      kl1:=true;
      kl2:=true;
      m2:=true;
    end_if;
    if l5>=100.0 or (l3<=0.0 and l4<=0.0) then
      kl1:=false;
      kl2:=false;
      m2:=false;
    end_if;
    if ust_fe2>fe2 then
      kl7:=true;
    else if fe2>=ust_fe2 then
      kl7:=false;
    end_if;
  end_if;
end_if;
end_if;
end_if;
end_if;
```

Підпрограма temperature написана на мові FBD і призначена для спостереження за температурою на підшипниках обертових механізмів. Підпрограма зображена на рисунку 3.12.

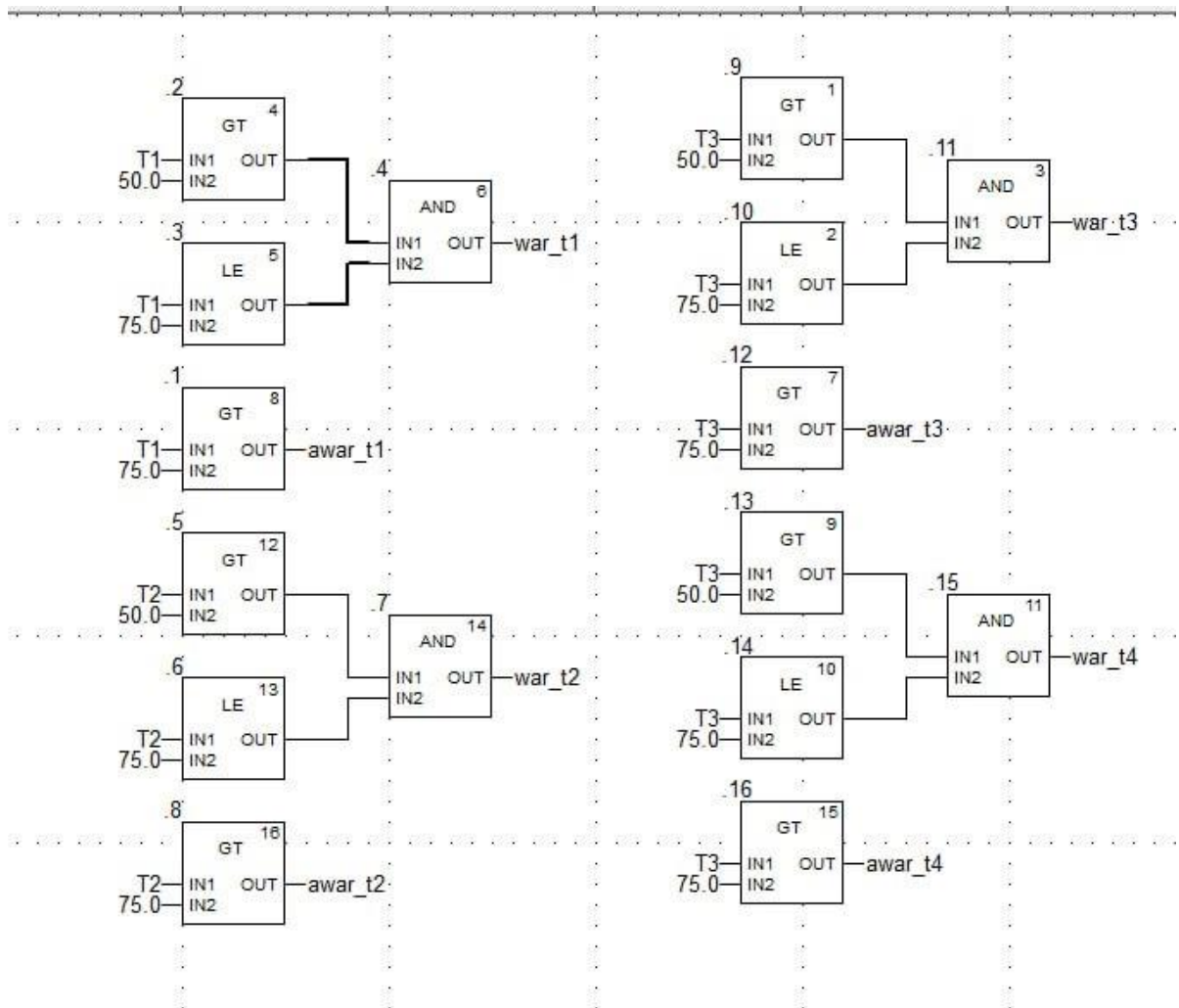


Рисунок 3.12 - Підпрограма temperature

Датчики температури встановлені на підшипниках обертових механізмів тобто конвеєрів і шнеків. Розроблено три рівні тривоги перша це умовно температура до 50 градусів це нормальний режим, і повідомлення про це немає, друга це від 50 до 75 оператору буде відображатись повідомлення про те, що необхідний огляд даного механізму, третє більше ніж 75 - це критична температура, оператору буде повідомлено про аварійну ситуацію, технологійний

процес зупиняється автоматично. Візуалізація даної підпрограми буде зображена на рисунках

Для того щоб отримати доступ для візуалізації потрібно авторизуватись. Форма авторизації наведена на рисунку 3.13.

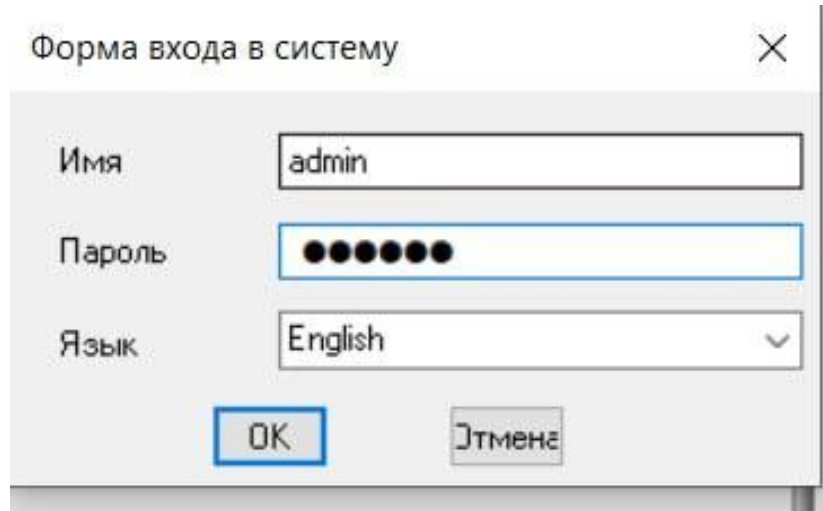
The image shows a standard Windows-style dialog box titled "Форма входу в систему" (Login Form). It has a close button (X) in the top right corner. The form contains three input fields: "Имя" (Name) with the text "admin", "Пароль" (Password) with seven black dots for masking, and "Язык" (Language) with a dropdown menu showing "English". At the bottom, there are two buttons: "OK" and "Отмена" (Cancel).

Рисунок 3.13 – Форма авторизації

Мнемотехнічна схема автоматизації елеватора розроблена в SCADA програмі Citect SCADA 201. Мнемотехнічна схема технологічного процесу призначена для моніторингу процесу з АРМ оператора, а також для внесення ручних дій при виникненні аварійних ситуацій.

Головне вікно мнемотехнічної схеми оператора зображене на рисунку 3.14

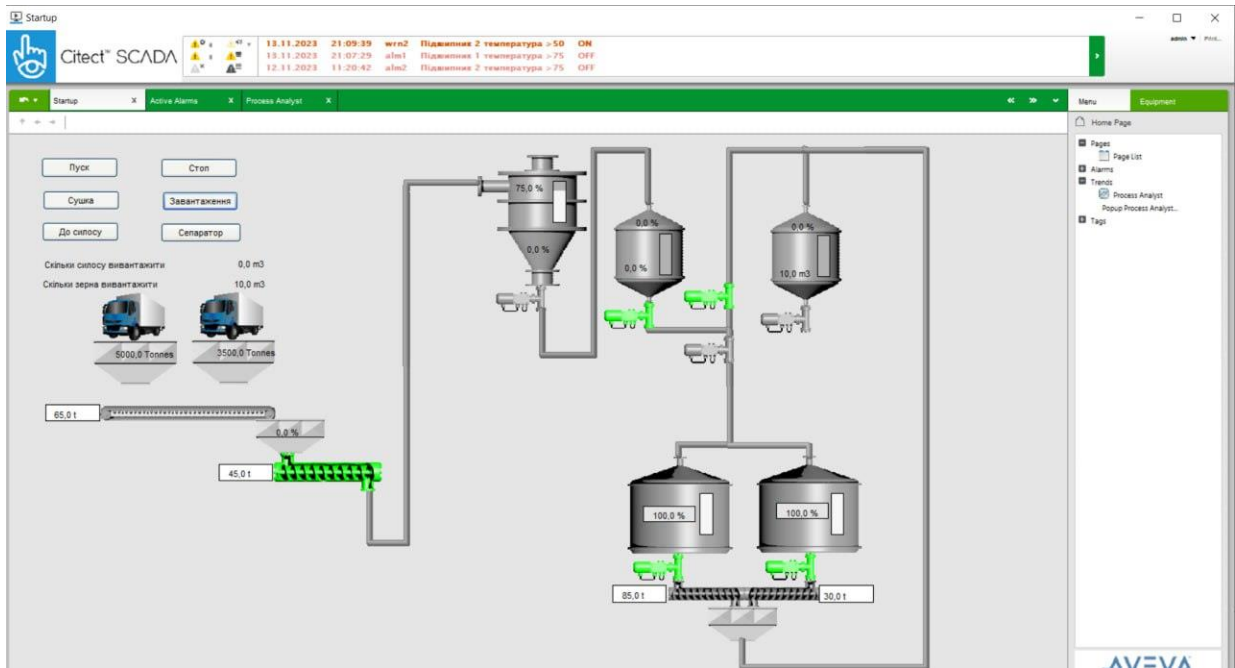


Рисунок 3.14 – Головне вікно мнемотехнічної схеми технологічного процесу

Name	Type
<input checked="" type="checkbox"/> push	BOOL
<input checked="" type="checkbox"/> stop	BOOL
<input checked="" type="checkbox"/> to_separanjr	BOOL
<input checked="" type="checkbox"/> to_out	BOOL
<input checked="" type="checkbox"/> to_silos	BOOL
<input checked="" type="checkbox"/> to_out silos	BOOL

Рисунок 3.15 – Кнопки управління

Також для ручного задання управляючої дії клапанів розроблене окреме вікно, яке зображене на рисунку 3.16.

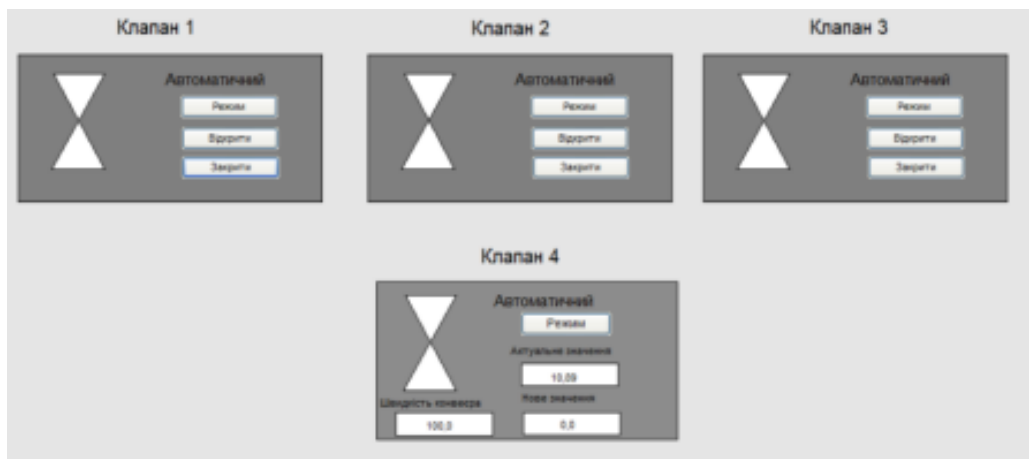
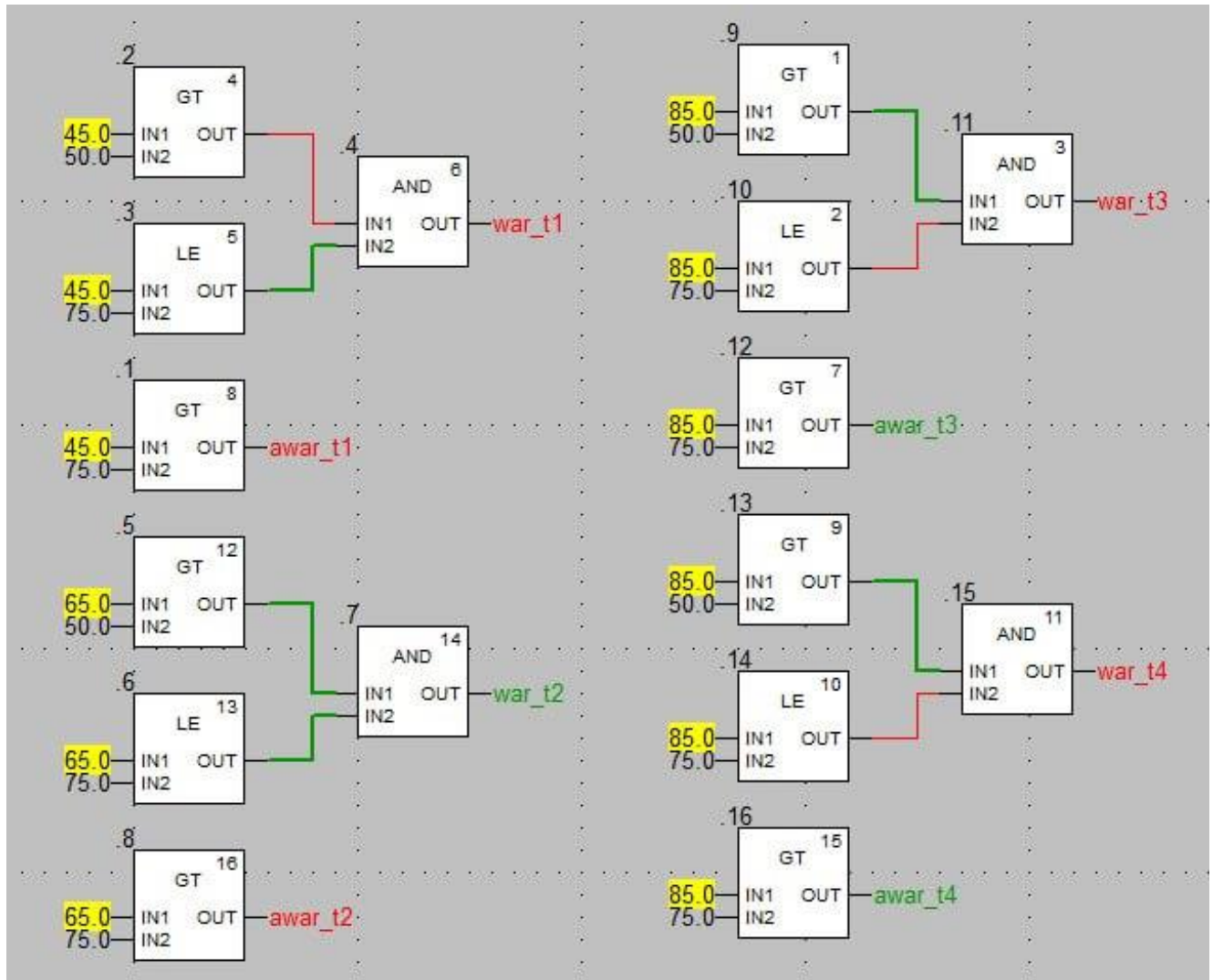


Рисунок 3.16 – Вікно ручного управління

Підпрограма `temperature` має можливість аналізувати температурні показники та порівнювати їх із заданими критичними значеннями. У випадку виявлення потенційних проблем, програма може автоматично ініціювати заходи запобігання, такі як сповіщення операторів, зниження швидкості елеватора або автоматичне вимкнення приводу.

Візуалізація підпрограми `temperature` зображена на рисунку 3.17 та рисунку 3.18.



Рисунку 3.17 - Візуалізація підпрограми `temperature`

Усі тривоги відображаються на окремій сторінці рисунок 3.17, а також у верхній частині екрану, яка зображена на рисунку 3.14.

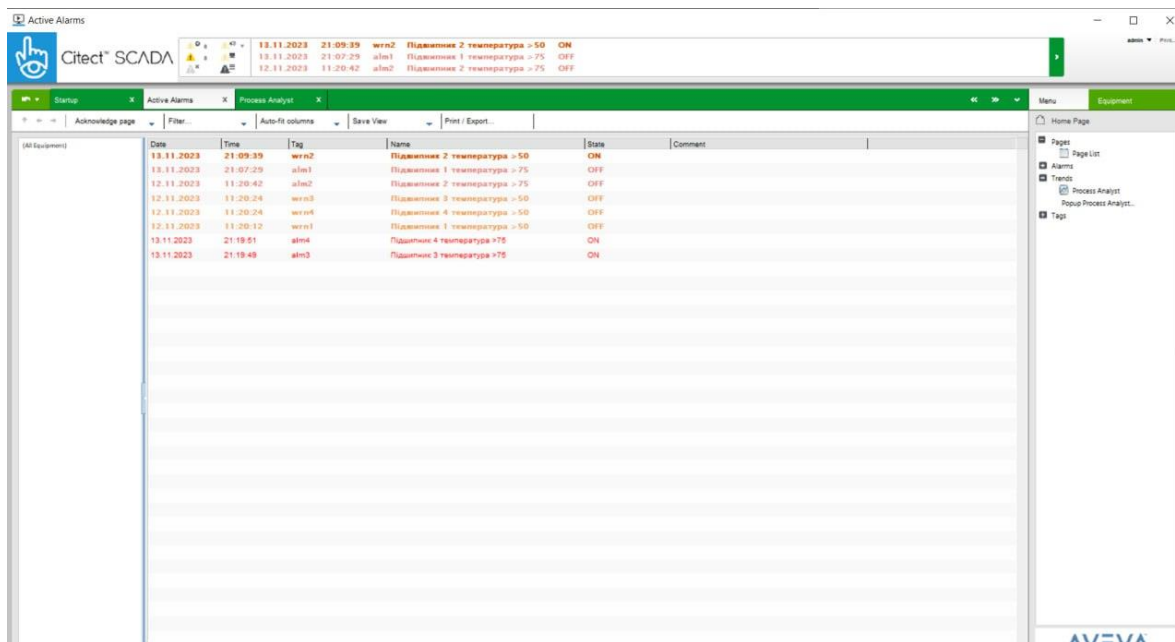


Рисунок 3.18- Сторінка тривоги

В Unity Pro, вікно трейдів (Trade Window) використовується для налагодження і відлагодження програм для промислових контролерів Schneider Electric. Основні функції вікна трейдів включають: Перегляд та редагування змінних, моніторинг значення тегів, дозволяє ставити точки зупинки (breakpoints) в програмі для зупинки виконання та вивчення стану системи на цій точці, моніторинг змін змінних, аналізу роботи програми та виявлення можливих помилок чи неправильного виконання коду.

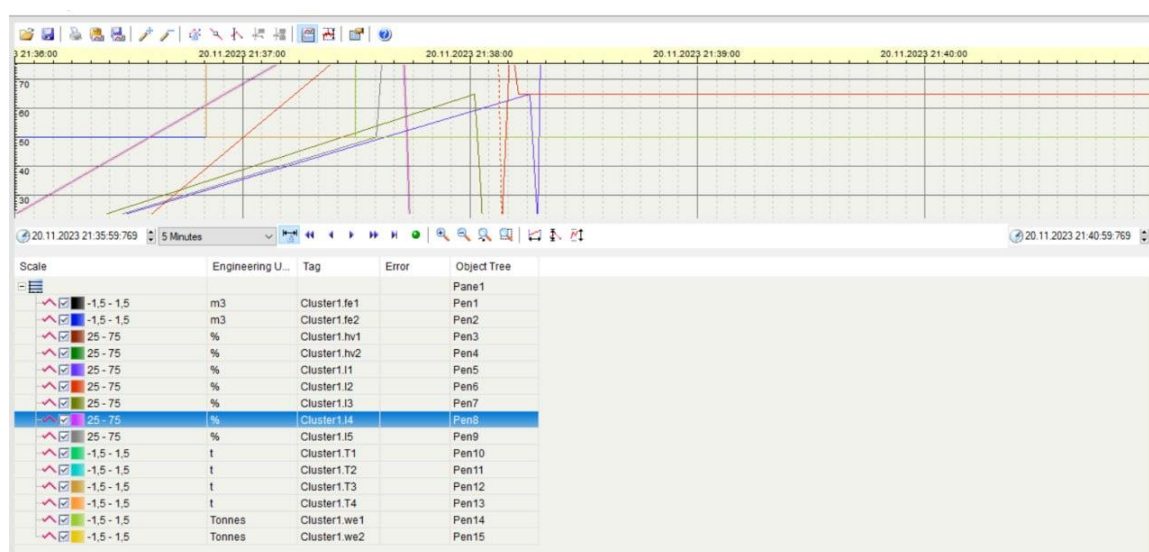


Рисунок 3.19 – Вікно трейдів

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі було проведено вивчення та аналіз процесів розвантаження та завантаження зерна на зерновому елеваторі з метою оптимізації цих ключових етапів виробництва. Отримані результати вказують на важливість впровадження сучасних технологій та автоматизованих систем для підвищення ефективності та забезпечення стабільності виробничих процесів.

Перше, вивчення процесів розвантаження вказало на необхідність вдосконалення механізмів вивантаження зерна з транспортних засобів, забезпечення швидкості та точності цього процесу. Впровадження автоматизованих систем контролю рівня та швидкості вивантаження може вирішити ці проблеми і покращити загальну продуктивність елеватора.

Друге, аналіз процесу завантаження зерна в силоси вказав на важливість точного контролю за рівнем та температурою зерна. Автоматизація систем вимірювання, регулювання та моніторингу може сприяти уникненню втрат та покращити умови зберігання зерна.

Третє, важливість енергоефективності та оптимального використання ресурсів була визначена в контексті розвантаження та завантаження. Впровадження ефективних систем вентиляції, моніторингу енергоспоживання та інтеграція з сучасними технологіями може сприяти зменшенню витрат та покращенню екологічних показників.

Усе враховуючи, ця робота підкреслює актуальність застосування сучасних технологій автоматизації для оптимізації процесів розвантаження та завантаження зерна на зернових елеваторах. Впровадження таких рішень не лише сприятиме ефективнішому управлінню виробництвом, але й дозволить досягти вищого ступеня стабільності та конкурентоспроможності в агропромисловому секторі.

Також я обираю все необхідне обладнання. Об'єкт автоматизації складається з складних процесів та потребує велику кількість датчиків та виконавчих

механізмів.

У проекті було використано ПЛК Modicon M340 фірми Schneider Electric з багатьох причин основними з яких є:

- Великий набір функцій;
- Потужний процесорний модуль;
- Можливість розширення системи;
- Можливість додавання віддалених постів керування за рахунок модулів віддаленого вводу/виводу;
- Сучасне програмне забезпечення, яке відповідає міжнародним стандартам, з інтуїтивним інтерфейсом та оптимізованою роботою;
- Надійність та безвідмовність ПЛК;
- Можливість заміни модулів на гарячу, та можливість змінювати програму користувача не зупиняючи ПЛК.

В даній системі було використано 5 модулів розширення: VMX DDM 16025, VMX AMI 0810, VMX AMO 0410, VMX AMM 0600, VMX AMI 1612.

Шасі для ПЛК та модулів VMX XBP 0400 та блок живлення VMX CPS 2000.

Керування всією автоматизованою системою відбувається оператором ПК, за допомогою SCADA-системи, яка була розроблена в середовищі Citect Scada. В ній ми контролюємо параметри нашої системи, та при потребі змінюємо їх.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безпека зберігання зерна та технічне обслуговування.[Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.yemvekatki.com/tahil-depolama-guvenligi-ve-bakimi/>.
2. Маркетинг пшениці та шляхи переміщення зерна.[Електронний ресурс].- Режим доступу:<https://kazakh-zerno.net/365-marketing-pshenitsy-i-puti-peremeshcheniya-zerna/>
3. Системи навантаження, розвантаження, транспортування зерна.[Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://polimak.com/urun/tahil-yukleme-bosaltma-tasima-sistemleri/>
4. Грамотна автоматизація системи управління елеватором.
[Електронний ресурс]. - Режим доступу:
<https://www.apkinform.com/ru/exclusive/opinion/1527902>
5. Шаповаленко О. І., Савтушенко О. О., Янюк Т. І., Рибчинський А. С. Сушіння та зберігання зерна. Херсон: ОЛДІ+, 2019. 396с
6. Agricultural Engineering Association. (2021). "Automation Trends in Grain Handling and Elevator Operations." Proceedings of the International Symposium on Agricultural Automation, 55-68.
7. Gonzalez, M., & Patel, S. (2017). "Sensor Technologies for Monitoring Grain Flow in Automated Elevators." Sensors and Actuators A: Physical, 240, 112-126.
8. Національний інститут зернової торгівлі. (2017). "Стандарти безпеки в автоматизованих системах зернового елеватора." Збірник наукових праць, 32, 55-67.
9. Литвиненко, О. (2019). "Автоматизація робіт з зерном на елеваторах: переваги та виклики." Сучасні проблеми агроінженерії, 14(3), 112-125.

10. Український агротехнічний журнал. (2018). "Інтеграція RFID-технологій у системи автоматизації зернового елеватора." Технічні розробки, 45(4), 23-37.
11. Аграрний прогрес. (2017). "Автоматизація зберігання та транспортування зернових культур: вітчизняний досвід." Аграрна наука, 23(2), 89-102.
12. Український інститут зернопродуктів. (2019). "Сучасні технології моніторингу стану обладнання на зернових елеваторах." Технічні засоби в агропромисловості, 38, 102-115.
13. Жовтнева, Н. (2018). "Автоматизація та безпека праці в зернотоварних елеваторах." Журнал Безпека праці, 6(4), 45-58.
14. Zhang, Q., & Li, W. (2017). "Modeling and Simulation of Grain Elevator Automation Using Discrete Event Systems." Simulation Modelling Practice and Theory, 70, 56-68.
15. Ковшовий елеватор. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://baike.baidu.com/item/%E6%96%97%E5%BC%8F%E6%8F%90%E5%8D%87%E6%9C%BA/4806840>
16. Ельперін І.В.(2021). "Автоматизація виробничих процесів" Підручник.- Київ: Ліра-К. - 378с.
17. Вайнберг, А. Надійність обладнання підприємств зі зберігання та переробки зерна: навч. посібник/А. А. Вайнберг. – Київ : Вища школа,1986. - 407
18. Плетнев Г. П., Зайченко Ю. П., Зверев Е. А., Киселев Ю., Е. Проектування, монтаж та експлуатація автоматизованих систем керування теплоенергетичними процесами.МЕІ, 1195. 316с
19. Автоматизація та управління переробкою зерна. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/grain-handling-automation-and-controls.html>
20. Основи роботи з UNITY PRO.[Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://pupenasan.github.io/kpz2/unitypro/articles/1.html>