

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Тема наукової роботи: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
ВИРОБНИЦТВОМ НА БАЗІ TIA PORTAL

Виконав	_____	А.В. Могилюк
Керівник роботи	_____	І.Н. Вдовиченко
Нормоконтроль	_____	Д. І. Кузнєцов
Завідувач кафедри	_____	А. І. Купін

Кривий Ріг
2023

Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Ступінь вищої освіти
Спеціальність

магістр
123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

_____ А. І. Купін

“ ____ ” _____ 20__ року

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

- _____ (прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи _____
- _____
- керівник роботи _____
- _____ (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
2. Строк подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до роботи _____
- _____
- _____
- _____
- _____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу магістра	01.02.2023	
2	Огляд існуючих рішень	02.02.2023 - 06.03.2023	
3	Теоретичне дослідження інструментальних та програмних засобів реалізації проекту	07.03.2023 - 14.04.2023	
4	Програмна частина (постановка задачі, створення програмного забезпечення, опис алгоритму рішення задачі, проектування та опис інтерфейсу користувача, опис програми)	15.04.2023 - 22.06.2023	
5	Дослідна та експериментальна частина	23.06.2023 - 14.09.2023	
6	Оформлення пояснювальної записки	15.09.2023 -	

		26.10.2023	
7	Оформлення графічної документації	27.10.2023 - 16.11.2023	
8	Оформлення електронних додатків до кваліфікаційної роботи магістра	17.11.2023 – 01.12.2023	
9	Представлення кваліфікаційної роботи магістра до захисту	10.12.23	

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 101 сторінка, 41 рисунок, 9 таблиць, 6 формул, 4 додатки, 20 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – Автоматизована система керування виробництвом комплексу згущування хвостової пульпи.

Предмет дослідження - програмно-апаратний комплекс оптимізаційної пропозиції з удосконалення вузла дренажних ємностей високовиробничих згущувачів.

Робота складається з трьох розділів.

Перший розділ присвячено аналізу предметної області, комплекс згущування пульпи цеху шламового господарства АТ «Південний ГЗК», проілюстровано та описано принцип роботи високовиробничого згущувача діаметром 62 метри та станцій приготування, дозування і розбавлення розчину флокулянту.

Другий розділ розкриває питання проблеми, що виникла в поточній експлуатації автоматизованої системи керування виробництвом комплексу згущування хвостів хвостового господарства цеха шламових систем АТ «ПівдГЗК», таку як недостатня автоматизація роботи дренажних насосів згущувачів.

Для вирішення проблеми нами була розроблена автоматизована система керування виробництвом для насосів дренажних ємностей високовиробничих згущувачів з власним людинно-машинним інтерфейсом та апаратною складовою у вигляді частотно-регульованого приводу, датчику рівня та двох поплавкових вимикачів.

У третьому розділі було проведено дослідження, в ході якого перевірялась правильність та оптимальність вибору комплектуючих деталей для запропонованого нами, у другому розділі, вдосконалення системи керування роботою дренажних ємностей високовиробничих згущувачів. Представлено багатокритеріальний вибір двома методами, математичні розрахунки та розроблені програмні продукти для використання методів. Проведено порівняння та аналіз результатів

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ, ЛЮДИННО-МАШИННИЙ ІНТЕРФЕЙС, ВИСОКОВИРОБНИЧИЙ ЗГУЩУВАЧ, ЕКСПЕРТНИЙ МЕТОД ДЕЛЬФИ, МЕТОД СУМІЩЕНОГО ІДЕАЛУ, БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР, ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ.

					КНУ.РМ.123.23.11.Р			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літера	Арквщ	Арквщів
Розробив	Могилюк						5	101
Перевірив	Вдовиченко							
Н.контроль	Кузнецов							
Затвердив	Купін					КІ-22м		

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕНОЇ ГАЛУЗІ	11
1.1 Принцип роботи згущувача	11
1.2 Загальний опис	12
1.3 Людино-машинний інтерфейс, кнопки керування та перемикачі	14
1.4 Робочі режими та процеси	15
1.5 Опис Системи	19
1.6 Електронні блоки керування шибєрними засувками розвантаження згущувачів	24
1.7 Програмне забезпечення	25
1.8 Інтерфейс АРМ оператора	29
1.9 Висновки	34
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ КОМПЛЕКСУ ЗГУЩУВАННЯ ПУЛЬПИ.	35
2.1 Оптимізація роботи насосів дренажних ємностей згущувачів	35
2.2 Програмна реалізація АСКВ	37
2.3 Висновки	54
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ	55
3.1 Мета дослідження	55
3.2 Аналіз застосування потенційних наукових підходів	56
3.3 Аналіз застосування потенційних інженерних підходів	58

					КНУ.РМ.123.23.11.3			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літера	Арквщ	Арквщів
Розробив	Могилюк						6	
Перевірів	Вдовиченко							
Н.контроль	Кузнєцов					КІ-22м		
Затвердив	Купін							

3.4 Вибір методу для визначення найкращої альтернативи в умовах багатокритеріальності.....	60
3.5 Розробка математичної моделі методу суміщеного ідеалу	62
3.6 Оцінка адекватності підбору.....	75
3.8 Висновки	82
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	87
ДОДАТКИ.....	89
Додаток А. Лістинг програмної реалізації методу суміщеного ідеалу	89
Додаток Б. Блок-схема програмної реалізації методу суміщеного ідеалу	94
Додаток В. Блок-схеми програмної реалізації автоматизованої системи керування виробництвом вузла дренажних ємностей	98
Додаток Г. Схема підключення сигналів керування для частотно-регульованого приводу ABB ACS580.....	100

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСКВ - автоматизована система керування виробництвом;
 АСУТП-автоматизована система управління технологічними процесами;
 АММО - Аналітичний метод мериторного оцінювання;
 АІС - Аналіз ієрархічної структури;
 ВПЗ - високопродуктивний згущувач;
 ЛМІ - людинно-машинний інтерфейс;
 МАІ - Метод аналізу ієрархій;
 МАІП - Метод аналітичного ієрархічного процесу;
 МВКО - Метод вагово-коефіцієнтних оцінок;
 МРМ- мультикритеріальне рішення методом;
 ОНПС - об'єднана пульпо-насосна станція;
 ПЛК - програмований логічний контролер;
 ЧРП - частотно-регульований привід;
HMI - Human-Machine interface;
LAD (ladder diagram) це тип електричної схеми, яка використовується для представлення логічних операцій;
TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) - інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів;
SCADA (Supervisory Control & Data Acquisition) - централізований контроль і збір даних) - це система керування, що складається з робочих станцій, мережних засобів передачі даних та графічних інтерфейсів користувача для повнорівневого нагляду за машинами та процесами;
SCL (structured control language) - це текстова мова програмування, яка базується на мові C;
SIMATIC WinCC (Windows Control Center) - це комп'ютерна система людинно-машинного інтерфейсу, що надає повні функціональні можливості для проектування автоматизованих систем керування виробництвом всіх призначень;
SP - Set Point;

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасному світі, де промисловість і видобувна галузь набувають все більшого значення, ефективне управління виробничими процесами та оптимізація ресурсів є надзвичайно важливими завданнями.

Вимірювання ефективності виробництва є показником того, наскільки добре компанія використовує свої ресурси для створення продукції. Це має вирішальне значення, оскільки демонструє здатність компанії створювати цінність відносно своїх витрат. Для компаній важливо бути ефективними, щоб бути успішними та конкурентоспроможними на ринку. У гірничодобувному секторі компанії, які видобувають і переробляють ресурси, інвестують значні суми грошей у пошук безпечних та екологічно чистих методів зберігання залишків матеріалів.

Одним з ключових вузлів, що виникають при утилізації шламу, є комплекс згущення хвостів. У цьому комплексі особливого значення набуває проблема автоматизації дренажних насосів, які відповідають за видалення зайвої рідини з дренажних ям та робочого простору. Забезпечення надійної та ефективної роботи цих насосів є критично важливим елементом оптимізації виробничих процесів і зменшення втрат ресурсів, що, у свою чергу, сприяє підвищенню економічної та екологічної стійкості гірничодобувних підприємств.

У цій магістерській роботі буде розглянуте питання автоматизації дренажних насосних систем в контексті комплексу згущування хвостів цеху шламового господарства Акціонерного товариства «Південний гірничо-збагачувальний комбінат»

Мета і завдання дослідження. Основною метою дослідження є розробка програмного комплексу для керування насосами дренажних ємностей з власним ЛМІ та автоматизація процесу багатокритеріального вибору обладнання для АСКВ. Також, перевірити оптимальність багатокритеріального вибору обладнання автоматизованої системи для керування насосами дренажних ємностей.

					КНУ.РМ.123.23.11.ВС			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Могилюк			ВСТУП		Літера	Арквш
Перевірів		Вдовиченко						Арквшів
							9	101
Н.КОНТРОЛЬ		Кузнєцов					КІ-22м	
Затвердив		Купін						

Серед головних завдань дослідження є такі. Розробити програмний комплекс для керування насосами дренажних ємностей з власним ЛМІ. Оцінка технічних вимог АСКВ відповідно певної ланки апаратних рішень (засобів). Програмна реалізація методу суміщеного ідеалу з детальним описом алгоритму та коду. Перевірка результатів шляхом відповідності математичній моделі, експертному опитуванню та додатковим методом експертного оцінювання.

Об'єкт дослідження – Автоматизована система керування виробництвом комплексу згущування хвостової пульпи.

Предмет дослідження – програмно-апаратний комплекс оптимізаційної пропозиції з удосконалення вузла дренажних ємностей високовиробничих згущувачів.

Методи досліджень. Перед усім застосовано теоретичний метод дослідження. Для вирішення задач використовуються методи які активно застосовуються на практиці: системний аналіз, метод статистичної обробки результатів, метод порівняльного аналізу, експертні методи (метод Делфі, метод анкетування), метод суміщеного ідеалу, метод візуалізації.

Наукова новизна одержаних результатів.

- Виявлено недоліки в роботі вузла дренажних ємностей високовиробничих згущувачів у вигляді відсутності автоматизованої роботи.
- Обґрунтовано потребу у вдосконаленні дренажних ємностей високовиробничих згущувачів.
- Запропоновано вирішення проблеми.

Практичне значення отриманих результатів.

Розробка програмного комплексу з метою автоматизації дренажного вузла високовиробничого згущувача.

Використання експертного методу Делфі та методу суміщеного ідеалу для багатокритеріального вибору обладнання автоматизованої системи керування виробництвом комплексу згущування пульпи хвостового господарства.

Інтеграція цієї системи до існуючої АСКВ допоможе досягти економічного ефекту через автоматичний режим роботи, а саме:

- двигун насосу буде мати захисти від перегріву,
- поступовий Стоп/Старт,
- не буде необхідності в ручному відкачуванні дренажних ємностей технологічним персоналом.

Таким чином буде досягнуто економічний ефект у витратах електроенергії, зведення участі персоналу до мінімуму у технологічному процесі вузла дренажних ємностей та збільшення ресурсу насосного агрегату

Апробація роботи. Апробація досліджень відбувалась на конференції KICM 2023 від Криворізького національного університету.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕНОЇ ГАЛУЗІ

1.1 Принцип роботи згущувача

Для розгляду в цій магістерській роботі було обрано комплекс згущування хвостової пульпи цеху шламового господарства акціонерного товариства «Південний гірничо-збагачувальний комбінат», а саме - високопродуктивні згущувачі діаметром 62 метри, дренажні ємності, система виготовлення та подачі розчину флокулянту.

Згущення хвостів – це спосіб зменшити відходи від гірничо-видобувного виробництва. Після того, як з каменів або мінералів вилучають корисні речовини, залишається багато відходів, так званих «хвостів». Для видалення води з відходів використовуються згущувачі. Це робить хвости густішими та легшими для обробки, допомагає навколишньому середовищу та економить гроші, оскільки легше позбутися шламу і переробити цінні мінерали.[1]

Згущувач призначений для освітлення вихідної хвостової пульпи та ущільнення осаду. Це виконується задля забезпечення потреб виробництва у воді шляхом оборотного водопостачання, що забезпечує економічний ефект та впроваджує рішення екологічної проблеми занадто великого нагромадження пульпи на хвостосховищах.

При потраплянні пульпи низької щільності, яка є відходом виробництва залізорудного концентрату, у згущувачі тверді речовини у суміші відокремлюються завдяки розчину флокулянту і стають пульпою високої щільності на дні згущувача, чиста вода перетікаючи через верх чану згущувача і потрапляючи в ставок оборотного водопостачання стає можливою для повторного використання у технологічних процесах. Ущільнена пульпа відкачується транспортними насосами на хвостосховище.

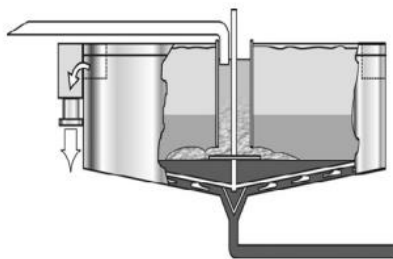


Рисунок 1.1 - Принцип роботи згущувача

					КНУ.РМ.123.23.11.01.АПГ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ	Літера	Арквш	Арквнів
Розробив		Могилук						
Перевірив		Вдовиченко					11	101
						КІ-22м		
Н.контроль		Кузнецов						
Затвердив		Купін						

1.2 Загальний опис

При потраплянні пульпи з рудозбагачувальної фабрики до згущувача починається її флокуляція за допомогою спеціального розчину, також це виконується і під час проходження пульпи живильним трубопроводом.

Після потрапляння в пульпу гранули флокулянту притягують до себе важкі металеві частинки і під своєю вагою вони опускаються на дно згущувача, де утворюється щільний осад, який стягується граблями до конусу згущувача з якого вже відкачується насосами розвантаження згущувача.

Очищена рідина піднімається вгору через шар пульпи, де осідають тверді частинки, і шляхом переливу потрапляє на повторне використання у гірничо-збагачувальних процесах.

Для підтримки оптимального рівня щільного осаду на згущувачі присутній датчик розподілу шарів, який призначений для виявлення межі розділу між осадом та освітленою рідиною.

На конусі встановлено датчик тиску шару осаду, який показує з якою силою давить шар ущільненого осаду, покази цього приладу можна використати для регулювання швидкості відкачки згущеного продукту.

Технологічний режим

У згущувач подається пульпа з щільністю 4 - 5% при температурі навколишнього середовища та $pH = 8,6$.

Граблини обертаються при швидкості 0,051 об/хв тим самим стягуючи шар осаду до конусу розвантаження. При перевищенні заданого оператором значення крутного моменту граблини починають свій рух на підйом.

Згущений продукт відкачується насосами в камеру прийому згущеного продукту об'єднаної пульпо насосної станції (ОПНС), а освітлена рідина шляхом переливу повертається в технологічний оборот збагачувальної фабрики.

З панелі управління ПЛК ВВЗ виконуються такі основні функції управління:

- Підйом граблин пропорційно крутному моменту приводу (прямо пропорційно тиску, що генерується гідравлічним вузлом).
- Дозування робочого розчину флокулянту на основі сигналу датчика рівня шару ущільненого осаду.
- Залежність частоти обертання робочого колеса насоса розвантаження згущеного продукту від сигналу маси ущільненого шару осаду.[4-7]

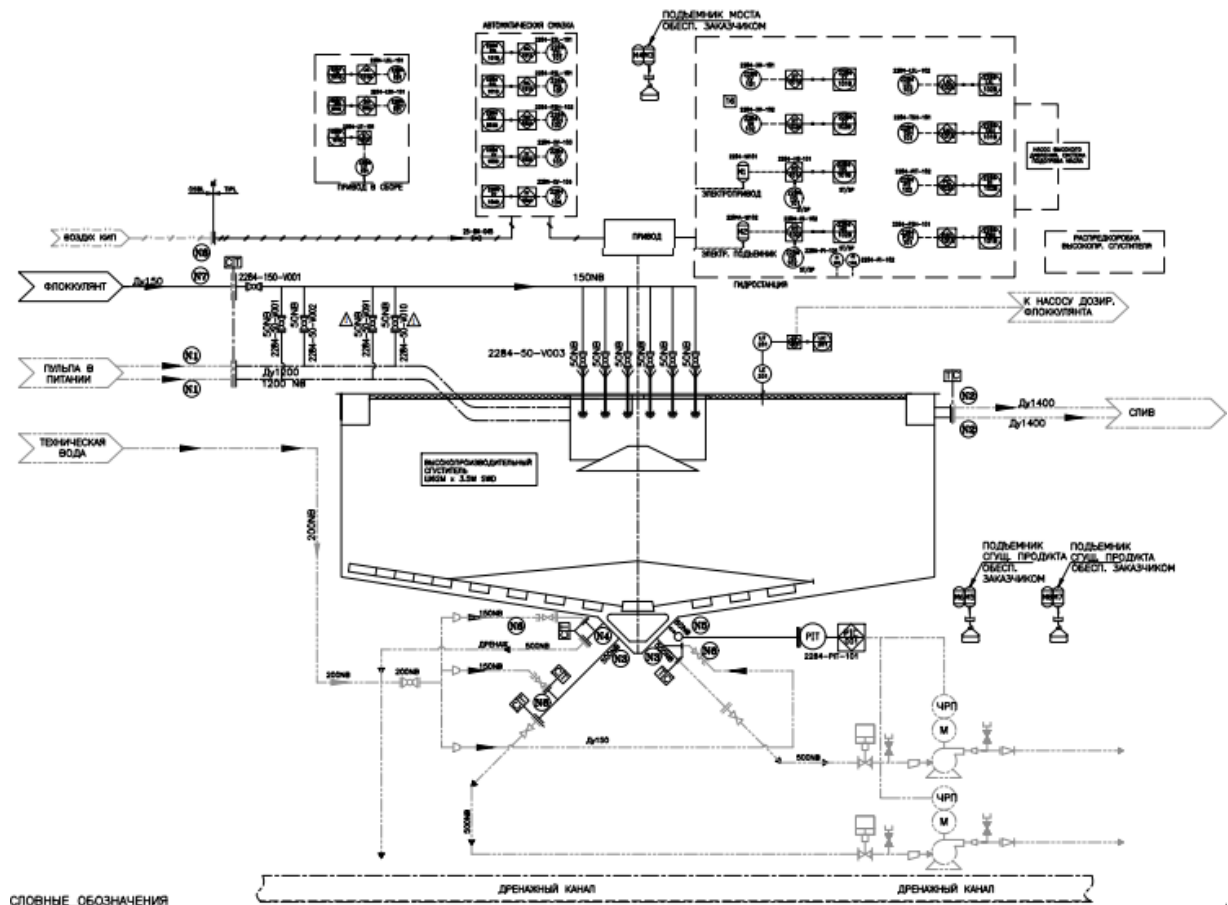


Рисунок 1.2 - Схема роботи згущувача

Опис локального пульта керування на основі програмованого логічного контролеру

Локальний пульт дозволяє виконувати ручне/автоматичне керування згущувачем. Панель включає пристрій ЛМІ, аварійну кнопку, кнопки ручного керування приводом/підйомом граблін, аварійний звуковий сигнал та перемикач на ЛМІ для ручного/автоматичного режим роботи.

З метою безпеки запуск згущувача повинен виконуватись двома операторами: один має знаходитись біля локальної панелі правління, а другий – біля системи керування. Перед роботою та під час пуску оператор на панелі управління згущувача повинен переконатися, що управління згущувачем та налаштування гідралічного обладнання відповідають вимогам, що висуваються.[2-3]

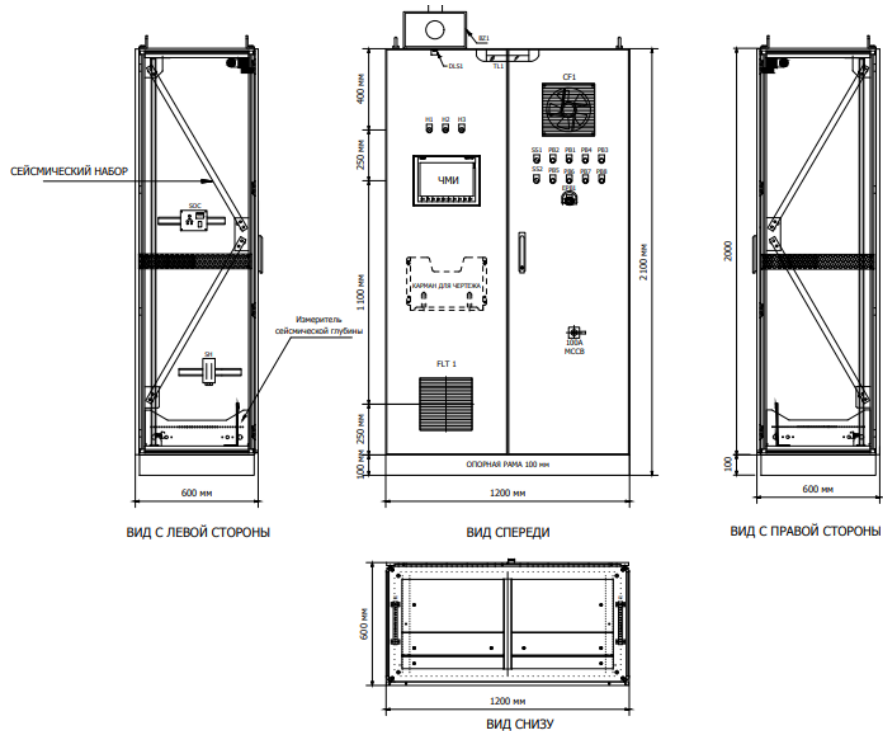


Рисунок 1.3 - Шафа управління згущувачем

1.3 Людино-машинний інтерфейс, кнопки керування та перемикачі

Повинні бути передбачені ЛМІ, перемикачі та кнопки наступного типу:

- Мнемонічний графічний дисплей високовиробничого згущувача
- Екран контролю стану входів/виходів, тренди
- Реєстрація даних за аварійними сигналами/вимкненнями
- Скидання/приймання аварійних сигналів
- Налаштування керування підйомом граблін
- Налаштування керування рівнем ліжка ущільненого осаду
- Налаштування часових інтервалів мастила

Аварійна зупинка: Ця кнопка підключена до аварійного реле та зупиняє електродвигуни системи гідравлічного приводу та гідравлічну систему підйому граблін.

Іконка підйому граблини – При натисканні цієї іконки активується електромагнітний клапан підйому граблін, та гідравлічний циліндр піднімає граблину. Ця іконка застосовується лише у тому випадку, коли перемикач *Auto/Manual* (Автоматичний/ручний режим) встановлено на режим ручного керування.

Іконка опускання граблини – При натисканні цієї іконки активується електромагнітний клапан опускання граблін, і гідравлічний циліндр опускає граблину. Дана іконка застосовується лише у тому випадку, коли перемикач *Auto/Manual* (автом./ручний режим) встановлено в режим ручного управління.

Іконка пуску двигуна приводу граблін - використовується для запуску

гідравлічного приводного двигуна граблін у тих випадках, коли двигун граблін управляється у локальному режимі.

Зупинка двигуна приводу граблін - Використовується для зупинки гідравлічного приводного двигуна граблін.

Іконка пуску двигуна підйому/опускання граблін - використовується для пуску гідравлічного насоса підйому/опускання граблін у локальному режимі управління.

Іконка зупинки двигуна підйому/опускання граблін - використовується для зупинки гідравлічного насоса підйому/опускання граблін.

Аварійна звукова сигналізація

На локальній панелі керування передбачена аварійна звукова сигналізація, яка активується за наявності сигналів аварійного стану/вимкнення.

1.4 Робочі режими та процеси

Високовиробничий згущувач може працювати як в ручному так і в автоматичному режимах.

Автоматичний режим

Автоматичний режим це звичайний режим роботи згущувача. Він має спеціальні елементи керування та функції безпеки, які повинні працювати належним чином.

Але в цьому режимі кнопки та перемикачі які слугують для ручного керування згущувачем не виконують жодних функцій. Коли згущувач закінчує роботу, частина, яка називається граблями, піднімається вгору, поки не досягне верхньої точки.

Ручний режим

У ручному режимі керування згущувачем можливе керування лише з кнопок, це як підйом, так і обертання. Цей режим не є нормальним для постійної роботи то ж він повинен виконуватись лише навченим персоналом, який має на це спеціальний допуск.

Привід включає датчик тиску, який посиляє сигнал, пропорційний крутному моменту, що розвивається приводним блоком. Сигнал 4-20 мА посиляється на ПЛК. Сигнал використовується в як вхід для контуру крутного моменту/підйому граблін.

В автоматичному режимі логіка управління в ПЛК працюватиме наступним чином:

УСТАНОВЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ	кНм	% КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА	НАЗНАЧЕНИЕ	АВАР. СИГНАЛЫ
SP1	1600	40%	Если значение крутящего момента ниже SP1, подъем граблины останавливается на 10 минут, затем граблина опускается в течение 10 секунд, а потом останавливается еще на 10 минут. Цикл продолжается до достижения	

УСТАНОВЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ	кНм	% КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА	НАЗНАЧЕНИЕ	АВАР. СИГНАЛЫ
			граблиной нижнего концевого выключателя. Если во время опускания граблин в указанной последовательности значение крутящего момента повышается до SP1 (увеличение до 40%), последовательность опускания прерывается, раздается звуковой аварийный сигнал, оповещающий оператора о том, что крутящий момент сгустителя увеличивается и есть риск достижения им значения SP2 (крутящий момент 50%, что является нежелательным состоянием). Оператор должен проанализировать причины и принять меры по восстановлению нормального значения крутящего момента (15 - 25%).	
SP2	2000	50%	Граблины поднимаются до момента, когда датчик достигает меньшего значения, чем SP1, а граблины	Звуковой сигнал на локальной панели управления и РСУ/АСУТП

УСТАНОВЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ	кНм	% КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА	НАЗНАЧЕНИЕ	АВАР. СИГНАЛЫ
			достигают верхнего концевого выключателя.	
SP3	3600	90%	Электродвигатель гидравлического источника питания останавливается мгновенно.	- Звуковой сигнал на локальной панели управления и PCY/ACUTП - Активируется аварийное отключение по причине высокого крутящего момента
2284-PSH- 101/201/301	4200	95%	Если значение SP3 на ПЛК не срабатывает, электромеханическое реле давления отключает оба двигателя гидравлического источника питания.	- Срабатывает звуковой сигнал на локальной панели управления - Активируется аварийное отключение по причине чрезмерно высокого крутящего момента

Рисунок 1.4 – Логіка автоматичного управління згущувачем

Послідовність вимикання автоматичного змащення

У режимі автоматичного керування ПЛК за допомогою реле високого тиску мастила генеруватиме команду відключення електромагнітного клапана насоса.

Після зупинки мастильного насоса ПЛК генерує команду відключення електромагнітного клапана розпилення.

У режимі ручного керування ПЛК генерує аварійний звуковий сигнал з метою попередження оператора, зупинки електромагнітного клапана насоса та електромагнітного клапана розпилення.

Двопозиційні клапани та насоси лінії розвантаження згущувача

Панель керування для насосів згущеного продукту повинна передбачати опції локального та віддаленого керування. У локальному режимі насоси згущеного продукту можуть працювати без блокування з панелі ПЛК. Насоси працюють від локальної станції керування, розташованої біля насосів. У віддаленому режимі насоси працюватимуть від АСУТП із необхідними блокуваннями. Сигнал маси ШАР передається з ПЛК на РСК через резервований канал зв'язку *Modbus TCP/IP* з метою управління насосом згущеного продукту ВВЗ.

У віддаленому режимі запуск насоса продукту, що згущує, буде відбуватися при масі шару ВВЗ більше 10%. Двопозиційний клапан (включення/відключення) лінії розвантаження згущеного продукту спрацюватиме при масі шару ВВЗ більше 10%. Насос згущеного продукту працюватиме лише тоді, коли АСУТП отримує сигнал повного відкривання для відповідного клапана.[2-3]

Система приготування та дозування флокулянту

Протягом десятиліть поліелектроліти використовують в якості органічних флокулянтів для зневоднення шламів, в процесах седиментації і флотації при очищенні води, а також в інших технологічно важливих процесах.

Використовувані у водопідготовці розчинні поліелектроліти, відомі як поліакриламід, то є з'єднання із мономерів на основі акриламідів і його продуктивних. В залежності від заряду такі полімери поділяються на аніонні, катіонні та неіонні.

Для виробництва полімерів використовують різні види полімеризації, хімічний процес синтезу полімерів:

- емульсійна полімеризація
- полімеризація в розчині
- полімеризація в суспензії
- полімеризація з осадженням полімеру

Кожен із способів має свої особливості, які обумовлюють властивості кінцевого продукту – полімерні, наприклад, емульсійні полімери, полімери в порошковій чи рідкій формі тощо. Зростаючі вимоги до якості продукції, поява нових полімерів і постійне розширення областей застосування полімерів ставлять все більше складні задачі в сфері технологій їх розчинення і дозування.

1.5 Опис Системи

Полімерний порошок розчиняється в воді для отримання ефективного полімерного розчину в потрібній концентрації. У резервуарі для приготування полімерний розчин готується в безперервному процесі перехресного потоку. Приготування розчину повністю автоматизовано та контролюється датчиком рівня в третій камері. Об'єм води для приготування розчину запрограмовано в системі управління та подається в бак. Водопостачання здійснюється повністю автоматичним відкриванням шарового крана з електроприводом. Об'єм води визначається витратоміром.

Порошок полімеру зберігається в баку для зберігання порошку встановлений під великим мішком. Порошок транспортується з бака для зберігання в установку для перемішування порошковим конвеєром. Порошок із конвеєра заповнює вирву. Порошок транспортується з вирви в пристрій змочування дозувальним шнеком. Змочуючий пристрій забезпечує швидку та повну дисперсію та змочування порошкового продукту. Встановлені у всіх трьох камерах мішалки гарантують плавне та оптимальне змішування продукту під час його дозрівання. Два дозувальні насоси витягують полімерний розчин з резервуару для приготування. При вилученні розчину кульові крани з електроприводом у трубопроводі відкриваються автоматично. Кожен дозуючий насос має можливість перекачати від 1 до 5 м³/год. Затребувана кількість розчину, перекачується насосами, вводиться в технологічну карту на дисплеї. Робота насоса регулюється повністю автоматично в залежності від поставленої мети.

Розчин розбавляється до нижчої концентрації шляхом повторного розведення одиниці. Для цього в систему повторного розведення може податися обсяг води до 10 м³/год. Вода подається повністю автоматично з допомогою електроприводного регулюючого вентиля. Об'єм води, що запитується, вводиться через технологічні системи дозування на дисплеї.

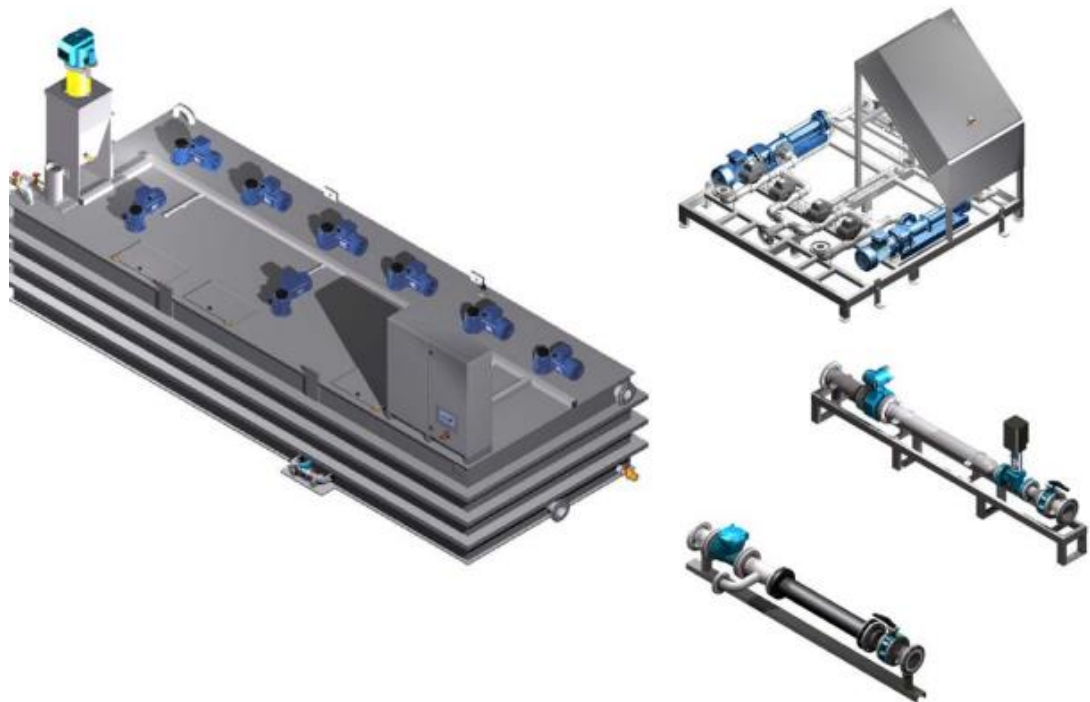


Рисунок 1.5 – Система флокулянту *PD 10000* з дозуючою станцією та пристроєм повторного розведення

Станція *PD 10000* складається з 4-х основних блоків:

- Блоку зберігання запасу сухого полімеру в мішках типу Біг-Бег 150 літрів
- Блоку приготування рідкого розчину полімеру із сухого порошку
- Блоку дозування рідкого полімеру
- Блоку повторного розведення рідкого полімеру

Вся станція контролюється контролером ПЛК. Управління ПЛК дозволяє дуже точно контролювати дозування полімеру, так що будь-яке час забезпечується точна концентрація полімеру та води.

Експлуатація станції здійснюється з допомогою сенсорного дисплея, який забезпечує простоту роботи пристрої. Сенсорний дисплей є логічно-керованим меню, яке дозволяє користувачу координувати все функції станції в ручному або автоматичному режимі саморегулювання.

Також всі електрично контрольовані складові системи з їх поточним станом показано на діаграмі. Узагальнені дані відображають усі важливі параметри станції під час її роботи. Усі граничні параметри станції можуть бути перевірені

або змінені в полях "Установка" дисплея. Установки можуть працювати абсолютно незалежно один від одного.

Блок приготування рідкого розчину полімеру

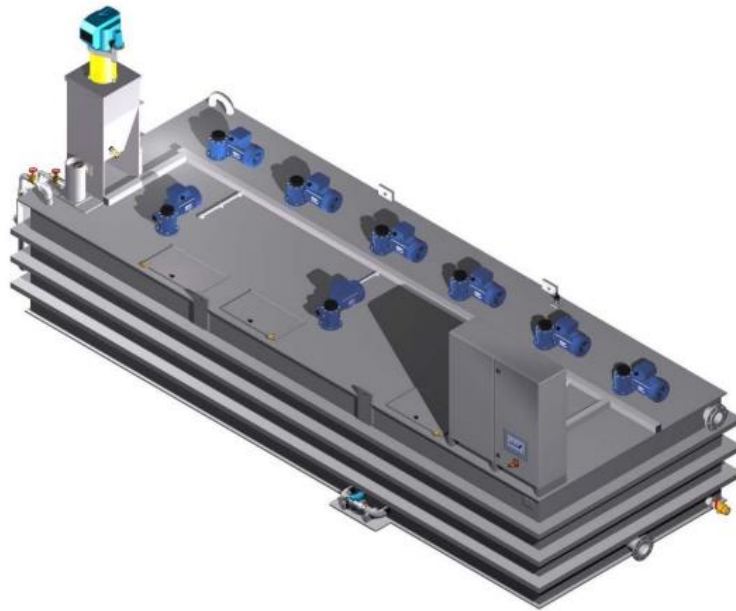


Рисунок 1.6 – Система приготування флокулянту

Блок приготування рідкого розчину полімеру станції *POLYCOMPACT PD* призначений для автоматичного приготування з порошку водного розчину полімеру постійної концентрації в трьох камерах, безперервним процесом. Камери позначаються як: камера приготування, камера визрівання та камера відбору. У камерах приготування, визрівання та відбору встановлені мішалки для гомогенізації розчину. Час приготування розчину в залежності від необхідної концентрації та параметрів полімеру становить 30-60 хвилин.

Дозуючий блок

Дозуючий блок служить для транспортування розчину, дозрілого в PD 10000, блок повторного розведення, встановлений нижче за потоку до пристрою для дозування.

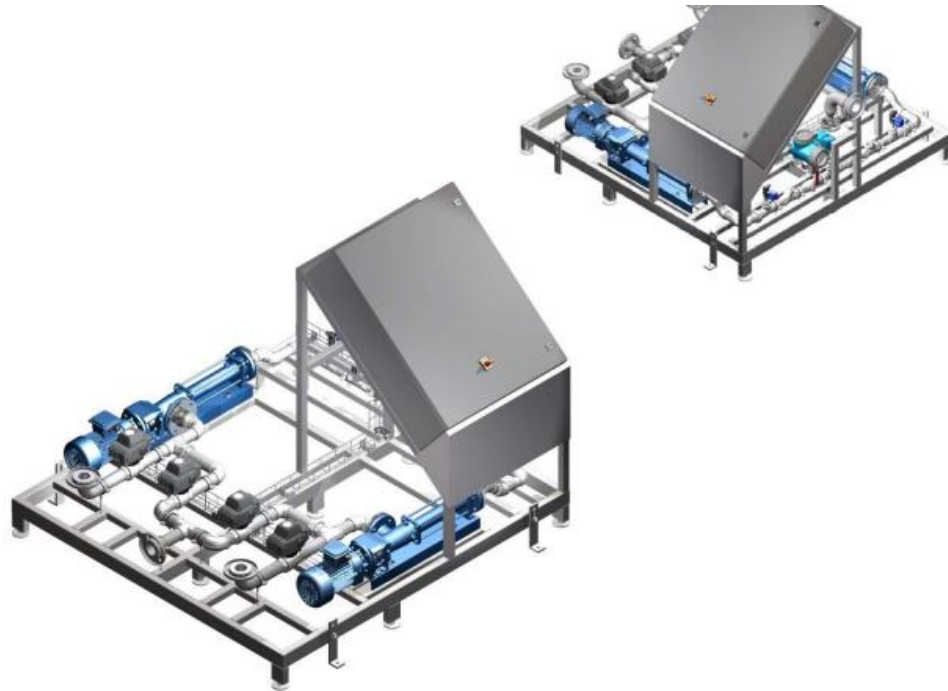


Рисунок 1.7 – Система дозування флокулянту

Дозуючий блок складається з двох дозуючих насосів, встановлених на окремій установці. Користувач може використовувати обидва насоса одночасно або використовувати один насос, в той час як інший знаходиться в режимі очікування і може бути активовано під час ремонту, технічного обслуговування чи інших робіт на активному насосі

Вибір насосів:

Насос вибирається на екрані дозування". Запустити один або обидва насоса, натиснувши відповідну кнопку у рядку "вибір насосів". Насоси можна вибрати або на дисплеї або через *Profibus*.

Опис дозувальної станції

Дозуюча труба відкривається двигуном кульового клапана. Вниз по потоку такий самий клапан встановлений для промивання дозуючих труб. Дозуючий насос транспортує розчин, що виробляється *PD 10000*, в блок повторного розведення *NV100*. На стороні насоса встановлено індикатор тиску вбудованим дисплеєм. Цей пристрій контролює тиск у дозуючій трубі. Всякий раз, коли тиск у трубі перевищує допустиму граничну шкалу, спрацьовує сигналізація, та автоматичні функції дозуючого пристрою вимикаються, щоб запобігти пошкодженню насоса від надлишкового тиску.

Зворотний клапан дозволяє уникнути зворотного потоку розчину. Дозувальна труба може бути відключена за допомогою ручного кульового крана. Необхідно закривати цей шаровий клапан щоразу, коли використовується інший дозуючий насос. За винятком коли два насоси повинні працювати разом. У наступному перебігу дві дозуючі лінії з'єднуються в одну, яка веде до блоку повторного розведення NV100. Електромагнітний витратомір визначає потік розчину. Блок дозування управляється контролером ПЛК. Дозуючий блок працює через сенсорний дисплей, встановлений на електричному шафі PD 10000.

Блок повторного розведення

Блок повторного розведення NV100 поділяється на дві частини



Рисунок 1.7 – Система розведення флокулянту

Блок повторного розведення розбавляє розчин полімеру до більш низької концентрації. Для цього полімерний розчин та воду змішують у заданому об'ємному співвідношенні статичному змішувачі.

Подача води в блок повторного розведення відбувається після відкриття двостулкового клапана.

Подача води контролюється регулюючим клапаном з електроприводом та визначається електромагнітним витратоміром.

Зворотний клапан, встановлений на вході, дозволяє уникнути зворотного потоку води та проникнення розчину у водогін.

Слідом за зворотним клапаном у трубу вводиться полімерний розчин. Суміш води та розчину перемішується в статичному змішувачі.

Відкриття та закриття труби після статичного змішувача здійснюється за допомогою двостулкового клапана.

Управління блоком повторного розведення входить до управління ПЛК дозуючого пристрою. З блоку повторного розведення розчин можна транспортувати до точки його застосування зовнішніми насосами.

Управління людинно-машинним інтерфейсом станції

Дисплей *Siemens KTP 900* електрошафи, служить для обслуговування та для конфігурування всіх технологічних процесів пристроїв. Виконується візуалізація повідомлень про стан та обслуговування, і можливих перешкод.

Обслуговування виконується через сенсорний дисплей. Дані на дисплеї виконуються легким натисканням на позиційних полів на екрані дисплея. За умови, що є всі необхідні комунікаційні виходи, такі як наприклад достатньо води і є необхідне напруга і також прокладені комунікаційні виходи, дозволяється вводити в експлуатацію пристрій за допомогою головного вимикача. [8]

1.6 Електронні блоки керування шибєрними засувками розвантаження згущувачів

AUMA електроприводи призначені для керування промисловою арматурою, напр., вентилями, засувками, заслінками або кранами.

Блок *AUMATIC DeviceNet* представляє собою ідеальне керування для підключення багатооборотних приводів типу *SA* та неповноповоротних приводів типу *SG* до *DeviceNet*-мережі.

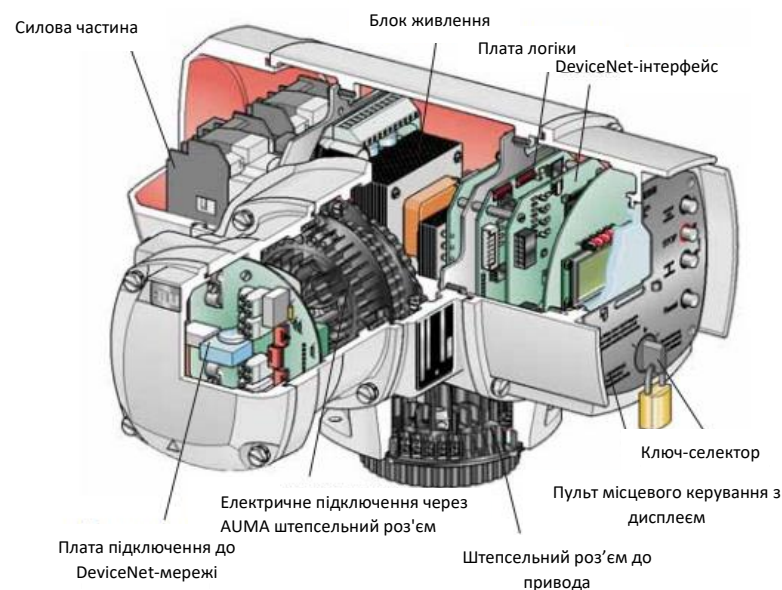


Рисунок 1.8 – ЕБК приводу запорної арматури

Інтегрований блок управління *AUMATIC DeviceNet* складається з наступних модулів:

- *DeviceNet*-інтерфейс - призначений для зв'язування *DeviceNet*-даних з внутрішньої електроніки.
- Плата логіки пов'язує сигнали від приводу з пультом місцевого управління та з *DeviceNet*-інтерфейсом та керує реверсивними контакторами чи тиристорами.
- Пульта місцевого управління з ключем-селектором, кнопками вимикачів, світловою сигналізацією та дисплеєм. Ключем-селектором встановлюється режим подачі команд: що надходять з пульта місцевого управління МІСЦЕВ – 0 – ДИСТАНЦІ для команд, що надходять з дистанційного пульта керування. Для електричного керування електроприводів безпосередньо на місці застосування передбачені кнопки вимикачів (ВІДКР) – Стоп – (ЗАКР).
- Штепсельного роз'єму - для простого монтажу блоку управління *AUMATIC DeviceNet* на електроприводах.
- Силової частини: реверсивні контактори або тиристори для керування електродвигуном.
- Плати підключення *DeviceNet*-мережі з клемми для *DeviceNet*-кабелю та кінцевого навантаження, якщо це останній елемент у мережі.

1.7 Програмне забезпечення

Комплекс програмних рішень

SCADA (Supervisory Control & Data Acquisition) - централізований контроль і збір даних) - це система збору даних та управління. Вона використовується під час моніторингу та керування технологічними процесами на виробництві у реальному часі. Складається з наступних компонентів:

- Центральний комп'ютер, для збору даних з пристроїв та візуалізації на автоматизованому робочому місці оператора.
- Віддалені термінали, що розташовані безпосередньо біля обладнання та збирають інформацію з датчиків та пристроїв.
- Програмований логічний контролер, що відповідає за керування виконавчими пристроями.
- Мережа для зв'язку терміналів та центрального комп'ютера.
- Людинно-машинний інтерфейс, для взаємодії оператора з системою.

SIMATIC WinCC (Windows Control Center) – програмне забезпечення для створення ЛМІ, частина сімейства систем автоматизації *SIMATIC*, що виробляються конгломератом *Siemens*.

Включає в себе:

- *Graphic Designer* – можливості для створення графічного середовища та різних об'єктів, таблиць, графіків тощо.
- *Tag Management* – можливості керування тегами, що прив'язуються до обладнання та його сигналів.
- *Alarming* – можливості створення сигналізації та її програмування.
- *Reports* – можливості для генерації систем звіту та обліку аварійних сигналів.
- *Web Client* – можливості для створення додаткових веб-інтерфейсів керування та візуалізації технологічних процесів.
- *SIMATIC WinCC* інтегрується майже в будь-яку АСКВ, адже має підтримку різних видів ЛМІ, це і комп'ютери, і панелі операторів та навіть смартфони.

Основні можливості *SIMATIC WinCC*:

- Візуалізація процесів. Надає ресурси та можливість для створення середовища візуалізації технологічних процесів.
- Управління процесами. Дозволяє керувати технологічними процесами за допомогою графічного інтерфейсу.
- Архівування даних. Є можливості для архівації даних, як для генерації звітів, так і для аналізу.
- Мобільність. Оператори технологічних процесів мають змогу керувати з будь-якого пристрою, від ПК до смартфона.

Застосування *SIMATIC WinCC*:

SIMATIC WinCC Застосовується майже у всіх технологічних процесах, які потребують графічного середовища керування.

- Енергетика.
- Водопостачання.
- Транспорт.
- Видобуток копалин
- Виробництво.

Переваги *SIMATIC WinCC*:

- Потужний набір інструментів..
- Широка підтримка пристроїв..
- Мобільність.

Недоліки *SIMATIC WinCC*:

- Висока вартість.
- Складність встановлення та обслуговування.

Вбудований *MS SQL*-сервер

MS SQL Server інтегрований до *SIMATIC WinCC* надає можливості для зберігання даних технологічних процесів у централізованій базі.

Переваги:

- Надійність. *MS SQL Server* – перевірена часом база даних, що використовується у корпоративних системах по всьому світу.
- Ефективність. *MS SQL Server* має можливості для високопродуктивної обробки великих обсягів інформації.
- Розширюваність. При рості потреб є можливість для розвивання та розширення.

Інтеграція *MS SQL Server* з *SIMATIC WinCC* здійснюється за допомогою драйвера *ADO.NET*. Драйвер *ADO.NET* дозволяє *SIMATIC WinCC* взаємодіяти з *MS SQL Server* для зберігання даних, виконання запитів і відображення результатів.

Існує два основних способи інтеграції *MS SQL Server* з *SIMATIC WinCC*:

- Сховище даних. Можна використовувати *MS SQL Server* як сховище даних для зберігання даних, отриманих з промислових процесів. Таким чином стає можливим централізоване зберігання даних.
- Веб-сервер. Можна використовувати *MS SQL Server* у якості веб-серверу, це дасть змогу для керування технологічними процесами з будь-якого пристрою, що має підключення до мережі Інтернет.

WinCC легко інтегрується у внутрішню інформаційну мережу компанії.

Програмне забезпечення для керування комплексом згущування хвостів АТ «Південний ГЗК» було розроблено фірмою *Enginnering Dobersek GmbH*. за замовленням спеціально для цього об'єкту.

Воно було написано в середовищі розробки автоматизованих систем керування *TIA Portal* на мовах програмування *LAD* та *SCL*.

LAD та *SCL* - це мови програмування, які використовуються для створення програм для програмованих логічних контролерів (*PLC*). *LAD* – це графічна мова програмування, а *SCL* – це текстова мова програмування.

LAD – це аббревіатура від "*ladder diagram*". *Ladder diagram* – це тип електричної схеми, яка використовується для представлення логічних операцій. У *LAD*-програмах логічні операції представлені у вигляді сходів, де кожна сходинка є логічною операцією.

LAD-програми легко читати і розуміти, що робить їх хорошим вибором для програмістів *PLC*-початківців. Однак *LAD*-програми можуть бути менш продуктивними, ніж *SCL*-програми.

SCL - це абревіатура від "*structured control language*". *SCL* - це текстова мова програмування, яка базується на мові *C*. *SCL*-програми більш продуктивні, ніж *LAD*-програми, і вони забезпечують більший контроль над логікою програми.

SCL-програми можуть бути складніше читати і розуміти, ніж *LAD*-програми, що робить їх менш підходящим вибором для програмістів-початківців *PLC*.

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) - інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів від рівня приводів та контролерів до рівня людино-машинного інтерфейсу.

TIA Portal складається з наступних компонентів:

TIA Engineering - це основне середовище розробки, в якому здійснюється проектування, програмування та конфігурування систем автоматизації.

TIA Portal Online – це середовище для роботи із системами автоматизації в режимі реального часу.

TIA Portal Visualization – це середовище розробки людино-машинних інтерфейсів.

TIA Portal Safety – це середовище розробки систем безпеки.

TIA Portal Motion Control – це середовище розробки систем управління рухом.

Основні переваги середовища програмування *TIA Portal*:

- Інтегрованість: всі інструменти та компоненти *TIA Portal* тісно інтегровані один з одним, що дозволяє значно скоротити час розробки та підвищити ефективність роботи.
- Підтримка широкого спектру обладнання та технологій: *TIA Portal* підтримує широкий спектр обладнання та технологій, що дає змогу використовувати його для розробки систем автоматизації для різних галузей промисловості.
- Безліч функцій: *TIA Portal* включає безліч функцій, які спрощують і прискорюють процес розробки, включаючи підтримку моделювання, візуалізації та управління безпекою.

Недоліки програмування *TIA Portal*:

- Складність: *TIA Portal* є складним інструментом, який потребує певного рівня знань та досвіду для його використання.
- Вартість: *TIA Portal* є комерційним продуктом, що робить його недоступним для деяких користувачів..

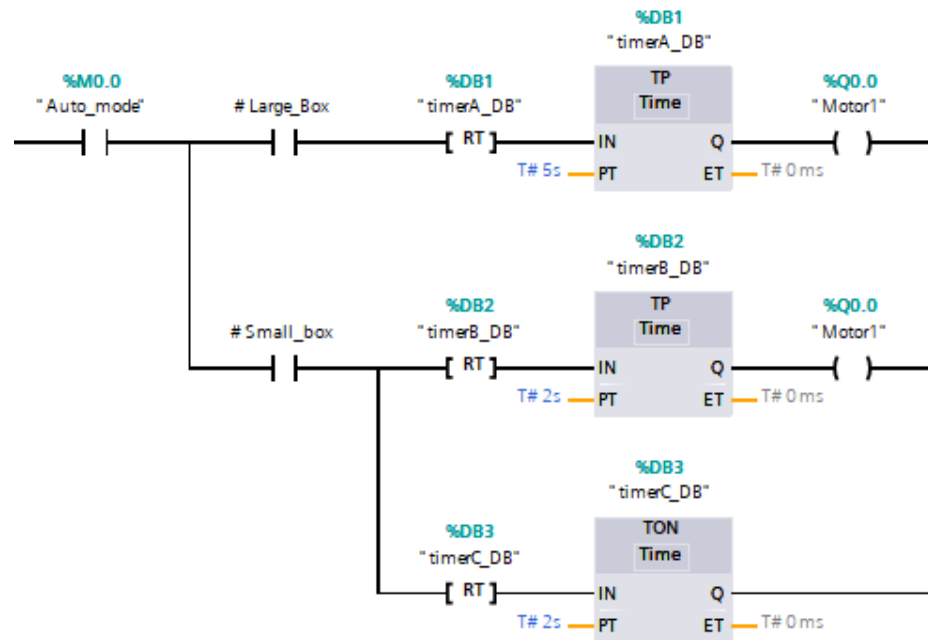


Рисунок 1.9 - Приклад виконання процесу в середовищі *TIA Portal*

1.8 Інтерфейс АРМ оператора

Інтерфейс АРМ було виконано у вигляді чотирьох вікон керування групами обладнання та чотирьох додаткових інформаційних вікон.

На вікні керування групою згущувачів є можливості для перегляду в режимі реального часу всіх технологічних показників роботи обладнання, керування підчановими пристроями, а саме-насосами та шиберними засувками, також присутні аварійні повідомлення та довідка користувача.

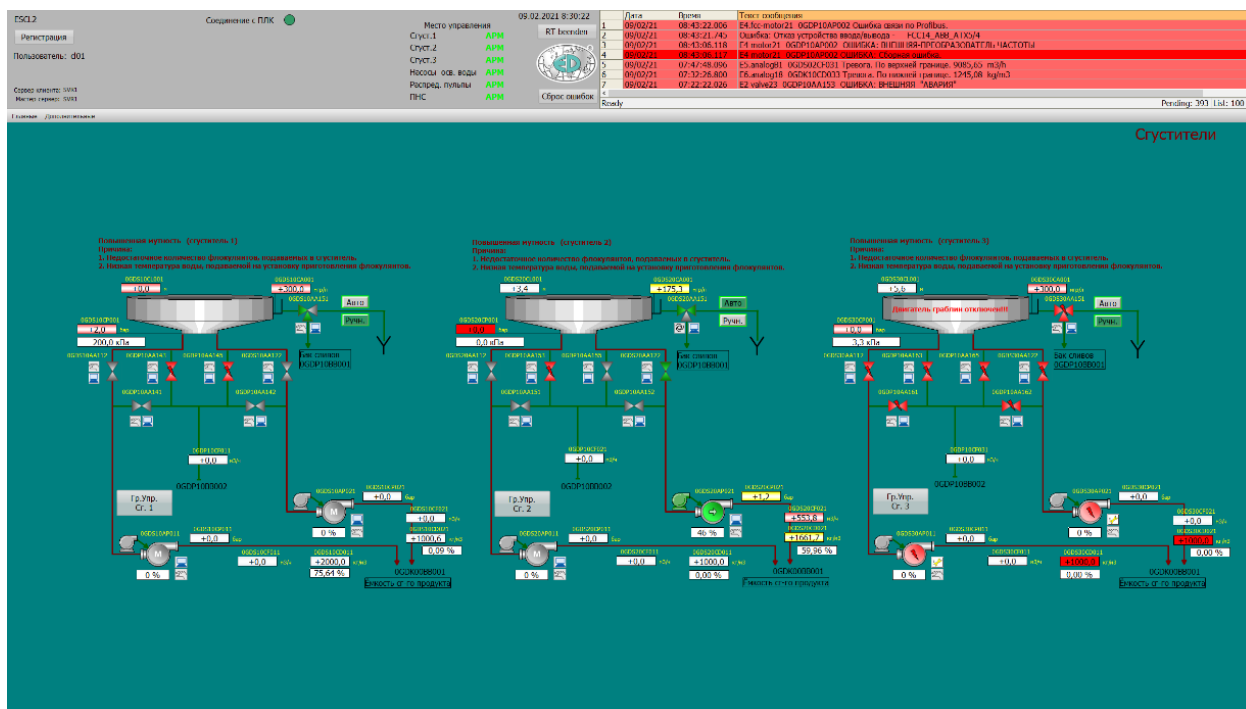


Рисунок 1.10 - Екран управління згущувачами

Вікно керування групою води гідропідпору надає можливості для спостереження в режимі реального стану рівня освітленої води, що йде на внутрішні потреби комплексу згущування пульпи, технологічних показників з витратомірів та датчиків тиску води. Також присутні можливості керування насосами та запірною арматурою, фільтрами та водонагрівачем

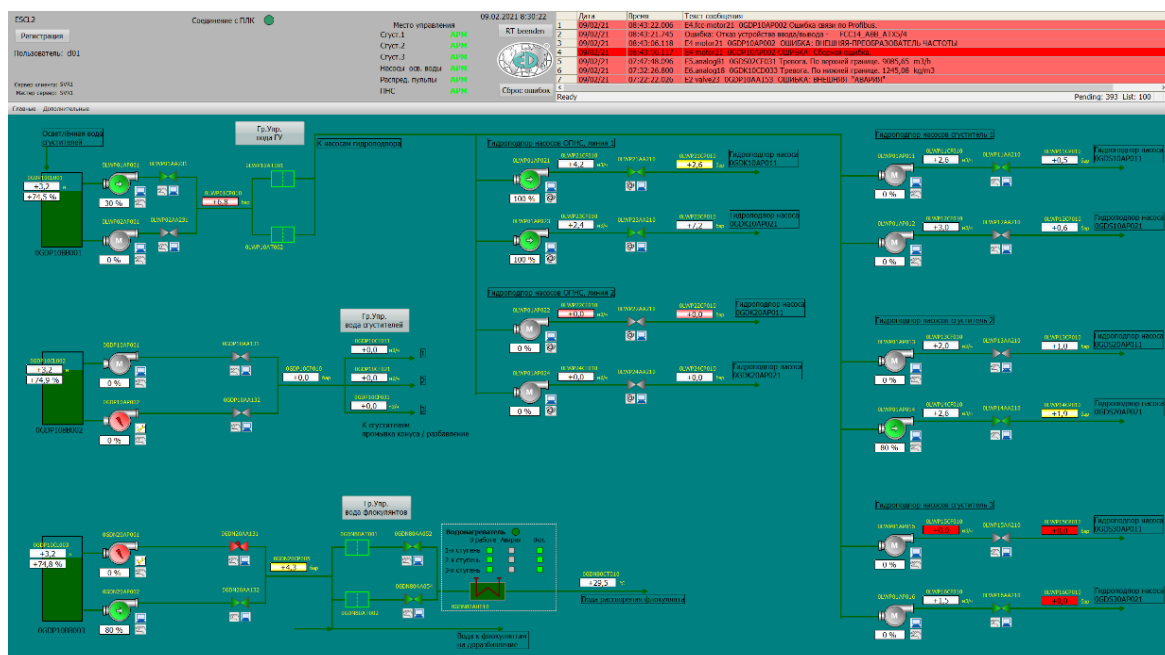


Рисунок 1.11 - Екран управління системою гідропідпору

На вікні керування групою флокулянту можливе керування станціями приготування та дозування розчину, задання робочих параметрів дозування флокулянту, його розбавлення питною водою. Також присутні можливості керування насосами та запірною арматурою

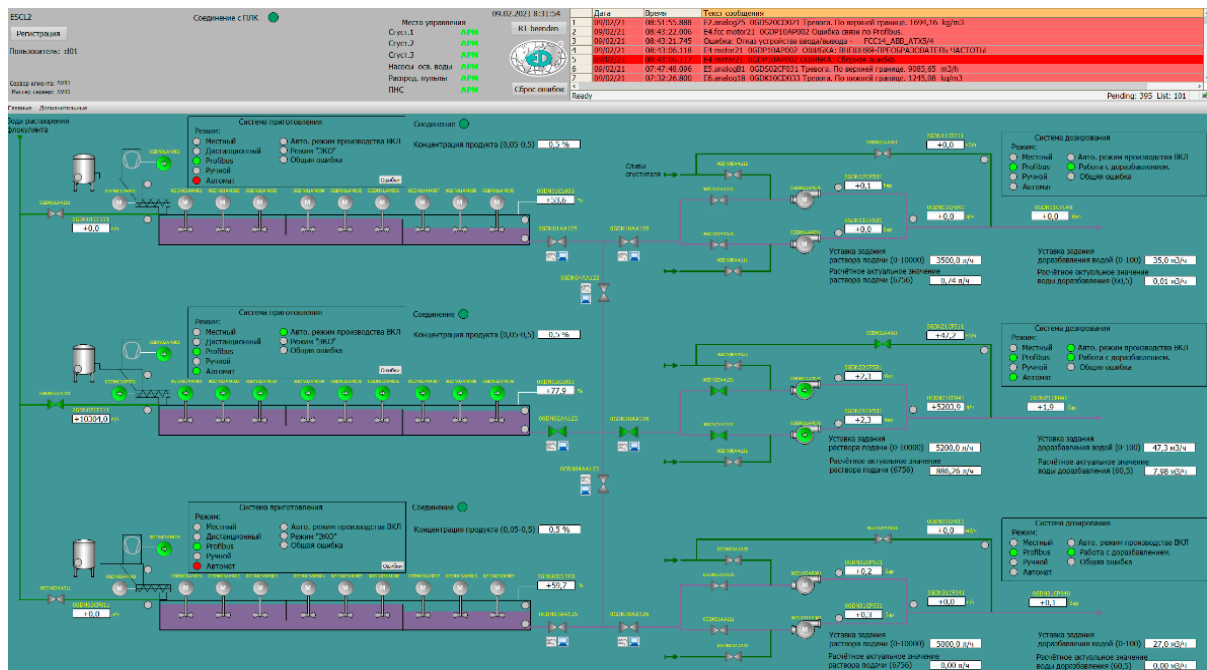


Рисунок 1.12 - Екран управління системами приготування та подачі флокулянту

Вікно керування Об'єднаною пульпо-насосною станцією, надає можливість для спостереження за рівнем у камері розподілення хвостів (КРХ), камері прийому згущеного продукту (КПЗП), присутня індикація технологічних процесів потоку пульпи до згущувачів та на хвостосховище, можливе керування агітатором КПЗП, контроль за параметрами щільності потоку, його швидкості та тиску. Можливе керування дренажними насосами, запірною арматурою та насосами відкачки пульпи на хвостосховище.

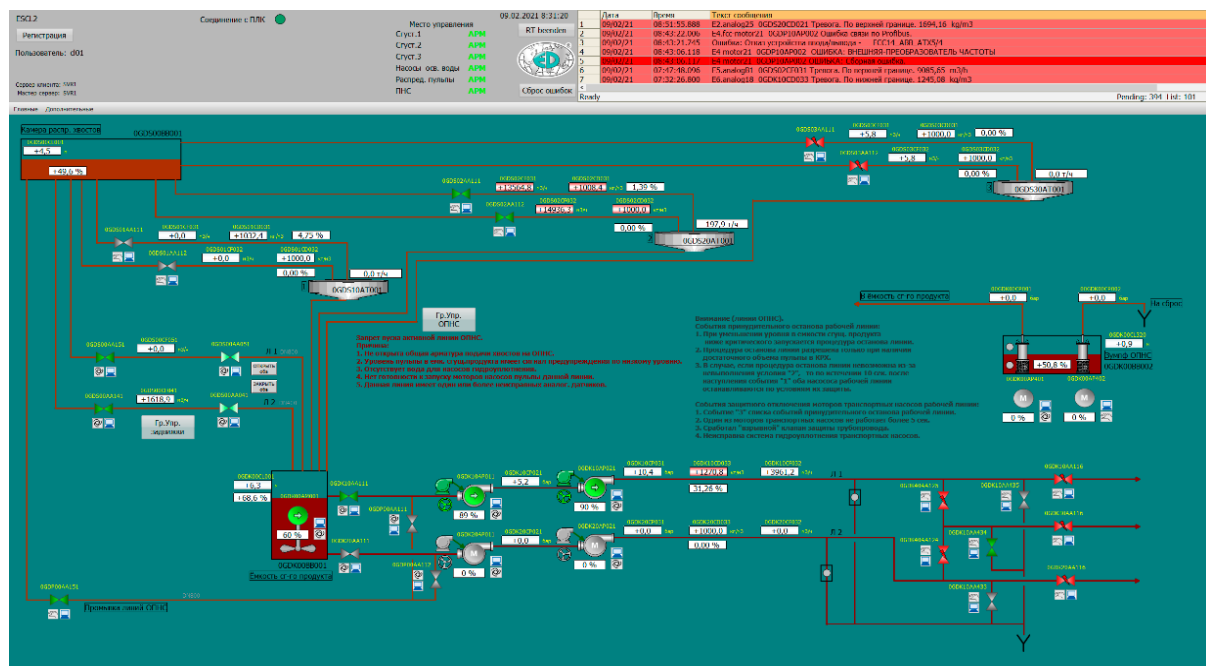


Рисунок 1.13 - Екран управління об'єднаною пульпо-насосною станцією

У допоміжній групі вікон присутнє керування графіками, яке дозволяє отримати дані у графічному вигляді, будь-якого процесу чи агрегату за необхідний проміжок часу.

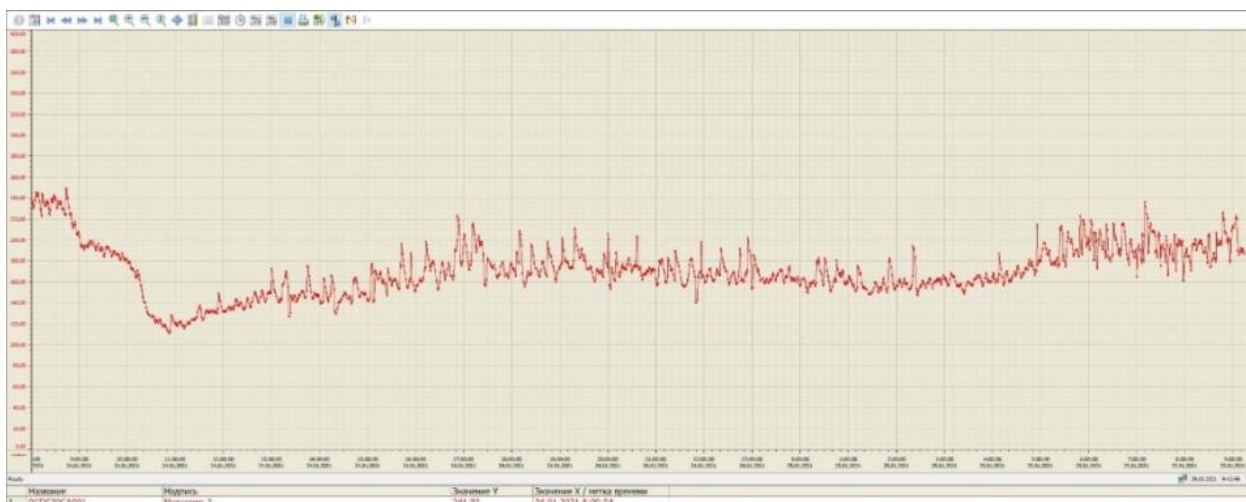


Рисунок 1.14 - Приклад отримання графіку роботи обладнання

У допоміжній групі вікон присутнє вікно для спостереження за датчиками температури всіх двигунів насосів комплексу, температури підшипникового вузла тощо.



Рисунок 1.15 – Экран температуры моторів

Також, з програмних комплексів можливо виділити *ACRON reporter*, який допомагає формувати зручні для перегляду звіти за будь-які проміжки часу.

Смена Груститель 1 (Schicht).Груститель 1 Чт,22.04.2021														
Время	Питание				Флокулянт	Разгрузка					Расход флокулянта (5 кг на м3 раствора)			
	Объём	Плотность	Сод.тв Т5%	Колич. твёрдого	Расход фл. на тонну питания	Объём	Плотность	Сод.тв Т5%	Колич. твёрдого	Верхн. слив мутьности	Подача фл.	Концентрации фл.	Расход фл. на тонну разгрузки	
	м3/ч	т/м3	%	т	г/т	м3/ч	т/м3	%	т	мг/л	м3/ч	%	г/т	
19:00-20:00	19.545,4	1,026	3,80	762,11	11,54	211,9	1,932	72,98	298,75	286,5	1,83	0,48	29,44	
20:00-21:00	21.208,9	1,026	3,81	829,98	10,40	678,9	1,700	62,30	718,94	281,0	1,80	0,48	12,00	
21:00-22:00	20.643,8	1,025	3,74	791,98	11,59	657,4	1,702	62,38	697,83	254,1	1,91	0,48	13,15	
22:00-23:00	19.788,0	1,025	3,73	756,33	12,06	673,8	1,716	63,11	729,70	253,9	1,90	0,48	12,50	
23:00-00:00	19.678,4	1,025	3,65	735,26	11,96	680,5	1,718	63,22	739,10	255,1	1,83	0,48	11,90	
00:00-01:00	20.208,6	1,024	3,51	725,59	11,97	811,3	1,759	65,26	931,21	267,1	1,81	0,48	9,33	
01:00-02:00	18.866,3	1,023	3,41	657,86	13,44	28,8	1,976	74,74	42,58	288,9	1,84	0,48	207,65	
02:00-03:00	19.604,3	1,023	3,35	671,70	12,56	710,6	1,843	69,19	906,04	295,3	1,76	0,48	9,31	
03:00-04:00	19.251,4	1,022	3,30	650,25	13,11	731,5	1,936	73,15	1.036,13	288,4	1,78	0,48	8,23	
04:00-05:00	19.126,7	1,022	3,27	639,45	13,34	754,4	1,804	67,44	917,94	287,9	1,78	0,48	9,29	
05:00-06:00	19.161,6	1,022	3,29	643,66	13,02	715,7	1,774	66,00	838,02	264,6	1,75	0,48	10,00	
06:00-07:00	18.601,4	1,023	3,33	634,33	13,30	0,0				286,2	1,76	0,48		
Сред.знач.	19.640,4	1,024	3,52	708,21	12,36	554,6	1,805	67,25	714,2	275,7	1,81	0,48	30,25	
Сумма	235.684,6			8.498,50		6.654,8			7.856,25		21,74			
Мин.	18.601,4	1,022	3,27	634,33	10,40	0,0	1,700	62,30	42,58	253,9	1,75	0,48	8,23	
Макс.	21.208,9	1,026	3,81	829,98	13,44	811,3	1,976	74,74	1.036,13	295,3	1,91	0,48	207,65	

Рисунок 1.16 - Приклад звіту за робочу зміну всього комплексу

1.9 Висновки

В першому розділі було розглянуто предметну область, комплекс згущування пульпи цеху шламового господарства АТ «Південний ГЗК», проілюстровано та описано принцип роботи високовиробничого згущувача діаметром 62 метри та станцій приготування, дозування і розбавлення розчину флокулянту.

Описано та проаналізовано систему автоматичного змащення, розглянуто електронні блоки керування приводами запірної арматури, було описано комплекс програмних рішень, інтерфейс автоматизованого робочого місця оператора, людинно-машинні інтерфейси згущувачів та станцій приготування флокулянту автоматизованої системи керування виробництвом.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ КОМПЛЕКСУ ЗГУЩУВАННЯ ПУЛЬПИ.

2.1 Оптимізація роботи насосів дренажних ємностей згущувачів

Кожен з трьох згущувачів має дренажні лотки для відведення пульпи з підчанового простору.

Ми звернули увагу і це важливо відзначити, що під час проектування та пуско-налагоджувальних робіт не було передбачено автоматичних режимів роботи або засобів дистанційного керування для цих насосів. Керування насосом обмежується локальним постом, розташованим поруч із самим насосом.

Для запуску та вимкнення насоса необхідно подавати трьох фазну напругу 380 В через пускач. Після натискання кнопки пуску, контакти в пускачі замикаються, і напруга подається на насос.

Варто відзначити, що важливим недоліком є те, що цей процес не має можливості забезпечити поступовий запуск або зупинку насоса, обмежує його роботу до режиму 100% або вимкнення. Також важливо враховувати, що відсутні будь-які захисні функції або автоматичні відключення для насоса в даній системі.



Рисунок 2.1 - Дренажна система згущувача та принцип її керування

					КНУ.РМ.123.23.11.02.УРАСКВХГ							
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИРОБ- НИЦТВОМ ХВОСТОВОГО ГОС- ПОДАРСТВА				Літера	Арк.вш	Арк.внів	
Розробив	Могилюк										35	101
Перевірів	Вдовиченко											
Н.контроль	Кузнєцов											
Затвердив	Купін											
					КІ-22м							

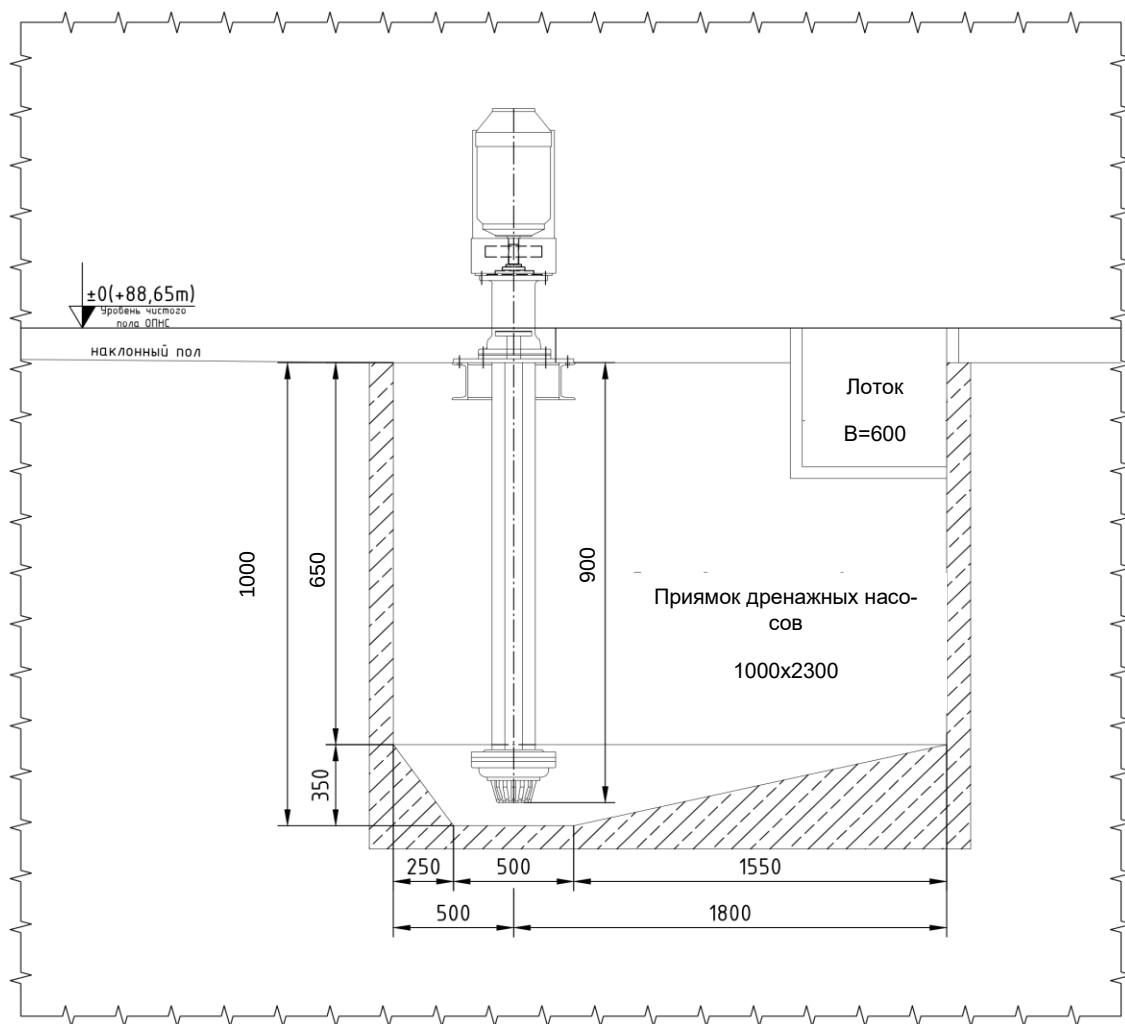


Рисунок 2.2 схема дренажної ємності з насосом

З метою удосконалення дренажного вузла згущувача можлива розробка інтеграція автоматизованої системи керування, з власним графічним інтерфейсом та комплексом програмно-апаратних рішень, яка допоможе досягти економічного ефекту через автоматичний режим роботи, а саме - двигун насосу буде мати захисти від перегріву, поступовий Стоп/Старт, а також не буде необхідності в ручному відкачуванні дренажних ємностей технологічним персоналом.

Для цього необхідне певне обладнання, а конкретніше:

- Датчик рівня ультразвукового типу - 1 шт.
- Поплавки для генерації сигналів включення/виключення насосу - 2 шт.
- Частотно - регульований привід для керування та захисту насосу під час експлуатації - 1 шт.[9-10]

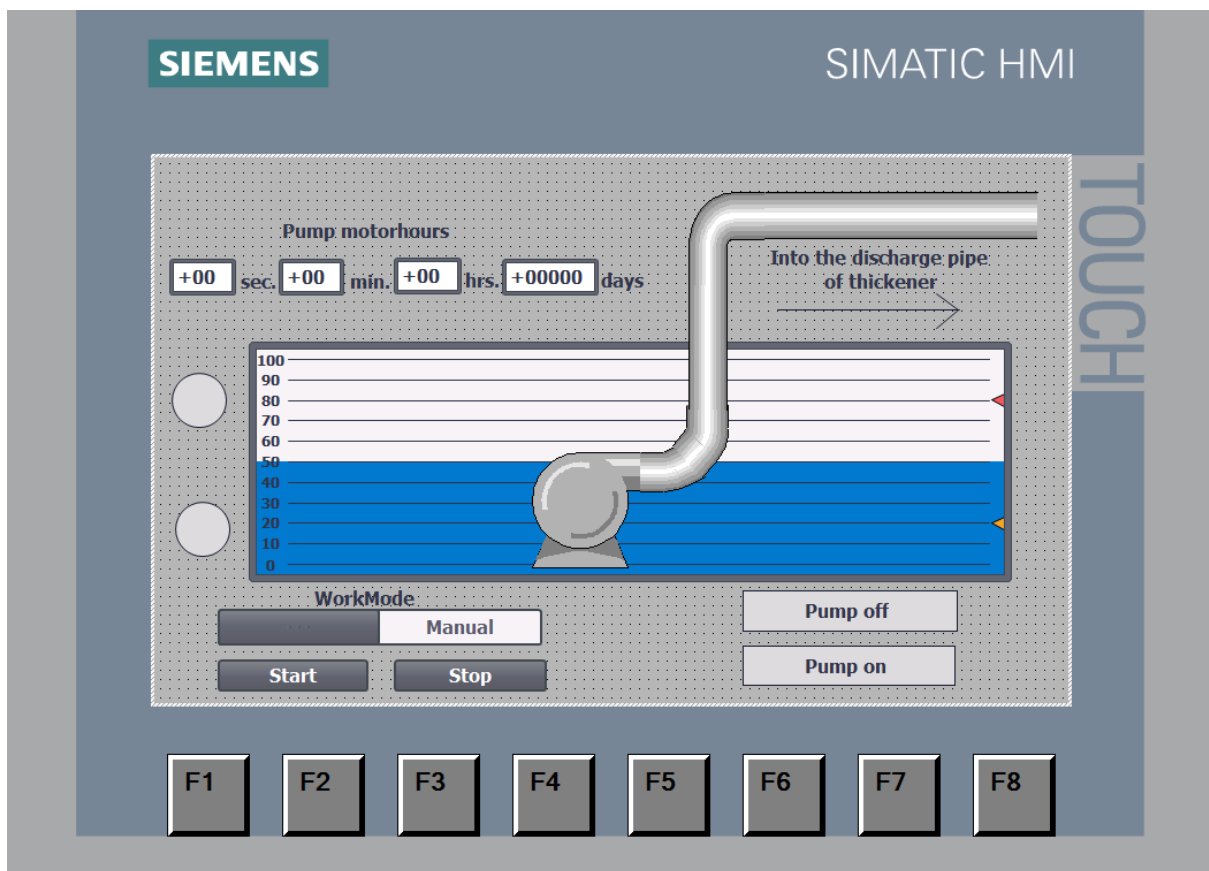


Рисунок 2.3 - візуалізація ЛМІ

На рисунку ми бачимо зображений насос, перемикач режимів роботи між ручним та автоматичним, кнопки старт/стоп для запуску та зупинки роботи дренажного насосу, два поля для індикації роботи/простою насосу, два поплавка, які, в свою чергу, при спрацюванні відправляють сигнал на запуск/зупинку насосу, також присутній таймер мотогодин, щоб була можливість відслідковувати скільки часу було відпрацьовано насосом.

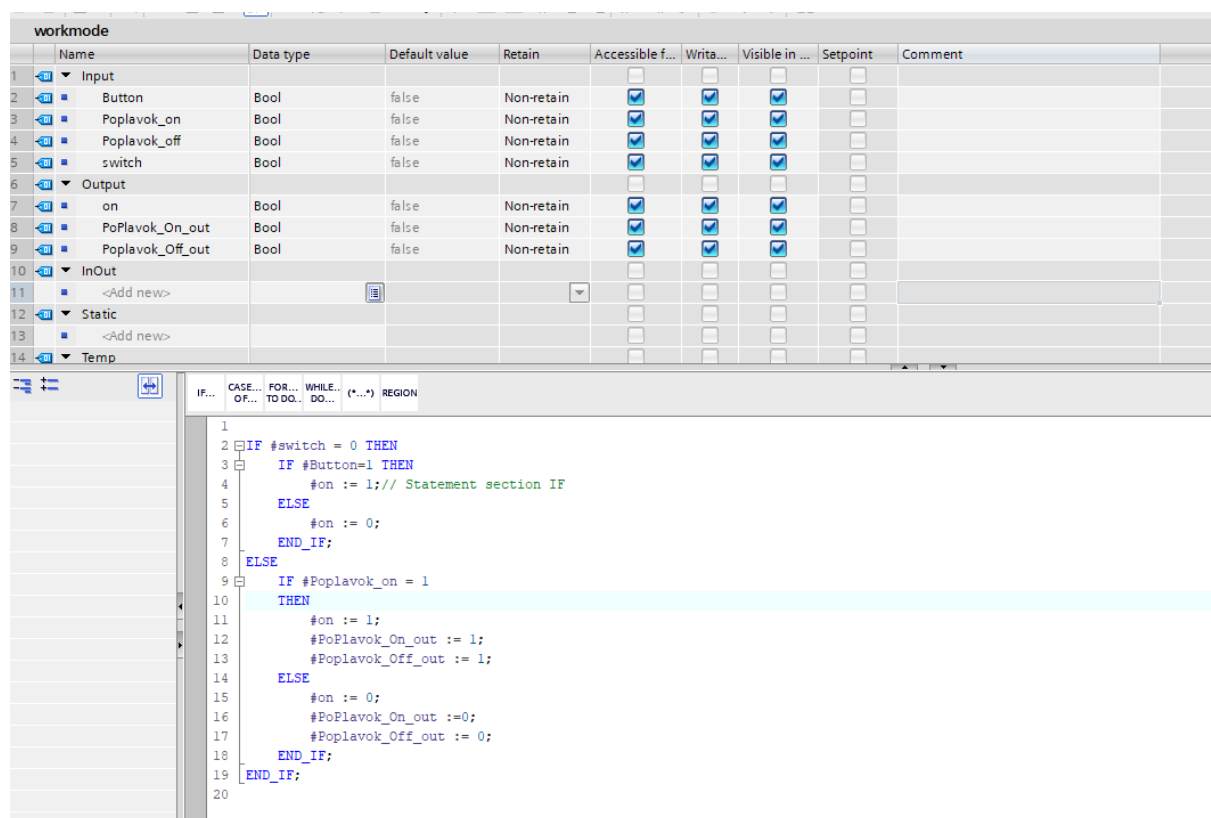


Рисунок 2.4 – список тегів та код для спрацювання селектору режиму роботи.

Так *button* - це сигнал з кнопки на старт насосу, *poplavok_on* - сигнал, що приходить з нашого поплавка, що відповідає за старт насосу, коли він спливає, а *poplavok_off*- це сигнал, що приходить, з нижнього поплавка, коли він опускається вниз і відповідно до цього вимикає насос, *switch* – це сигнал з селектору режиму роботи, *on* – сигнал для спрацювання двигуна дренажного насосу, *poplavok_on_Out* – продубльований сигнал з стартового поплавка на вихід для індикації, *poplavok_off_Out* - продубльований сигнал з поплавка зупинки на вихід для індикації.

Відповідно до написаного коду буде відбуватись наступне: При вибраному автоматичному режимі, коли рівень пульпи в дренажній ємності заповниться так, що верхній поплавковий вимикач спрацює, то насос почне відкачувати пульпу до тих пір, поки не опуститься нижній поплавковий вимикач, при цьому кнопки Старт/Стоп працювати не будуть, якщо ж селектор вибору режиму роботи переключити на ручний режим то програма ніяк не буде брати до уваги поплавкові вимикачі, а старт та зупинка насосу можливі лише з відповідних кнопок на екрані ЛМІ.

Після виконаних дій потрібно створити обробку аналогового сигналу 4-20 мА для його індикації на панелі ЛМІ.

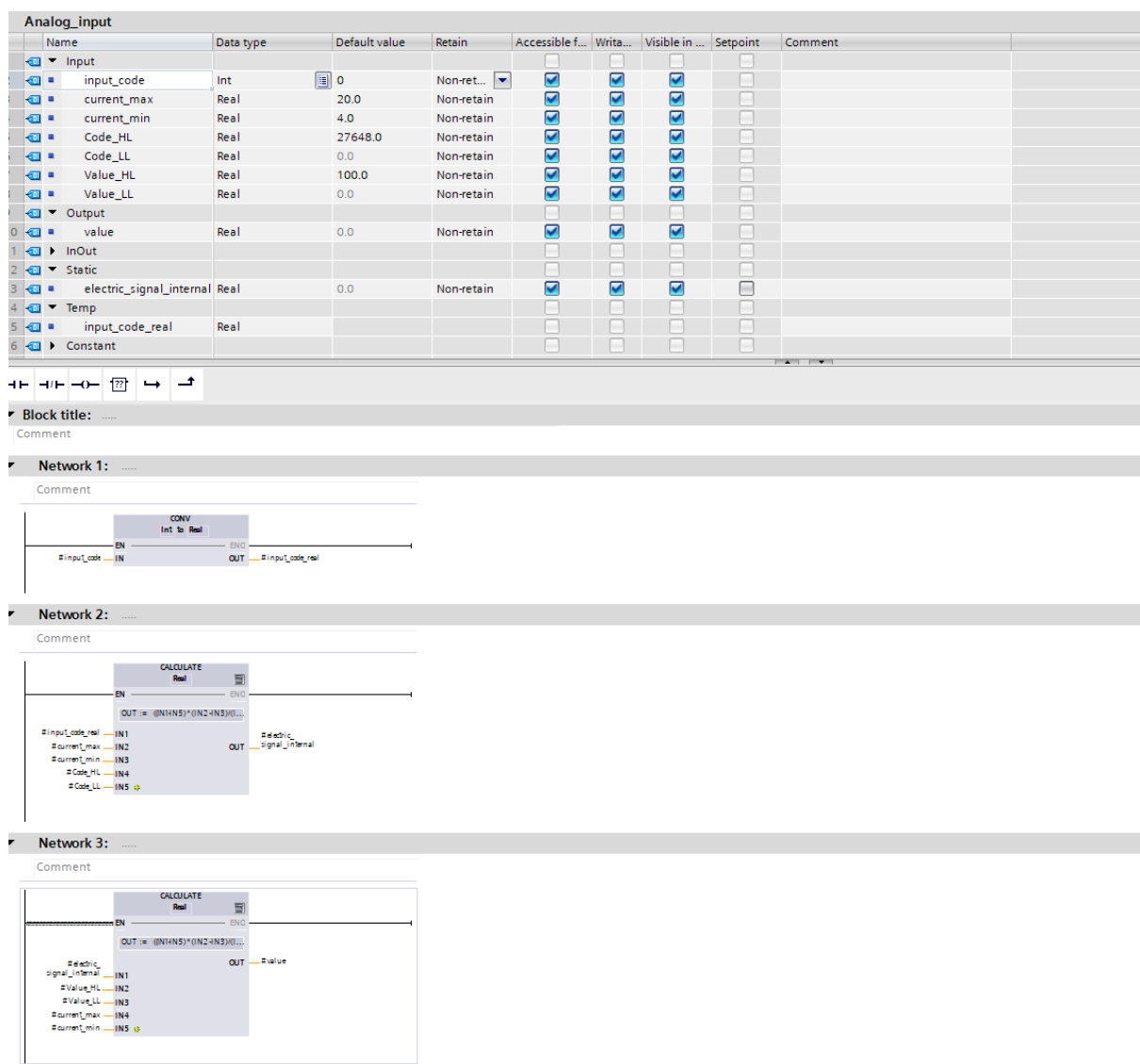


Рисунок 2.5 – Блоки та теги для обробки аналогового сигналу

Так, було створено декілька тегів для сигналу, де:

- *input_code* – значення сигналу в кодовій формі;
- *current_max* – верхня межа для струму;
- *current_min* – нижня межа для струму;
- *Code_HL* – верхня межа для сигналу в кодовій формі;
- *Code_LL* – нижня межа для сигналу в кодовій формі;
- *Value_HL* – верхня межа в сантиметрах;
- *Value_LL* – нижня межа в сантиметрах;
- *Value* – значення сигналу для виводу на шкалу;
- *electric_signal_internal* – значення сигналу в мА;
- *input_code_real* – значення сигналу в кодовій формі в типу даних *Real*.

Обробка аналогового сигналу здійснюється у блоку *CACULULATE*, де виконуються обчислення за формулою:

$$OUT = \left(\frac{(IN1 - IN5) * (IN2 - IN3)}{(IN4 - IN5)} \right) + IN3$$

Формула 2.1 Обробка аналогового сигналу з датчика рівня

Де:

- a. В першому блоці:
 - *IN1*- *input_code_real*;
 - *IN2*- *current_max*;
 - *IN3*- *current_min*;
 - *IN4*-*Code_HL*;
 - *IN5*- *Code_LL*;
 - *OUT*- *electric_signal_internal*;
- b. В другому блоці:
 - *IN1*- *electric_signal_internal*;
 - *IN2*- *Value_HL*;
 - *IN3*- *Value_LL*;
 - *IN4*- *current_max*;
 - *IN5*- *current_min*;
 - *OUT*- *value*;

Всі аналогові сенсори виконують вимірювання в діапазоні сили струму, або напруги. Це може бути 4-20мА, 0-20мА, 0-10В. Для програмної реалізації цих обмежень потрібно ввести змінні, які будуть виконувати функції цих границь.

В нашому випадку для цього були введені такі змінні:

- *current_max*;
- *current_min*;
- *Code_HL*;
- *Code_LL*;
- *Value_HL*;
- *Value_LL*;

OUT - вихідний сигнал з блоку обчислення, в першому випадку він являє собою змінну *electric_signal_internal*, яка використовується в подальших обчисленнях для виводу значення датчику в реальний момент. В другому випадку, він приймає значення *value*, що являє собою реальне значення аналогового приладу в даний момент часу.[10-15]

Для першого функціонального блоку код має вигляд формули, яка являє собою результат помноженої різниці значення з приладу у типу даних *Real* з нижньою межею у кодовому форматі на різницю верхньої межі у мА з верхньою межею у кодовому форматі, який поділено на різницю верхньої та нижньої межі у кодовому форматі та до якого додано мінімальне значення у мА.

У другому блоці ж формула являє собою результат помноженої різниці значення виходу минулого блоку з нижньою межею у мА на різницю верхньої межі у сантиметрах з нижньою межею у сантиметрах, який поділено на різницю верхньої та нижньої межі у мА та до якого додано мінімальне значення у сантиметрах.

2764.8 для ПЛК являє собою граничну межу для сенсору у десяткових цифрових одиницях і дорівнює 20 мА, при значенні вище цього числа буде зрозуміло, що йде переповнення

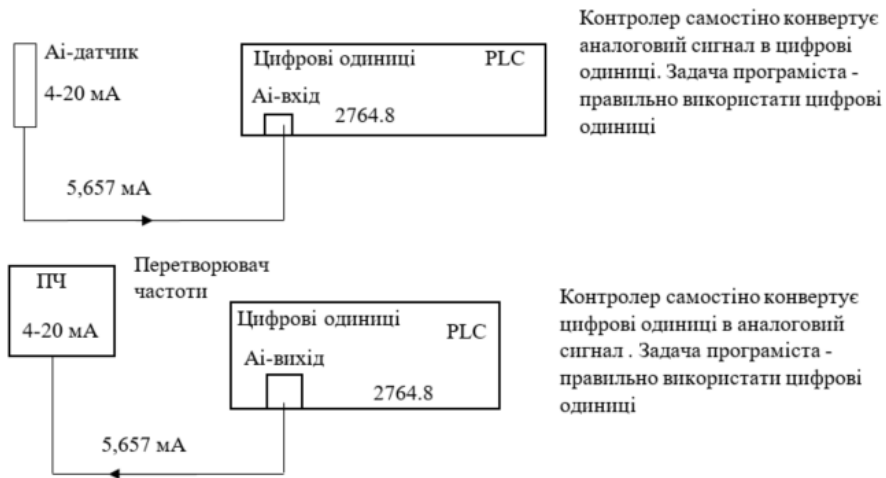


Рисунок 2.6 - Принцип обробки та передачі сигналів контролером

Таблиця 2.1

Відповідність току та напруги цифровим одиницям
в десятковому та шістнадцятковому типі

Вихідні показання		Показання ПЛК	
Датчик 0-10 V	Датчик 4-20 мА	ПЛК(ПЛК) десяти- ткові цифрові одиниці	ПЛК(ПЛК) шістнадцят- кові цифрові одиниці, що відображаються в DB
0 V	4 мА	0	0
10 V	20 мА	27648	6C00
5 V	12 мА	13824	3600
1 V	5.657 мА	2764.8	0A59
1.6 V	5 мА	1728	06C0

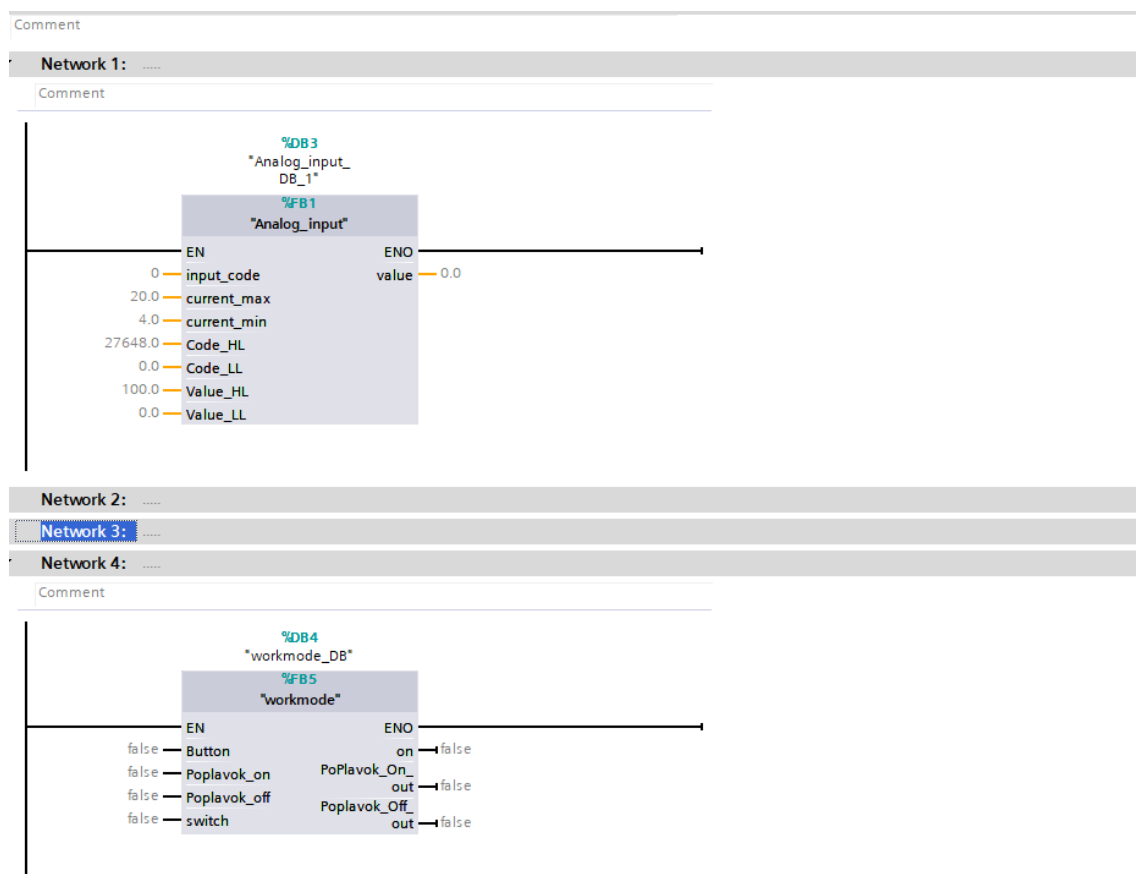


Рисунок 2.7 – Структура блоку *Main*

Для підрахунку мотогодин спочатку треба створити по два теги для сигналів на секунди, хвилини, години та дні. Один тег буде використовуватись для підрахунку, а другий – для візуалізації.

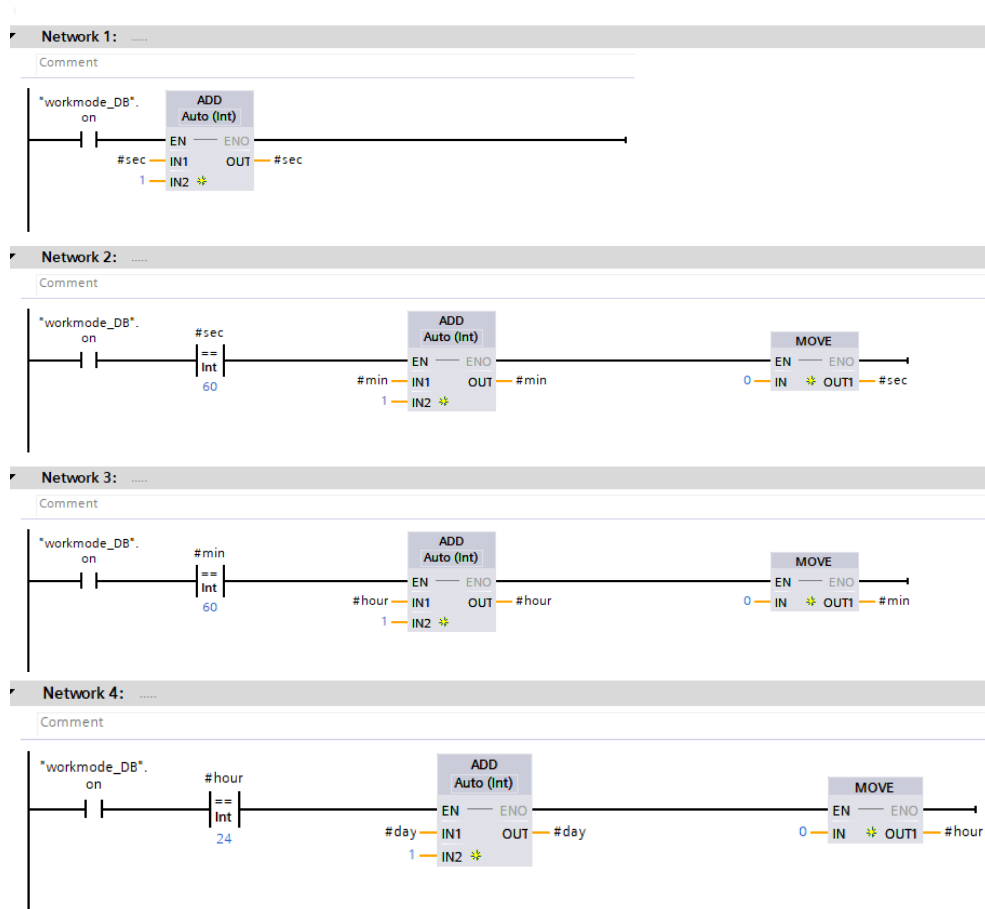


Рисунок 2.9 – Блоки для підрахунку мотогодин.

Підрахунок мотогодин здійснюється за допомогою блоків *ADD* принцип дії яких полягає в наступному, вони додають задане значення до змінної, так для змінної *sec* ми будемо додавати 1 кожні 1000 мс. Після того, як кількість одиниць в секундах сягне 60, то програмою буде записано 1 в змінну *min*, для годин так само, при кількості одиниць в 60 в змінній *min* буде записано 1 в змінну *hour*, що стосується діб, то після того, як кількість годин в змінній *hour* сягне 24 то буде записано 1 до змінної *day*.

Для того, щоб візуалізувати ці сигнали потрібно їх передати у контролер, для цього було створено додаткові теги *sec1* - сигнал для візуалізації секунд; *min1* - сигнал для візуалізації хвилин; *hour1* - сигнал для візуалізації годин; *day1* - сигнал для візуалізації діб;

Виконання цієї передачі реалізується за допомогою блоку *MOVE*, таким чином ми передаємо сигнал *sec* в *sec1*, *min* в *min1*, *hour* в *hour1* та *day* в *day1*.

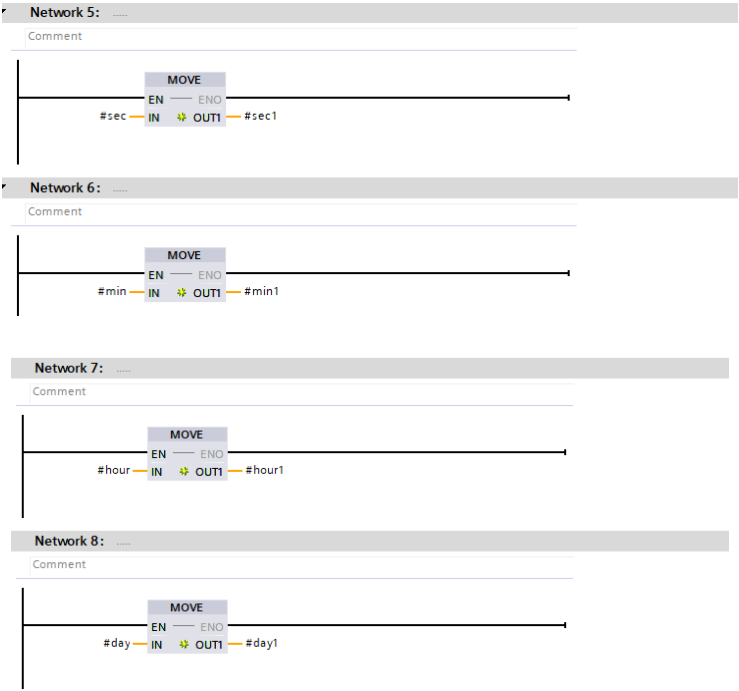


Рисунок 2.10 – Блоки для передачі тегів мотогодин

Для візуалізації всіх цих тегів їх потрібно прив'язати до об'єктів на екрані ЛМІ.

Для старту насосу з кнопки було створено тег *Button_1* , який при натисканні на кнопку приймає значення логічної 1 за допомогою функції *SetBit* у розділі *Events* та викликає спрацьовування насосу.

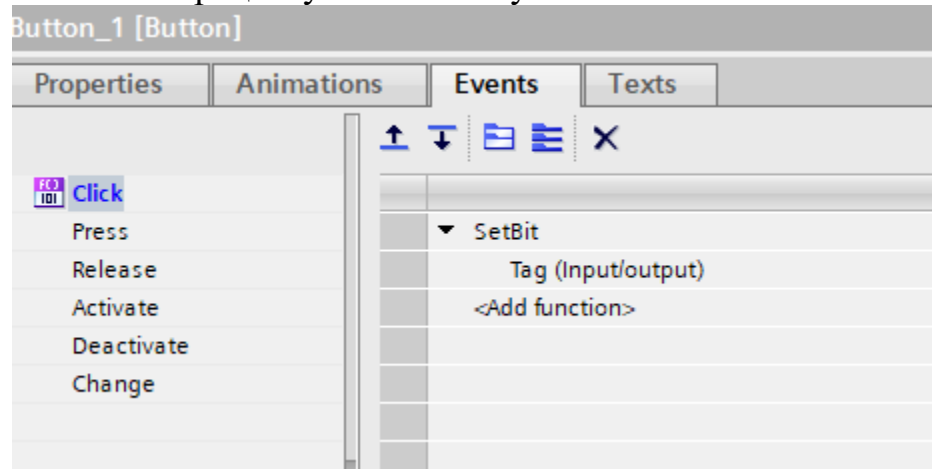


Рисунок 2.12 - Налаштування кнопки старту насосу

Для зупинки насосу з кнопки було створено тег *workmode_DB_Button* , який при натисканні на кнопку приймає значення логічного 0 за допомогою функції *ResetBit* у розділі *Events* та викликає спрацьовування насосу.

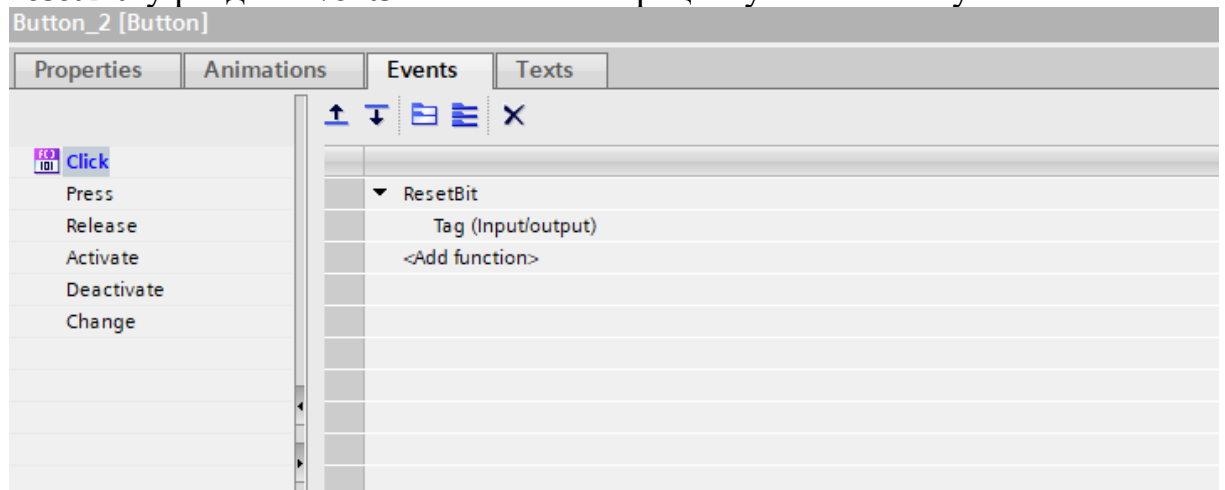


Рисунок 2.13 - Налаштування кнопки зупинки насосу

Для перемикача режимів роботи було створено тег *workmode_DB_switch*, який при натисканні виконує функцію *InvertBit*, в якому логічний 0 це ручний режим роботи, а логічна 1 – автоматичний.

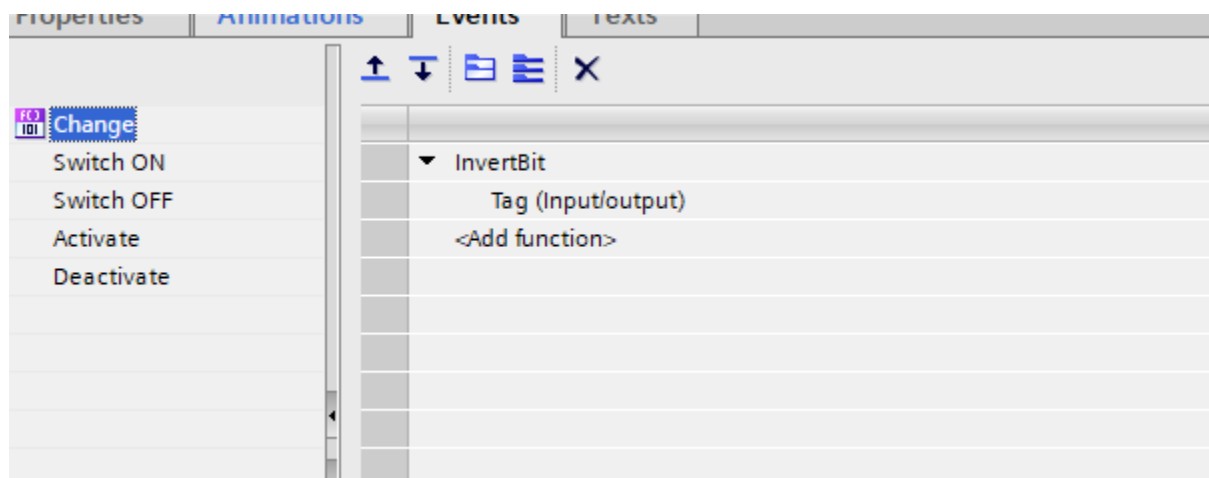


Рисунок 2.14 - Налаштування перемикача режимів роботи

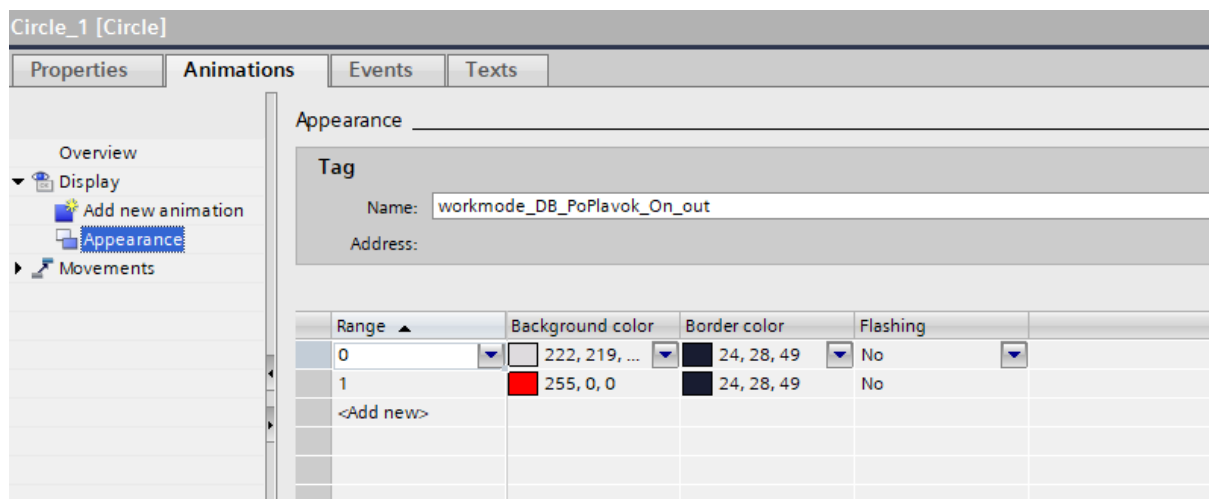


Рисунок 2.15 - Налаштування візуалізації спрацювання поплавку на включення насосу

Для поплавку на включення насосу було створено тег *workmode_DB_PoPlavok_On_out*, у меню *Animations* прив'язуємо цей тег, та налаштовуємо кольорову індикацію де 0 означає, що поплавок не спрацював, а 1 - спрацював.

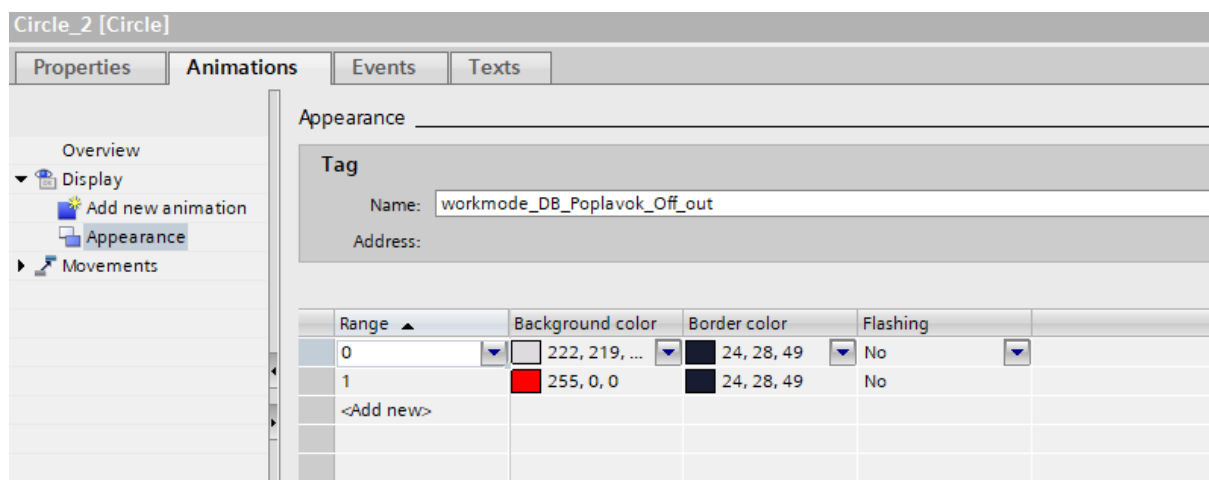


Рисунок 2.16 - Налаштування візуалізації спрацювання поплавку на виключення насосу

Для поплавку на виключення насосу було створено тег *workmode_DB_PoPlavok_Off_out*, у меню *Animations* прив'язуємо цей тег, та налаштовуємо кольорову індикацію де 0 означає, що поплавок не спрацював, а 1 - спрацював.

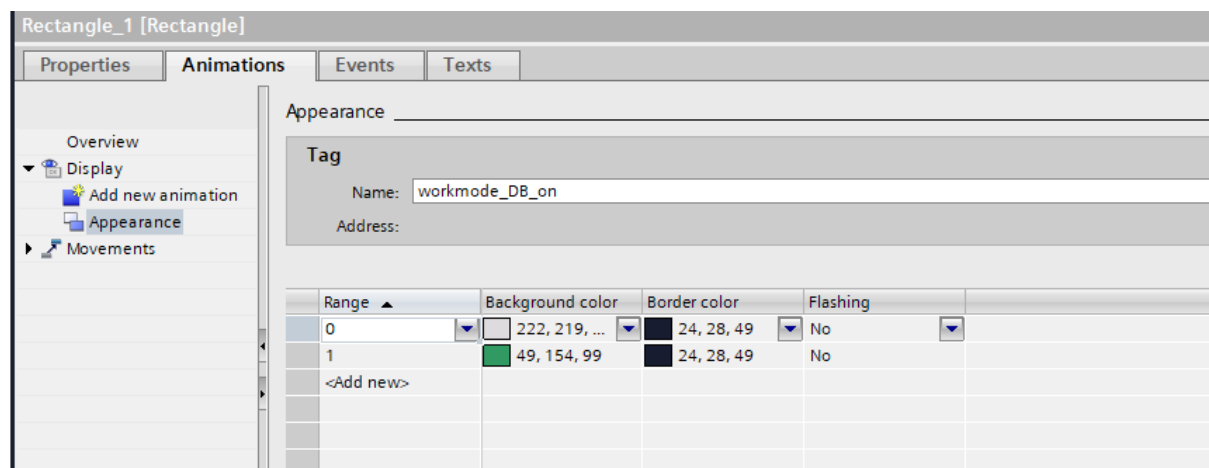


Рисунок 2.17 - Налаштування візуалізації індикації роботи насосу

Для налаштування візуалізації роботи насосу дренажних ємностей було створено тег *workmode_DB_On*, у меню *Animations* прив'язуємо цей тег та налаштовуємо кольорову індикацію де 0 означає, що насос не у роботі, а 1 – у роботі. Відповідно при логічному 0 на цьому тезі буде індикація сірим кольором, а при логічній 1-зеленим.

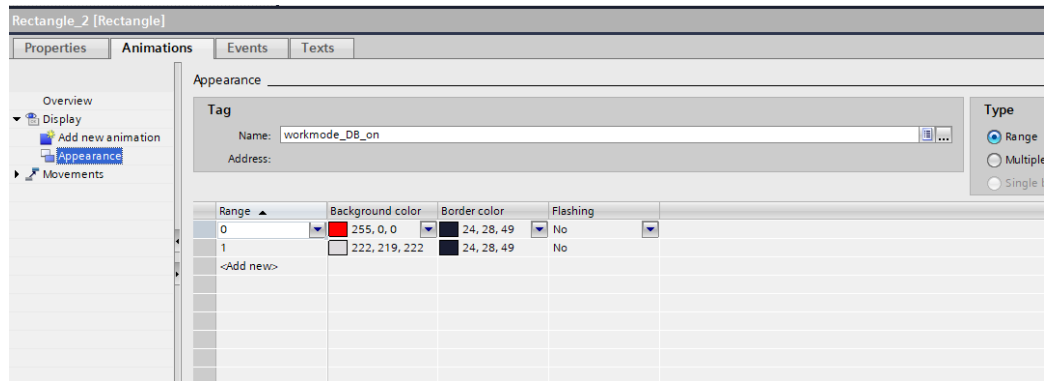


Рисунок 2.18 - Налаштування візуалізації індикації зупиненого насосу

Для налаштування візуалізації роботи насосу дренажних ємностей було створено тег *workmode_DB_On*, у меню *Animations* прив'язуємо цей тег та налаштовуємо кольорову індикацію де 0 означає, що насос не у роботі, а 1 – у роботі. Відповідно при логічному 0 на цьому тезі буде індикація червоним кольором, а при логічній 1-сірим.

Name ▲	Static value	Dynamization
▼ Appearance		
Background color	247, 243, 247	
Background fill pattern	Solid	
Color of scale	49, 52, 74	
Foreground color	0, 121, 206	
Limit lines (layout)		☐
Limit marking (layout)		☒
Segment coloring	Entire bar	
► Border type		
▼ General		
Maximum value	100	
Minimum value	0	
Process value	0	Analog_input_DB_1_value
► Label		

Рисунок 2.19 - Налаштування візуалізації роботи рівнеміра

Для індикації аналогового рівнеміра ми будемо використовувати раніше створений та оброблений тег *Analog_input_DB_1_value*, також треба налаштувати межі роботи приладу для шкали, а саме – мінімум та максимум.

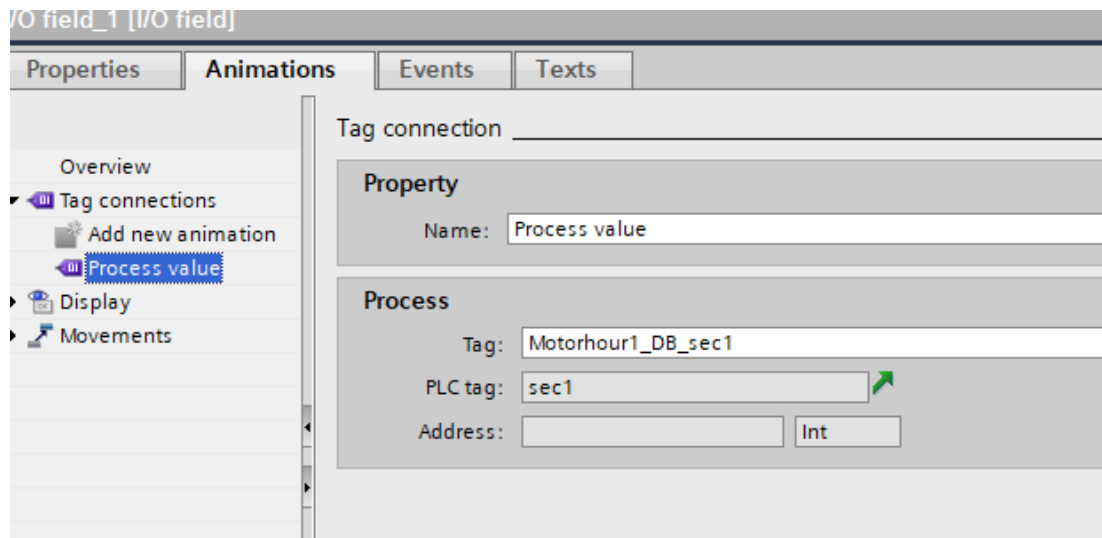


Рисунок 2.20 - Налаштування візуалізації підрахунку секунд

Для індикації секунд, що були відпрацьовані насосом було створено тег *Motorhour1_DB_sec1*, його обуло прив'язано до *I/O Field_1*.

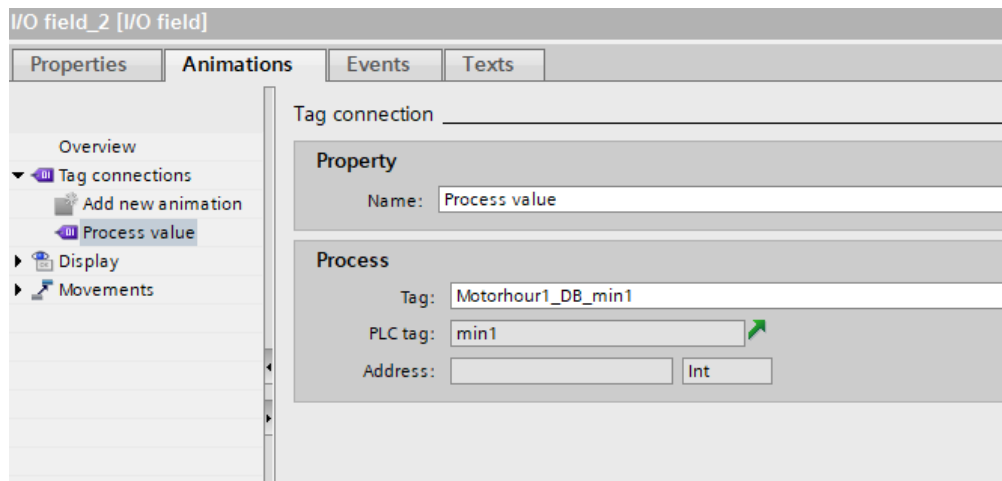


Рисунок 2.21 - Налаштування візуалізації підрахунку хвилин

Для індикації хвилин, що були відпрацьовані насосом було створено тег *Motorhour1_DB_min1*, його обуло прив'язано до *I/O Field_2*.

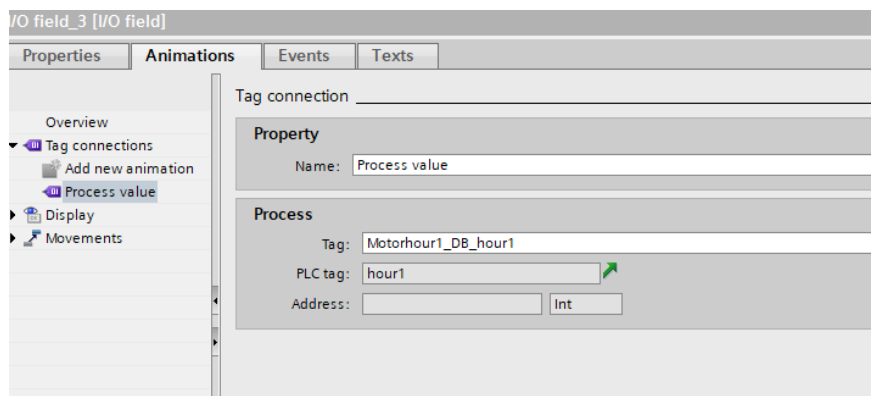


Рисунок 2.21 - Налаштування візуалізації підрахунку годин

Для індикації годин, що були відпрацьовані насосом було створено тег *Motorhour1_DB_hour1*, його обуло прив'язано до *I/O Field_3*.

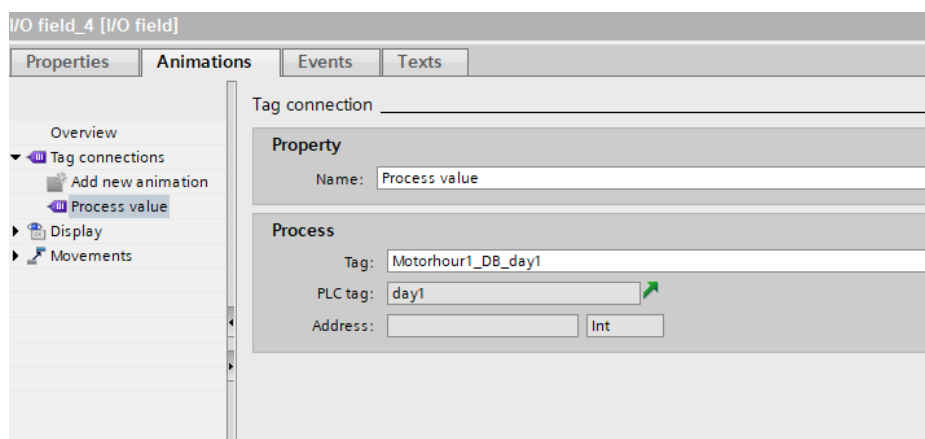


Рисунок 2.22 - Налаштування візуалізації підрахунку діб

Для індикації годин, що були відпрацьовані насосом було створено тег *Motorhour1_DB_hour1*, його обуло прив'язано до *I/O Field_4*. [16]

2.3 Висновки

В другому розділі було освітлено проблему, що виникла в поточній експлуатації автоматизованої системи керування виробництвом комплексу згущування хвостів хвостового господарства цеха шламових систем АТ «ПівдГЗК», таку як недостатня автоматизація роботи дренажних насосів згущувачів.

Для вирішення проблеми нами була розроблена автоматизована система керування виробництвом для насосів дренажних ємностей високовиробничих згущувачів з власним людинно-машинним інтерфейсом та апаратною складовою у вигляді частотно-регульованого приводу, датчику рівня та двох поплавкових вимикачів.

У другому розділі виконані наступні роботи:

- 1.Розробка оптимізаційної пропозиції з удосконалення вузла дренажних ємностей високовиробничих згущувачів;
2. Розроблено графічну оболонку для людинно-машинного інтерфейсу АСКВ;
- 3.Розроблено алгоритм виконання операцій АСКВ;
- 4.Розроблено лічильник підрахунку мотогодин для насосного обладнання;
- 5.Розроблено селектор переключення режимів роботи (Руч/Авто) ;
- 6.Створено програмний продукт для автоматизації насосів дренажних ємностей високовиробничих згущувачів діаметром 62 метри;

Інтеграція цієї системи до існуючої АСКВ допоможе досягти економічного ефекту через автоматичний режим роботи, а саме:

- двигун насосу буде мати захисти від перегріву,
- поступовий Стоп/Старт,
- не буде необхідності в ручному відкачуванні дренажних ємностей технологічним персоналом.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

3.1 Мета дослідження

Умови сучасного світу ставлять ряд викликів підприємствам, найважливішими з яких є якість та ефективність робочих процесів. Застосування методів багатокритеріального вибору надасть можливості для кроку вперед в сфері оптимізації різноманітних аспектів виробництва. Це є важливим для конкурентоспроможності підприємства та мінімізації витрат ресурсів на розробку та інтеграцію нових систем АСКВ.

АСКВ стають все більш використовуваними на підприємствах по всій земній кулі. За їх допомогою якість продукції збільшується, а витрати на виробництво зменшуються. Використання методів багатокритеріального вибору для розробки таких систем дозволить приймати рішення, ґрунтовані на необхідних критеріях та аспектах обладнання.

Дослідження спрямоване на аналіз сучасних методів та застосування їх на практичному прикладі створення АСКВ з метою доведення актуальності методів багатокритеріального вибору для створення автоматизованої системи керування виробництвом, визначення їх потенційних переваг для підприємств.

Ми плануємо виконати багатокритеріальний підбір обладнання для АСКВ за допомогою методу суміщеного ідеалу та перевірити його результати за допомогою експертного методу Дельфі.

Результати дослідження сприятимуть запровадженню сучасних наукових та/або інженерних підходів у розвиток виробничих процесів, що має сприяти підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності підприємства на ринку

					КНУ.РМ.123.23.11.03.ДТАВБАНОСП			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ БАГАТО- КРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ АЛЬТЕР- НАТИВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ	Літера	Арквш	Арквшів
Розробив		Могилюк						
Перевірив		Вдовиченко					55	101
Н.контроль		Кузнєцов				КІ-22м		
Затвердив		Купін						

3.2 Аналіз застосування потенційних наукових підходів

Системний аналіз – сукупність методологічних засобів, що використовуються для підготовки та пояснення рішень проблем військового, наукового, політичного, технічного та економічного характерів.

Системний аналіз ґрунтується на деяких прикладних математичних дисциплінах та методах, які являються досить затребуваними у нинішніх реаліях:

- Метод експертних оцінок;
- Метод критичного шляху;
- Теорія черг тощо.

Технічну основу системного аналізу являють собою сучасні електронно-обчислювальні машини та інформаційні системи.

Процедурою системного аналізу називають програму дослідження системи, об'єкту або технології з метою пошуку найкращої альтернативи. Вона складається з кількох етапів:

- Встановлення цілей та задач дослідження та критеріїв їх досягання.
- Визначення об'єкту та предмету дослідження;
- Збір та обробка інформації;
- Опис властивостей об'єкту та виявлення його структури;
- Визначення мети життєдіяльності об'єкту;
- Будування гіпотез про способи функціонування об'єкту;
- Дослідження об'єкту неформальними методами та за допомогою моделей
- Прогнозування послідовностей реалізації обраних альтернатив.

В результаті виконуються наступні дії:

- Постановка задачі прийняття рішення;
- Опис множини альтернатив;
- Дослідження багатокритеріальних задач;
- Дослідження методів вирішення задач оптимізації;
- Обробка експертних оцінок;
- Робота з макромоделями системи.

Для визначення методів дослідження розглянемо характеристики різноманітних методів:

1. Традиційні методи багатокритеріального аналізу:

- Аналіз ієрархічної структури (AIC): Цей метод дозволяє розбити складні задачі на більш прості підзадачі і визначити вагові коефіцієнти шляхом експертної оцінки. Однак, його обмеження полягають у суб'єктивності експертних оцінок та складнощах у визначенні конкретних вагових коефіцієнтів.
- Аналітичний метод мериторного оцінювання (АММО): Цей метод використовує матриці відносної важливості для визначення коефіцієнтів значимості критеріїв. Його перевагами є формалізований підхід та залучення експертних оцінок, але він може бути чутливим до неправильних або неоднозначних оцінок експертів.
- Метод вагово-коефіцієнтних оцінок (МВКО): Цей метод заснований на вагових коефіцієнтах, які призначаються критеріям залежно від їхньої важливості. МВКО дозволяє враховувати різні рівні важливості критеріїв, але вимагає точного визначення вагових коефіцієнтів, що може бути викликом.
- Метод суміщеного ідеалу є одним з підходів до багатокритеріального вибору, в якому порівнюються альтернативи з ідеальною точкою (максимумом) та анти-ідеальною точкою (мінімумом) для кожного критерію. Цей метод дозволяє зробити компроміс між різними критеріями та забезпечити більш гнучкий підхід до багатокритеріального вибору.
- Методи експертних оцінок – це сукупність логічних та математично-статистичних методів організації роботи зі спеціалістами-експертами та обробки їх висновків, виражених у кількісній та/або якісній формі з метою підготовки інформації для прийняття рішення.

Суть методу експертних оцінок полягає в тому, що експерти проводять інтуїтивно-логічний аналіз проблеми з кількісною оцінкою суджень і формальною обробкою результатів. За вирішення проблеми приймається узагальнений експертний висновок, отриманий в результаті опрацювання.

Існує велика кількість методів отримання експертних оцінок: метод мозкового штурму, метод комісії, метод «віднесеної оцінки», метод ПАТТЕРН, мережевий метод, метод Дельфі, метод якісного зворотного зв'язку, соціометричний метод, метод парних порівнянь, метод ранжування тощо.

2. Методи оптимізації:

- Лінійне програмування: Цей метод використовує математичні моделі для оптимізації задач з лінійною функцією мети та лінійними обмеженнями. Він забезпечує точні результати, але може бути обмеженим у моделюванні складних систем та урахуванні нечіткості та невизначеності.
- Динамічне програмування: Цей підхід використовується для вирі-

шення задач з оптимальним управлінням в динамічних системах. Він дозволяє враховувати залежності часу та послідовність рішень, але може бути вимогливим до обчислювальних ресурсів при моделюванні складних систем.

- Генетичні алгоритми (як різновидом методів штучного інтелекту): Цей підхід базується на принципах природного відбору та мутації для ефективного пошуку рішень у просторі параметрів. Він може знаходити приближені рішення в складних просторах параметрів, але може бути часом витратним.

Ретроспективний аналіз цих підходів в контексті систем автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей дозволяє визначити їх переваги та обмеження. Враховуючи специфіку задачі та потреби системи, можна зробити вибір оптимального підходу для досягнення поставлених цілей.

3.3 Аналіз застосування потенційних інженерних підходів

Нижче наведений аналіз інженерних підходів до багатокритеріального вибору:

1. Метод аналізу ієрархій (МАІ):
 - МАІ є системним підходом до прийняття рішень, що використовує ієрархічну структуру для моделювання проблеми та вагового оцінювання критеріїв.
 - В контексті систем автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей МАІ може допомогти визначити вагомість критеріїв, таких як ефективність виробництва, енергоефективність, надійність та екологічність.
2. Метод аналітичного ієрархічного процесу (МАІП):
 - МАІП є розширенням МАІ, яке дозволяє проводити попарне порівняння елементів у кожному рівні ієрархії.
 - В контексті систем автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей МАІП може допомогти визначити вагомість різних альтернативних технологій та компонентів, таких як сенсори, актуатори та системи керування.

3. Методи дизайну експерименту:

- Дизайн експерименту дозволяє систематично проводити серію експериментів, щоб вивчити взаємозв'язки між різними факторами та визначити оптимальні налаштування системи керування.
- В контексті систем автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей дизайн експерименту може допомогти визначити оптимальні значення параметрів, таких як час реакції системи, рівень автоматизації та розміщення сенсорів.

4. Методи системного моделювання:

- Системне моделювання дозволяє створювати комп'ютерні моделі системи та проводити експерименти для вивчення її поведінки та впливу різних факторів.
- В контексті систем автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей системне моделювання може допомогти визначити оптимальні стратегії керування, оцінити вплив різних параметрів та прогнозувати результати виробництва.

5. Гібридні підходи:

- Гібридні підходи поєднують різні методи та техніки для досягнення кращих результатів в багатокритеріальному виборі.
- В контексті систем автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей гібридні підходи можуть комбінувати методи оптимізації, інженерні методи та аналітичні моделі для забезпечення більш точного та ефективного вибору.

Крім того використовують системи підтримки прийняття рішень (СППР) та системи інтелектуального аналізу даних.

СППР використовують комп'ютерні моделі та алгоритми для підтримки процесу прийняття рішень. У випадку систем автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей СППР можуть допомогти в оцінці та порівнянні альтернативних сценаріїв, враховуючи різні критерії та обмеження.

Системи інтелектуального аналізу даних: ці системи використовують алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних і отримання нових знань.

Системи інтелектуального аналізу даних можуть допомогти виявити складні взаємозв'язки між різними параметрами та критеріями, а також розробити прогностичні моделі для передбачення поведінки системи.

Аналіз цих інженерних підходів показує, що вони можуть допомогти в розв'язанні складних задач багатокритеріального вибору в системах автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей. Кожен підхід має свої переваги та обмеження, тому вибір оптимального підходу залежить від специфіки задачі, доступних ресурсів та вимог замовника.[17-20]

3.4 Вибір методу для визначення найкращої альтернативи в умовах багатокритеріальності

Після аналізу методів та підходів ми зупинилися на методі суміщеного ідеалу та експертному методі.

Метод суміщеного ідеалу є одним з найкращих підходів для розв'язання задач оптимального вибору в умовах багатокритеріальності, також відомих як задачі МРМ-типу (мультикритеріальне рішення методом). Цей метод є особливо ефективним у випадках, коли маємо справу зі складними системами або процесами, яким притаманна багатокритеріальність.

Основні переваги методу суміщеного ідеалу для даної задачі:

- Урахування багатокритеріальності: Метод суміщеного ідеалу дозволяє враховувати кілька критеріїв одночасно, що є особливо важливим в задачах, де необхідно здійснювати оптимальний вибір з урахуванням різних аспектів ефективності, таких як економічність, технічні характеристики, енергоефективність та інші.
- Знаходження компромісного рішення: Метод суміщеного ідеалу дозволяє знайти компромісне рішення, яке оптимально по всіх критеріях. Це дозволяє уникнути суб'єктивних оцінок та забезпечити більш об'єктивне прийняття рішення.
- Простота використання: Метод суміщеного ідеалу має просту математичну формулювання і легко застосовується на практиці. Він не вимагає великого обсягу обчислень або складних алгоритмів, що спрощує його застосування у реальних задачах.
- Гнучкість: Метод суміщеного ідеалу може бути адаптований до конкретних потреб і вимог задачі. Його параметри можна налаштувати відповідно до вагомості різних критеріїв та пріоритетів.

Загалом, метод суміщеного ідеалу є потужним і ефективним інструментом для розв'язання задач оптимального вибору в умовах багатокритеріальності, і його використання в системі автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей може допомогти досягти оптимальних результатів і забезпечити ефективне функціонування системи.

Постановка завдання для методу суміщеного ідеалу

Завдання, яке буде виконуватись в рамках дослідження з використанням методу суміщеного ідеалу для системи автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей, може бути сформульоване наступним чином:

1. Зібрати та проаналізувати вихідні дані про систему автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей, включаючи технічні характеристики, вимоги до якості, продуктивності та енергоефективності.
2. Визначити набір критеріїв, які будуть використовуватись для оцінки різних варіантів системи керування, наприклад, продуктивність, якість, енергоефективність, надійність тощо.
3. Розробити математичну модель методу суміщеного ідеалу.
4. Встановити вагові коефіцієнти для кожного критерію, відображаючи їх відносну важливість та пріоритетність.
5. Застосувати метод суміщеного ідеалу для кожного варіанту системи керування, шляхом порівняння з ідеальними значеннями кожного критерію.
6. Ранжувати та порівняти варіанти системи керування згідно їх відповідності ідеальним значенням за допомогою методу суміщеного ідеалу.
7. Зробити висновки щодо оптимального варіанту системи керування виробництвом дренажних ємностей з урахуванням багатокритеріальності та вагових коефіцієнтів.
8. Зробити висновки щодо ефективності та придатності методу суміщеного ідеалу для вирішення завдання оптимального вибору в умовах багатокритеріальності в системі автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей.
9. Сформулювати рекомендації щодо практичного застосування результатів дослідження для вдосконалення системи автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей та прийняття обґрунтованих рішень у процесі їх реалізації.

Метою цих завдань є виявлення найбільш ефективного та оптимального апаратного варіанту системи керування виробництвом дренажних ємностей.

3.5 Розробка математичної моделі методу суміщеного ідеалу

Для розробки математичної моделі методу та алгоритму даного дослідження потрібно врахувати критерії, що відображають різні аспекти ефективності системи автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей. Ми використовуємо три критерії: економічний, технічний та екологічний.

Економічний критерій:

Нехай E представляє сукупні економічні витрати на виробництво дренажних ємностей, а F є цільовою функцією для мінімізації цих витрат. Тоді можна сформулювати математичну модель економічного критерію у такому вигляді:

Minimize $F(E)$.

Технічний критерій:

Представимо технічну ефективність системи автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей як T . Для максимізації технічної ефективності можна сформулювати таку математичну модель:

Maximize $F(T)$.

Ступінь автоматизації

Нехай A представляє ступінь автономності автоматизованої системи керування. Для його максимізації можна сформулювати таку математичну модель:

Maximize $F(A)$

Загальна математична модель багатокритеріальної задачі може виглядати наступним чином:

$$F(E) \leq E_Max$$

$$F(T) \geq T_min$$

$$F(A) \geq A_min$$

Тут T_min і A_min є мінімально допустимими значеннями для технічного і енергоефективного критеріїв відповідно.

Таким чином, в математичній моделі використовуватимуться економічний, технічний та ступінь автоматизації критерії, що відображатимуть відповідні аспекти ефективності системи автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей.

Для виконання задачі за математичною моделлю треба ввести необхідні обмеження, такі як економічний критерій, технічний критерій, та ступінь автоматизації.

Для економічного критерію E_Max буде дорівнювати 210000 грн. що є обмеженістю у бюджеті для виконання поставленого завдання у цьому дослідженні

Для ступеню автоматизації A_min буде дорівнювати 1, що є логічною інтерпретацією наявності автоматизованого керування вузлом дренажних ємностей, адже на даний момент воно відсутнє і являє собою логічний 0.

Для технічного критерію T_{min} також буде дорівнювати 1, що являє собою працездатність системи у автоматичному та ручному режимах, замість просто ручного як це відбувається зараз.

Ця математична модель відображає багатокритеріальну природу задачі оптимального вибору в умовах системи автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей. Для дослідження ефективності запропонованої оптимізації методом суміщеного ідеалу можна використати цю модель для порівняння альтернативних варіантів та прийняття рішень.

Алгоритм підбору найкращої альтернативи

1. Користувачу пропонується ввести назви критеріїв через кому.
2. Для кожного критерію користувачу пропонується ввести ідеальне значення.
3. Користувачу пропонується ввести альтернативи та їх оцінки за критеріями. Введення альтернатив завершується, коли користувач натискає *Enter* без введення назви альтернативи.
4. Для кожної альтернативи обчислюється бал шляхом порівняння оцінки альтернативи з ідеалом для кожного критерію. Більші значення вказують на кращу альтернативу.
5. Знаходиться альтернатива з найкращим балом.
6. Виводиться назва найкращої альтернативи.

Цей алгоритм дозволяє користувачу вводити критерії, ідеали та оцінки альтернатив, а потім обчислює бали для кожної альтернативи та знаходить найкращу.

Підбір найкращих альтернатив

Для візуального спостереження оператора за рівнем у дренажній ємкості потрібен датчик рівня ультра звукового типу, який буде обиратися за наступними критеріями:

- Ціна
- Простота інтеграції та експлуатації
- Наявність *BlueTooth* керування
- Розмір

На вибір було відібрано 5 схожих за своїми характеристиками приладів:

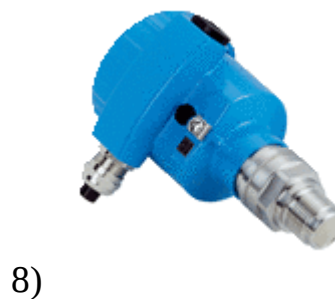




Рисунок 3.5 – датчики рівня

1. *Start Italiana*
2. *датчик рівня PTL*
3. *VEGAPULS 11*
4. *M30 cylindrical ultrasonic level sensor*
5. *Prosonic T FMU30*
6. *Yoke CW-100*
7. *Standex LS01*
8. *LFR-ACTTAAMHKAX*
9. *ML-8 Ultrasonic Level Meter*
10. *UNAM 50I6121*

Ваги критеріїв для кожного приладу наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Ваги критеріїв для рівнемірів

	<i>Start Italiana</i>	<i>PTL L-sens</i>	<i>VEGAPULS 11</i>	<i>M30 level sensor</i>	<i>Prosonic T FMU30</i>	<i>Yoke CW-100</i>	<i>Standex LS01</i>	<i>LFR- ACTTAAМHKAХ</i>	<i>ML-8 Ultrasonic Level Meter</i>	<i>UNAM 50I6121</i>
Ціна	2	2	3	3	1	3	2	2	3	1
Простота інтеграції та експлу- атації	1	0	1	1	2	2	0	1	1	0
наявність <i>BlueTooth</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Розмір	2	2	1	2	0	1	2	2	1	0

Ідеальним значенням для критерію «ціна» у виборі датчика рівню буде 0, для критерію «Простота інтеграції та експлуатації» ідеальне значення буде сягати 2, для критерію «наявність *BlueTooth* керування» ідеальним значенням буде 1 а для критерію «Розмір»-0.

Для підбору вагових одиниць за критерієм «ціна» слід брати до уваги ринкову ціну приладу, для критерію «Простота інтеграції та експлуатації» підбор вагових одиниць слід виконувати за кількістю днів навчання новому обладнанню обслуговуючого персоналу, для критерію «наявність *BlueTooth* керування» при підбиранні вагових одиниць слід брати до уваги наявність *BlueTooth*-модуля у пристрої і для критерію «Розмір» вагові одиниці слід обирати за габаритами приладу.

```

Вибір?ть пункт меню: 1
Введ?ть назви критері?ів через кому:
Ціна,простота інтеграції та експлуатації, наявність Bluetooth керування, Розмір
Введ?ть ?deal для критері?ю 'Ц?на':
0
Введ?ть ?deal для критері?ю 'простота ?нтеграції та експлуатації':
2
Введ?ть ?deal для критері?ю ' наявн?сть Bluetooth керування':
1
Введ?ть ?deal для критері?ю ' Розмір':
0
Введ?ть альтернативи та їх оцінки за критері?ями:
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: Start Italiana
Введ?ть оцінку альтернативи 'Start Italiana' за критері?ем 'Ц?на': 2
Введ?ть оцінку альтернативи 'Start Italiana' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'Start Italiana' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'Start Italiana' за критері?ем ' Розмір': 2
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: PTL L-sens
Введ?ть оцінку альтернативи 'PTL L-sens' за критері?ем 'Ц?на': 2
Введ?ть оцінку альтернативи 'PTL L-sens' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'PTL L-sens' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'PTL L-sens' за критері?ем ' Розмір': 2
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: VEGAPULS 11
Введ?ть оцінку альтернативи 'VEGAPULS 11' за критері?ем 'Ц?на': 3
Введ?ть оцінку альтернативи 'VEGAPULS 11' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'VEGAPULS 11' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'VEGAPULS 11' за критері?ем ' Розмір': 1
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: M30 Level Sensor
Введ?ть оцінку альтернативи 'M30 Level Sensor' за критері?ем 'Ц?на': 3
Введ?ть оцінку альтернативи 'M30 Level Sensor' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'M30 Level Sensor' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'M30 Level Sensor' за критері?ем ' Розмір': 2
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: Prosonic T FMU30
Введ?ть оцінку альтернативи 'Prosonic T FMU30' за критері?ем 'Ц?на': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'Prosonic T FMU30' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 2
Введ?ть оцінку альтернативи 'Prosonic T FMU30' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'Prosonic T FMU30' за критері?ем ' Розмір': 0
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: Yoke CW-100
Введ?ть оцінку альтернативи 'Yoke CW-100' за критері?ем 'Ц?на': 3
Введ?ть оцінку альтернативи 'Yoke CW-100' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 2
Введ?ть оцінку альтернативи 'Yoke CW-100' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'Yoke CW-100' за критері?ем ' Розмір': 1
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: Standex LS01
Введ?ть оцінку альтернативи 'Standex LS01' за критері?ем 'Ц?на': 2
Введ?ть оцінку альтернативи 'Standex LS01' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'Standex LS01' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'Standex LS01' за критері?ем ' Розмір': 2
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: LFR-ACTTA MHKAX
Введ?ть оцінку альтернативи 'LFR-ACTTA MHKAX' за критері?ем 'Ц?на': 2
Введ?ть оцінку альтернативи 'LFR-ACTTA MHKAX' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'LFR-ACTTA MHKAX' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'LFR-ACTTA MHKAX' за критері?ем ' Розмір': 2

Введ?ть оцінку альтернативи 'ML-B' за критері?ем 'Ц?на': 3
Введ?ть оцінку альтернативи 'ML-B' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'ML-B' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'ML-B' за критері?ем ' Розмір': 1
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: UNAM 50I6121
Введ?ть оцінку альтернативи 'UNAM 50I6121' за критері?ем 'Ц?на': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'UNAM 50I6121' за критері?ем 'простота ?нтеграції та експлуатації': 0
Введ?ть оцінку альтернативи 'UNAM 50I6121' за критері?ем ' наявн?сть Bluetooth керування': 1
Введ?ть оцінку альтернативи 'UNAM 50I6121' за критері?ем ' Розмір': 0
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу:
Меню:
1. Ввести критері?ї та оцінки альтернатив
2. Метод сум?щеного ?деалу
3. Експертне опитування
4. Переглянути результати опитування
5. Завершити роботу програми
Вибір?ть пункт меню: 2
Найкраща альтернатива: Prosonic T FMU30

```

Рисунок 3.6 – обирання датчика рівню

В результаті роботи програми найкращим варіантом було обрано датчик рівня *Prosonic T FMU30*

Для спрацювання насосу на відкачку дренажних ємностей і його виключання нам потрібні два вимикача поплавкового типу, що будуть обиратися за наступними критеріями:

- Ціна
- ступінь захисту
- простота пристрою
- Розмір

На вибір було відібрано 10 схожих за своїми характеристиками приладів:



Рисунок 3.7 - Поплавкові Вимикачі

1. *Pedrollo MAC 5 PVC*
2. *Liquifloat FTS20*
3. *float ball switch FTL31-13E0*
4. *Level switch model MXT-82261CLO*
5. *Grundfos FS1*
6. *RLS-5000*
7. *Float Switch LFL2-**-U*
8. *SB-025HM010*

9. Honeywell LRNH31S42
10. Miniature float switch 2000

Ваги критеріїв для кожного приладу наведено в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Ваги критеріїв для вимикачів поплавкового типу

	<i>Pedrollo MAC 5 PVC</i>	<i>Liquifloat FTS20</i>	<i>float ball switch FTL31-13E0</i>	<i>Level switch model MXT-82261CLO</i>	<i>Grundfos FS1</i>	<i>RLS-5000</i>	<i>FloatSwitch LFL2- **-U</i>	<i>SB-025HM010</i>	<i>Honeywell LRNH31S42</i>	<i>float switch 2000</i>
Ціна	1	0	4	3	0	1	1	3	1	2
ступінь захисту	0	3	4	4	2	2	2	1	3	1
простота пристрою	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Розмір	1	0	1	2	0	1	2	2	0	1

Ідеальним значенням для критерію «ціна» у виборі поплавкового вимикача буде 0, для критерію «ступінь захисту» ідеальне значення буде сягати 4, для критерію «простота пристрою» ідеальним значенням буде - 0 а для критерію «Розмір»-0.

Для підбору вагових одиниць за критерієм «ціна» слід брати до уваги ринкову ціну приладу, для критерію «ступінь захисту» підбор вагових одиниць слід виконувати за наявним ступенем пилового захисту, для критерію «простота пристрою» при підбиранні вагових одиниць слід брати до уваги простоту компоновки пристрою, тобто кількість механічних та електронних вузлів приладу і для критерію «Розмір» вагові одиниці слід обирати за габаритами приладу.

```

Виберть пункт меню: 1
Введть назви критеріів через кому:
Ціна,ступінь захисту,простота пристрою,Розмір
Введть ?деал для критерію 'Ціна':
0
Введть ?деал для критерію 'ступінь захисту':
4
Введть ?деал для критерію 'простота пристрою':
0
Введть ?деал для критерію 'Розмір':
0
Введть альтернативи та їх оцінки за критеріями:
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: Pedrollo MAC 5 PVC
Введть оцінку альтернативи 'Pedrollo MAC 5 PVC' за критерієм 'Ціна': 1
Введть оцінку альтернативи 'Pedrollo MAC 5 PVC' за критерієм 'ступінь захисту': 0
Введть оцінку альтернативи 'Pedrollo MAC 5 PVC' за критерієм 'простота пристрою': 1
Введть оцінку альтернативи 'Pedrollo MAC 5 PVC' за критерієм 'Розмір': 1
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: FTS20
Введть оцінку альтернативи 'FTS20' за критерієм 'Ціна': 0
Введть оцінку альтернативи 'FTS20' за критерієм 'ступінь захисту': 3
Введть оцінку альтернативи 'FTS20' за критерієм 'простота пристрою': 0
Введть оцінку альтернативи 'FTS20' за критерієм 'Розмір': 0
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: FTL31-13E0
Введть оцінку альтернативи 'FTL31-13E0' за критерієм 'Ціна': 4
Введть оцінку альтернативи 'FTL31-13E0' за критерієм 'ступінь захисту': 4
Введть оцінку альтернативи 'FTL31-13E0' за критерієм 'простота пристрою': 1
Введть оцінку альтернативи 'FTL31-13E0' за критерієм 'Розмір': 1
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: MXT-822661CLO
Введть оцінку альтернативи 'MXT-822661CLO' за критерієм 'Ціна': 3
Введть оцінку альтернативи 'MXT-822661CLO' за критерієм 'ступінь захисту': 4
Введть оцінку альтернативи 'MXT-822661CLO' за критерієм 'простота пристрою': 1
Введть оцінку альтернативи 'MXT-822661CLO' за критерієм 'Розмір': 2
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: Grundfos FS1
Введть оцінку альтернативи 'Grundfos FS1' за критерієм 'Ціна': 0
Введть оцінку альтернативи 'Grundfos FS1' за критерієм 'ступінь захисту': 3
Введть оцінку альтернативи 'Grundfos FS1' за критерієм 'простота пристрою': 0
Введть оцінку альтернативи 'Grundfos FS1' за критерієм 'Розмір': 0
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: RLS-5000
Введть оцінку альтернативи 'RLS-5000' за критерієм 'Ціна': 1
Введть оцінку альтернативи 'RLS-5000' за критерієм 'ступінь захисту': 2
Введть оцінку альтернативи 'RLS-5000' за критерієм 'простота пристрою': 0
Введть оцінку альтернативи 'RLS-5000' за критерієм 'Розмір': 1
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: LFL2-**-U
Введть оцінку альтернативи 'LFL2-**-U' за критерієм 'Ціна': 1
Введть оцінку альтернативи 'LFL2-**-U' за критерієм 'ступінь захисту': 2
Введть оцінку альтернативи 'LFL2-**-U' за критерієм 'простота пристрою': 1
Введть оцінку альтернативи 'LFL2-**-U' за критерієм 'Розмір': 2
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: SB-025HM010
Введть оцінку альтернативи 'SB-025HM010' за критерієм 'Ціна': 3
Введть оцінку альтернативи 'SB-025HM010' за критерієм 'ступінь захисту': 1
Введть оцінку альтернативи 'SB-025HM010' за критерієм 'простота пристрою': 1
Введть оцінку альтернативи 'SB-025HM010' за критерієм 'Розмір': 2
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: LRNH31542
Введть оцінку альтернативи 'LRNH31542' за критерієм 'Ціна': 1
Введть оцінку альтернативи 'LRNH31542' за критерієм 'ступінь захисту': 3
Введть оцінку альтернативи 'LRNH31542' за критерієм 'простота пристрою': 1
Введть оцінку альтернативи 'LRNH31542' за критерієм 'Розмір': 0
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу: float switch 2000
Введть оцінку альтернативи 'float switch 2000' за критерієм 'Ціна': 2
Введть оцінку альтернативи 'float switch 2000' за критерієм 'ступінь захисту': 1
Введть оцінку альтернативи 'float switch 2000' за критерієм 'простота пристрою': 1
Введть оцінку альтернативи 'float switch 2000' за критерієм 'Розмір': 1
Введть назву альтернативи або натисньть Enter для завершення вводу:
Меню:
1. Ввести критеріі та оцінки альтернатив
2. Метод суміщеного ?деалу
3. Експертне опитування
4. Переглянути результати опитування
5. Завершити роботу програми
Виберть пункт меню: 2
Найкраща альтернатива: FTS20

```

Рисунок 3.8 – обирання вимикача поплавкового типу

В результаті роботи програми найкращим варіантом було обрано вимикач поплавкового типу *Liquifloat FTS20*

Для коректної роботи насосу та регулювання його обертів, налаштування його захисту від перегріву, перенапруги тощо, потрібен частотно-регульований привід, який буде обиратись за наступними характеристиками:

- Ціна
- Переваганажувальна здатність:
- Клас енергоефективності:
- Функціональність та додаткові можливості

На вибір було відібрано 10 схожих за своїми характеристиками приладів:



1)



2)



3)



4)



5)



6)



7)



8)



9)



10)

Рисунок 3.9 – Частотно-регульовані приводи

1. *Siemens SINAMICS G120*
2. *ABB ACS580*
3. *Schneider Electric Altivar 71*
4. *Danfoss VLT AutomationDrive FC 302*
5. *Mitsubishi Electric FR-A800*
6. *Control Techniques NE300-4T0185G/0220PB*
7. *FRECON-FR500A-4T-7,5G*
8. *CHINT NVF5-7.5/TS4-B*
9. *CFM310*
10. *NL1000 -7R5G4*

Ваги критеріїв для кожного приладу наведено в таблиці 3.3

Таблиця 3.3

Ваги критеріїв для частотно-регульованих приводів

	<i>Siemens SINAMICS G120</i>	<i>ABB ACS580</i>	<i>Schneider Electric Altivar 71</i>	<i>Danfoss VLT FC 302</i>	<i>Mitsubishi Electric FR-A800</i>	<i>NE300- 4T0185G/0220PB</i>	<i>FRECON- FR500A-4T- 7,5G</i>	<i>CHINT NNF5- 7.5/TS4-B</i>	<i>CFM310</i>	<i>NL1000 -7R5G4</i>
Ціна	1	0	3	3	2	1	0	1	2	1
Перевантажу- вальна здат- ність:	3	3	2	4	1	2	3	2	1	2
Клас енергое- фективності:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Функціональ- ність та дода- ткові можли- вості	2	2	1	0	2	1	0	1	1	1

Ідеальним значенням для критерію «ціна» у виборі частотно-регульованого приводу буде 0, для критерію «перевантажувальна здатність» ідеальне значення буде сягати 3, для критерію «клас енергоефективності» ідеальним значенням буде -1 а для критерію «Функціональність та додаткові можливості»-2.

Для підбору вагових одиниць за критерієм «ціна» слід брати до уваги ринкову ціну приладу, для критерію «перевантажувальна здатність» підбор вагових одиниць слід виконувати за відсотком перевантаження електродвигуна за силою струму, для критерію «клас енергоефективності» при підбиранні вагових одиниць слід брати до уваги економічний показник витрат електроенергії і для критерію «функціональність та додаткові можливості» вагові одиниці слід обирати за наявністю наступних можливостей:

- під'єднання до мережі промислового значення;
- підключення до комп'ютера та можливість керування пристроєм із його допомогою;
- переміщення панелі керування на певну відстань;
- збереження параметрів роботи у резервній копії;
- приєднання резистора для швидшої зупинки.

```

Вибер?ть пункт меню: 1
Введ?ть назви критер?їв через кому:
Ціна,Перевантажувальна здатність,Клас енергоефективності,Функціональність та додаткові можливості
Введ?ть ?deal для критер?ю 'Ц?на':
0
Введ?ть ?deal для критер?ю 'Перевантажувальна здатність':
3
Введ?ть ?deal для критер?ю 'Клас енергоефективності':
1
Введ?ть ?deal для критер?ю 'Функціональність та додатков? можливост?':
2
Введ?ть альтернативи та їх оц?нки за критер?ями:
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: Siemens SINAMICS G120
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Siemens SINAMICS G120' за критер?єм 'Ц?на': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Siemens SINAMICS G120' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 3
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Siemens SINAMICS G120' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Siemens SINAMICS G120' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 2
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: ABB ACS580
Введ?ть оц?нку альтернативи 'ABB ACS580' за критер?єм 'Ц?на': 0
Введ?ть оц?нку альтернативи 'ABB ACS580' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 3
Введ?ть оц?нку альтернативи 'ABB ACS580' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'ABB ACS580' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 2
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: Schneider Electric Altivar71
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Schneider Electric Altivar71' за критер?єм 'Ц?на': 3
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Schneider Electric Altivar71' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 2
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Schneider Electric Altivar71' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Schneider Electric Altivar71' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 1
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: Danfoss VLT FC302
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Danfoss VLT FC302' за критер?єм 'Ц?на': 3
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Danfoss VLT FC302' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 4
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Danfoss VLT FC302' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Danfoss VLT FC302' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 0
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: Mitsubishi Electric FR-A800
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Mitsubishi Electric FR-A800' за критер?єм 'Ц?на': 2
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Mitsubishi Electric FR-A800' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Mitsubishi Electric FR-A800' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'Mitsubishi Electric FR-A800' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 2
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: NE300-4T0185G
Введ?ть оц?нку альтернативи 'NE300-4T0185G' за критер?єм 'Ц?на': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'NE300-4T0185G' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 2
Введ?ть оц?нку альтернативи 'NE300-4T0185G' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'NE300-4T0185G' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 1
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: FRECON-FR500A
Введ?ть оц?нку альтернативи 'FRECON-FR500A' за критер?єм 'Ц?на': 0
Введ?ть оц?нку альтернативи 'FRECON-FR500A' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 3
Введ?ть оц?нку альтернативи 'FRECON-FR500A' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'FRECON-FR500A' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 0
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: CHINT NVF5
Введ?ть оц?нку альтернативи 'CHINT NVF5' за критер?єм 'Ц?на': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'CHINT NVF5' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 2
Введ?ть оц?нку альтернативи 'CHINT NVF5' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'CHINT NVF5' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 1
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: CFM310
Введ?ть оц?нку альтернативи 'CFM310' за критер?єм 'Ц?на': 2
Введ?ть оц?нку альтернативи 'CFM310' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'CFM310' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'CFM310' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 1
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу: NL1000-7R5G4
Введ?ть оц?нку альтернативи 'NL1000-7R5G4' за критер?єм 'Ц?на': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'NL1000-7R5G4' за критер?єм 'Перевантажувальна здатність': 2
Введ?ть оц?нку альтернативи 'NL1000-7R5G4' за критер?єм 'Клас енергоефективності': 1
Введ?ть оц?нку альтернативи 'NL1000-7R5G4' за критер?єм 'Функціональність та додатков? можливост?': 1
Введ?ть назву альтернативи або натисн?ть Enter для завершення вводу:
Меню:
1. Ввести критер?ї та оц?нки альтернатив
2. Метод сум?щеного ?деалу
3. Експертне опитування
4. Переглянути результати опитування
5. Завершити роботу програми
Вибер?ть пункт меню: 2
Найкраща альтернатива: ABB ACS580

```

Рисунок 3.10 – Обирання частотно-регульованого привоу

В наслідок роботи програми найкращим варіантом було обрано частотно-регульований привід *ABB ACS580*

3.6 Оцінка адекватності підбору

Математична модель

Згідно за математичною моделлю задачі для її логічного виконання потрібна відповідність наступних умов:

- $F(E) \leq E_Max$
- $F(T) \geq T_min$
- $F(A) \geq A_min$

де :

- E_Max дорівнює 210000 грн
- A_min дорівнює 1
- T_min дорівнює 1

У результаті виконаного підбору необхідного обладнання за методом суміщеного ідеалу, відбулося виконання всіх необхідних умов та критеріїв математичної моделі проблеми, так як:

$F(E) = 145878 + 48211 + 4000 = 198089$ грн, що відповідає обмеженню E_Max , яке дорівнює 210000 грн.

$F(T) = 1$, що відповідає вимозі T_min про працездатність системи у автоматичному та ручному режимах, замість просто ручного як це відбувалось раніше.

$F(A) = 1$, що відповідає вимозі A_min про наявності автоматизованого керування вузлом дренажних ємностей.

3.7 Використання експертного методу

Також, для перевірки результатів роботи програми в умовах багатокритеріального вибору був також використаний один з експертних методів. Класифікація експертних оцінок була розроблена одним з найбільш відомих та провідних фахівців у галузі експертного оцінювання – Ю.В. Сидельниковим, вона налічує більш ніж 70 видів оцінок. Оцінивши декілька методів, ми зупинились на методі Дельфі.

Він являє собою один з найперспективніших методів формування групової оцінки експертів. Його особливістю є відмова від спільної роботи експертів з метою уникнення конформізму. Процедура експертного опитування складається з кількох ітерацій, кожна з яких починається з письмового індивідуального опитування і завершується машинною обробкою отриманих даних. У першому циклі думка експертів висловлюється без аргументів, а в наступних до уваги береться аргументація суджень. Отримана інформація узагальнено повідомляється, після

чого починається наступна ітерація. Процедури методу Дельфі характеризуються анонімністю, регульованим зворотнім зв'язком та груповою відповіддю.

Проведено експертне опитування методом Дельфі серед працівників Бюро Автоматизації Шламових Систем: Начальника Бюро-Савенко Михайла Валерійовича та інженерів з Автоматизованих систем керування виробництвом - Собчука Владислава Олеговича, Паламарчука Богдана В'ячеславовича, Карпачова Станіслава Олександровича, Могилюка Андрія Віталійовича.

```

Меню:
1. Ввести критерії та оцінки альтернатив
2. Метод сум'язного ?деалу
3. Експертне опитування
4. Переглянути результати опитування
5. Завершити роботу програми
Вибрати пункт меню: 3
Експертне опитування:
Експерт 1:
1. Введіть ПІБ: Савенко Михайло Валерійович
2. Введіть посаду: Начальник Бюро АСК
3. Який би датчик рівня ви обрали ? чому? Prosonic T FMU30, через його простоту в параметризації та інтеграції з існуючими обладнаннями
4. Який би поплавковий вимикач ви обрали ? чому? Я би обрав Grundfos FS1 через його відношення ціна/якість
5. Який би ви ЧРП обрали ? чому? Siemens g120, через те, що керуєчне обладнання на об'єкті також від фірми SIEMENS, це досить спрощує його інтеграцію
Експерт 2:
1. Введіть ПІБ: Карпачов Станіслав Олександрович
2. Введіть посаду: Інженер АСКВ
3. Який би датчик рівня ви обрали ? чому? Prosonic T FMU 30, через те що в мене є досвід з його обслуговування, параметризації та інтеграції до АСКВ
4. Який би поплавковий вимикач ви обрали ? чому? Liquitfloat FTS20, через те що він дуже надійно зарекомендував себе в умовах експлуатації в пульпі 20-40% щільності
5. Який би ви ЧРП обрали ? чому? ACS580 через те що, всі інші ЧРП на комплексі встановлені від ABB
Експерт 3:
1. Введіть ПІБ: Паламарчук Богдан Вячеславович
2. Введіть посаду: Інженер АСКВ
3. Який би датчик рівня ви обрали ? чому? Prosonic t FMU30, через те що вони дуже прості в експлуатації, а також можлива параметризація з телефону
4. Який би поплавковий вимикач ви обрали ? чому? Grundfos FS1, обладнання від цієї фірми добре себе зарекомендувало працюючи в умовах нашого виробництва
5. Який би ви ЧРП обрали ? чому? ABB ACS580, через те що в мене, вже є досвід його інтеграції до існуючої системи
Експерт 4:
1. Введіть ПІБ: Собчук Владислав Олегович
2. Введіть посаду: Інженер АСКВ
3. Який би датчик рівня ви обрали ? чому? Prosonic T FMU30, через те що він повністю відповідає поставленій задачі та має досить простий принцип вимірювання ультразвукового типу
4. Який би поплавковий вимикач ви обрали ? чому? FTS20, через те що вони вже встановлені на нашому об'єкті і можлива заміна їх у випадку поломки
5. Який би ви ЧРП обрали ? чому? ABB ACS580, через можливість параметризації його шляхом викачування параметрів з іншого ЧРП, таким чином цей процес буде сягати секунди а не години
Експерт 5:
1. Введіть ПІБ: Могилюк Андрій Віталійович
2. Введіть посаду: Інженер АСКВ
3. Який би датчик рівня ви обрали ? чому? FMU30 через те, що я вже маю досвід роботи з таким обладнанням, він має досить простий інтерфейс параметризації, який можна використовувати навіть в своєму телефоні
4. Який би поплавковий вимикач ви обрали ? чому? FTS20, тому що за 3,5 роки експлуатації його в агресивному середовищі пульпи щільністю до 50% до нього жодного разу не було нарікань
5. Який би ви ЧРП обрали ? чому? SIEMENS G120, цікаво дослідити таке обладнання та попрацювати з ним, до того ж він має перевагу в інтеграції до системи через те, що всі керуючі елементи АСКВ виконані на базі обладнання SIEMENS

```

Рисунок 3.11- Одна з ітерацій експертного опитування

Оцінка всієї сукупності ознак провадиться шляхом підсумовування оцінок ознак, помножених на їхню середню значимість:

$$P = \sum_{i=1}^k b_i x_i$$

Формула 3.1 Оцінка всієї сукупності ознак

Визначаємо середню оцінку кожної альтернативи за кожним критерієм

$$x_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}^k, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, K}.$$

Формула 3.2 Середня оцінка кожної альтернативи за кожним критерієм

Де x_{ij}^k оцінка i – ої альтернативи, j – им експертом за k – м критерієм. Ми пропонуємо враховувати вагу експерта, тоді формула розрахунку набуде вигляду:

$$x_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n w_j x_{ij}^k}{\sum_{j=1}^n w_j}, \quad \text{де } w_j - \text{вага } j - \text{го експерта.}$$

Формула 3.3 Оцінка з врахуванням ваги експерта

Логічно, що оцінки експерта з більш високою вагою мають перевагу перед оцінками менш компетентних експертів.

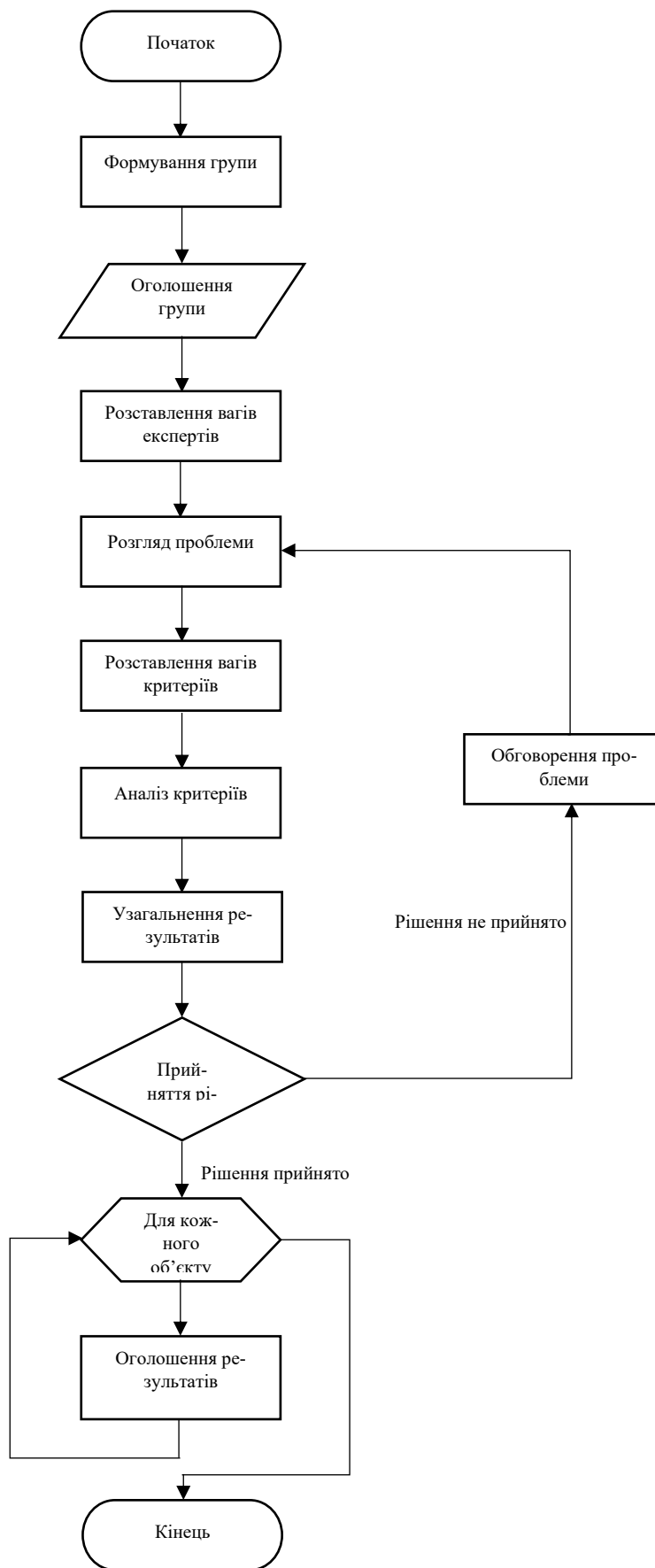


Рисунок 3.12 – Алгоритм методу Дельфі

Як вагу експерта можна взяти відповідні кількісні значення (2, 3, 5), після нормування коефіцієнти = $1/5$, $3/10$, $1/2$.

Для визначення ваги думки експерта слід брати до уваги займану посаду та досвід роботи. За цим принципом, ваги експертів будуть виглядати наступним чином:

Таблиця 3.4

Таблиця вагів експертної думки

ПІБ експерта	Досвід Роботи	Займана по- сада	Вага екс- перта	Нор- мо- вані ваги експе- ртів
Савенко Михайло Валері- йович	7 років	Начальник Бюро	5	1/3
Паламарчук Богдан В'яче- славович	4.5 роки	Інженер АСКВ	3	1/5
Собчук Владислав Олега- вич	5 років	Інженер АСКВ	3	1/5
Карпачов Станіслав Олек- сандрович	3.5 роки	Інженер АСКВ	2	2/15
Могилюк Андрій Віталійо- вич	3.5 роки	Інженер АСКВ	2	2/15

Таблиця 3.5

Таблиця вагів критеріїв

	Савенко Михайло Валерійо- вич	Паламарчук Богдан В'ячеславо- вич	Собчук Владислав Олегович	Карпачов Станіслав Олександр- ович	Могилюк Андрій Ві- талійович	Агрего- вані ваги
Ціна рів- неміра	0,1	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07
Простота інтеграції та експлу- атації	0,15	0,07	0,07	0,1	0,1	0,12
наявність <i>BlueTooth</i>	0,05	0,1	0,1	0,17	0,17	0,12
Розмір рівнеміра	0,02	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05
Ціна ви- микача поплавко- вого типу	0,15	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08
ступінь за- хисту	0,1	0,07	0,07	0,15	0,15	0,11
простота пристрою	0,1	0,07	0,1	0,1	0,15	0,10
Розмір ви- микача поплавко- вого типу	0,05	0,02	0,03	0,05	0,05	0,04
Ціна час- отно-ре- гульова- ного при- воду	0,2	0,04	0,04	0,07	0,07	0,08
Переван- тажува- льна здат- ність	0,1	0,15	0,07	0,07	0,1	0,10
Клас енер- гоефекти- вності:	0,08	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06

Функціональність та додаткові можливості	0,05	0,15	0,17	0,06	0,05	0,10
--	------	------	------	------	------	------

Математична модель обробки експертних оцінок

Нехай n експертів провели оцінку n альтернатив за k критеріями. Результати оцінки представлені у вигляді величин x_{ij}^h , де j – номер експерта, i – номер альтернативи, h – номер критерія.

Оцінку альтернатив виконуємо методом безпосередньої оцінки, тоді величини $x_{ij}^h (i=1, \dots, n; j=1, 2, \dots, n; h=1, 2, \dots, k)$ являють собою бали.

Для отримання групової оцінки альтернатив у разі можна скористатися середнім значенням оцінки кожної альтернативи.

$$x_i = \sum_{h=1}^k \sum_{j=1}^n b_h x_{ij}^h w_j \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

Формула 3.4 Групова оцінка альтернатив

де b_h – коефіцієнти ваг критеріїв, w_j – коефіцієнти ваг експертів.

Коефіцієнти ваг критеріїв та коефіцієнти ваг експертів мають бути нормованими величинами, тобто

$$\sum_{h=1}^k b_h = 1; \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1.$$

Формула 3.5 Нормування коефіцієнтів ваг критеріїв та коефіцієнтів ваг експертів

При виконанні обчислень одержали наступні результати:

Таблиця 3.6

Таблиця результатів вибору рівнеміру

	<i>Start Italiana</i>	<i>PTL L-sens</i>	<i>VEGAPULS 11</i>	<i>M30 level sensor</i>	<i>Prosonic T FMU30</i>	<i>Yoke CW-100</i>	<i>Standex LS01</i>	<i>LFR- ACTTAAMHK -AX</i>	<i>ML-8 Ultrasonic Level Meter</i>	<i>UNAM 50I6121</i>
Ціна	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,25	0,25	0,3	0,15
Простота інтеграції та експлуатації	0,15	0,05	0,1	0,2	0,3	0,25	0,1	0,25	0,15	0,05
наявність <i>BlueTooth</i>	0,05	0,05	0,05	0,2	0,25	0,05	0,15	0,05	0,1	0,2

Розмір	0,25	0,25	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2	0,25	0,2	0,15
Сума для альтернативи	0,75	0,65	0,7	0,75	0,9	0,75	0,7	0,8	0,75	0,55

Таблиця 3.7

Таблиця результатів вибору вимикача поплавкового типу

	<i>Pedrollo MAC 5 PVC</i>	<i>Liquifloat FTS20</i>	<i>float ball switch FTL31-13E0</i>	<i>Level switch model MXT-82261CLO</i>	<i>Grundfos FS1</i>	<i>RLS-5000</i>	<i>FloatSwitch LFL2- **-U</i>	<i>SB-025HM010</i>	<i>Honeywell LRNH31S42</i>	<i>float switch 2000</i>
Ціна	0,25	0,3	0,1	0,15	0,3	0,25	0,15	0,25	0,15	0,1
ступінь захи- сту	0,05	0,45	0,1	0,2	0,4	0,2	0,25	0,15	0,2	0,25
простота пристрою	0,2	0,15	0,15	0,1	0,15	0,15	0,2	0,3	0,2	0,15
Розмір	0,1	0,2	0,15	0,2	0,1	0,15	0,25	0,2	0,1	0,15
Сума для альтернативи	0,6	1,1	0,5	0,65	0,95	0,75	0,85	0,9	0,65	0,65

Таблиця 3.8

Таблиця результатів вибору частотного-регульованого перетворювача

	<i>Siemens SINAMICS G120</i>	<i>ABB ACS580</i>	<i>Schneider Electric Altivar 71</i>	<i>Danfoss VLT FC 302</i>	<i>Mitsubishi Electric FR-A800</i>	<i>NE300- 4T0185G/0220PB</i>	<i>FRECON- FR500A-4T- 7.5C</i>	<i>CHINT NVF5- 7.5/TS4-B</i>	<i>CFM310</i>	<i>NL1000 -7R5G4</i>
Ціна	0,4	0,25	0,15	0,15	0,3	0,2	0,2	0,05	0,1	0,15
Перевантажу- вальна здат- ність:	0,2	0,25	0,2	0,2	0,25	0,15	0,05	0,2	0,25	0,25
Клас енергое- фективності:	0,1	0,15	0,15	0,05	0,1	0,1	0,15	0,25	0,05	0,2

Функціональність та додаткові можливості	0,2	0,2	0,1	0,2	0,15	0,15	0,25	0,2	0,25	0,15
Сума для альтернативи	0,9	0,85	0,6	0,6	0,8	0,6	0,65	0,7	0,65	0,75

```

Меню:
1. Ввести критерії та оцінки альтернатив
2. Метод суміщеного ідеалу
3. Експертне опитування
4. Переглянути результати опитування
5. Завершити роботу програми
Вибірть пункт меню: 4
Результати експертного опитування:
Експерт: Савенко Михайло Валерійович
Посада: Начальник Бюро АШС
Датчик рівня: Prosonic T FMU30, через його простоту в параметризації та інтеграції з існуючим обладнанням
Поплачковий вимикач: Я би обрав Grundfos FS1 через його відношення ціна/якість
ЧРП: Siemens g120, через те, що керує обладнання на об'єкті також від фірми SIEMENS, це досить спрощує його інтеграцію
Експерт: Карпачов Станіслав Олександрович
Посада: Інженер АСКВ
Датчик рівня: Prosonic T FMU30, через те що в мене є досвід з його обслуговування, параметризації та інтеграції до АСКВ
Поплачковий вимикач: Liquifloat FTS20, через те що він дуже надійно зарекомендував себе в умовах експлуатації в пульсі 20-40% щільності
ЧРП: ACS580 через те що, всі? Ні? ЧРП на комплекс? встановлені? від ABB
Експерт: Паламарчук Богдан Вячеславович
Посада: Інженер АСКВ
Датчик рівня: Prosonic T FMU30, через те що вони дуже прості в експлуатації, а також можлива параметризація з телефону
Поплачковий вимикач: Grundfos FS1, обладнання від цієї фірми добре себе зарекомендувало працюючи в умовах нашого виробництва
ЧРП: ABB ACS580, через те що в мене, вже є досвід його інтеграції до існуючої системи
Експерт: Собчук Владислав Олегович
Посада: Інженер АСКВ
Датчик рівня: Prosonic T FMU30, через те що він повністю відповідає поставленій задачі та має досить простий принцип вимірювання ультразвукового типу
Поплачковий вимикач: FTS20, тому що за 3,5 роки експлуатації його в агресивному середовищі пульси цілком стабільно до 50% до нього кожного разу не було нарікань
ЧРП: ABB ACS580, через можливість параметризації його шляхом виконання параметрів з іншого ЧРП, таким чином цей процес буде сягати секунди а не години
Експерт: Могилук Андрій Віталійович
Посада: Інженер АСКВ
Датчик рівня: FMU30 через те, що я вже має досвід роботи з таким обладнанням, він має досить простий інтерфейс параметризації, який можна використовувати навіть в своєму телефоні
Поплачковий вимикач: FTS20, тому що за 3,5 роки експлуатації його в агресивному середовищі пульси цілком стабільно до 50% до нього кожного разу не було нарікань
ЧРП: SIEMENS G120, цікаво дослідити таке обладнання та попрацювати з ним, до того ж він має перевагу в інтеграції до системи через те, що всі керуючі елементи АСКВ виконані на базі обладнання SIEMENS

```

Рисунок 3.13 - Вивід результатів опитування для порівняння

3.8 Висновки

У даному розділі було проведено дослідження, в ході якого перевірялась правильність та оптимальність вибору комплектуючих деталей для запропонованого нами, у другому розділі, вдосконалення системи керування роботою дренажних ємностей високовиробничих згущувачів.

У 3 розділі виконані наступні роботи:

1. Аналіз наукових та інженерних підходів, пов'язаних з багатокритеріальним вибором альтернатив;
2. Проведено системний аналіз багатокритеріального вибору альтернатив;
3. Розроблено математичну модель та використано метод суміщеного ідеалу для даної предметної галузі;
4. Створено програмний продукт для автоматизації метода суміщеного ідеалу;
5. Розроблено математичну модель та використано експертний метод Делфі для даної предметної галузі;
6. Створено програмний продукт для автоматизації експертного метода Делфі;
7. Перевірено на практиці роботу створеного програмного забезпечення;

8. Проаналізовано результати використання багатокритеріальних методів: суміщеного ідеалу та експертного методу Делфі.

У результаті аналізу та співставлення вихідних даних, отриманих двома різними методами, можна зробити наступні висновки:

Результати роботи методів співпадають на 66,6% або 2/3.

Внаслідок виконання підбору необхідного обладнання для реалізації АСКВ дренажних ємностей високотоварних згущувачів діаметром 62 метри за допомогою програмної реалізації методу суміщеного ідеалу та програмної реалізації методу Делфі, було обрано оптимальний набір компонентів, які задовольняють умовам математичних моделей, створених спеціально для цього дослідження та надають можливість впровадити запропоноване вдосконалення системи автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей.

ВИСНОВКИ

В першому розділі було розглянуто предметну область, комплекс згущування пульпи цеху шламового господарства АТ «Південний ГЗК», проілюстровано та описано принцип роботи високовиробничого згущувача діаметром 62 метри та станцій приготування, дозування і розбавлення розчину флокулянту, проаналізовано систему автоматичного змащення, розглянуто електронні блоки керування приводами запірної арматури, було описано комплекс програмних рішень, інтерфейс автоматизованого робочого місця оператора, людинно-машинні інтерфейси згущувачі та станцій приготування флокулянту автоматизованої системи керування виробництвом.

В другому розділі було освітлено проблему, що виникла в поточній експлуатації автоматизованої системи керування виробництвом комплексу згущування хвостів хвостового господарства цеха шламових систем АТ «ПівдГЗК», таку як недостатня автоматизація роботи дренажних насосів згущувачів.

Для вирішення проблеми нами була розроблена автоматизована система керування виробництвом для насосів дренажних ємностей високовиробничих згущувачів з власним людинно-машинним інтерфейсом та апаратною складовою у вигляді частотно-регульованого приводу, датчику рівня та двох поплавкових вимикачів.

У другому розділі виконані наступні роботи:

- 1.Розробка оптимізаційної пропозиції з удосконалення вузла дренажних ємностей високовиробничих згущувачів;
2. Розроблено графічну оболонку для людинно-машинного інтерфейсу АСКВ;
- 3.Розроблено алгоритм виконання операцій АСКВ;
- 4.Розроблено лічильник підрахунку мотогодин для насосного обладнання;
- 5.Розроблено селектор переключення режимів роботи (Руч/Авто) ;
- 6.Створено програмний продукт для автоматизації насосів дренажних ємностей високовиробничих згущувачів;

					КНУ.РМ.123.23.11.В			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літера	Арквш	Аркувшів
Розробив		Могилюк					84	101
Перевірив		Вдовиченко						
Н.контроль		Кузнєцов						
Затвердив		Купін			КІ-22м			

Інтеграція цієї системи до існуючої АСКВ допоможе досягти економічного ефекту через автоматичний режим роботи, а саме:

- двигун насосу буде мати захисти від перегріву,
- поступовий Стоп/Старт,
- не буде необхідності в ручному відкачуванні дренажних ємностей технологічним персоналом.

У третьому розділі було проведено дослідження, в ході якого перевірялась правильність та оптимальність вибору комплектуючих деталей для запропонованого нами, у другому розділі, вдосконалення системи керування роботою дренажних ємностей високовиробничих згущувачів.

У 3 розділі виконані наступні роботи:

1. Аналіз наукових та інженерних підходів, пов'язаних з багатокритеріальним вибором альтернатив;
2. Проведено системний аналіз багатокритеріального вибору альтернатив;
3. Розроблено математичну модель та використано метод суміщеного ідеалу для даної предметної галузі;
4. Створено програмний продукт для автоматизації метода суміщеного ідеалу;
5. Розроблено математичну модель та використано експертний метод Делфі для даної предметної галузі;
6. Створено програмний продукт для автоматизації експертного метода Делфі.
7. Перевірено на практиці роботу створеного програмного забезпечення;
8. Проаналізовано результати використання багатокритеріальних методів: суміщеного ідеалу та експертного методу Делфі.

У результаті аналізу та співставлення вихідних даних, отриманих двома різними методами, можна зробити наступні висновки:

Результати роботи методів співпадають на 66,6% або 2/3.

Внаслідок виконання підбору необхідного обладнання для реалізації АСКВ дренажних ємностей високовиробничих згущувачів діаметром 62 метри за допомогою програмної реалізації методу суміщеного ідеалу та програмної реалізації методу Делфі, було обрано оптимальний набір компонентів, які задовольняють умовам математичних моделей, створених спеціально для цього дослідження та надають можливість впровадити запропоноване вдосконалення системи автоматизованого керування виробництвом дренажних ємностей.

Таким чином, у кваліфікаційній роботі магістра виконані наступні завдання:

1. Виявлено недолік в вузлі дренажних ємностей згущувачів.

2. Запропоновано метод вдосконалення існуючої автоматизованої системи керування виробництвом комплексу згущування хвостів.
3. Розроблено програмний продукт для автоматизації вузла дренажних ємностей високотоварних згущувачів.
4. Виконано дослідження оптимальності вибору комплектуючих методами суміщеного ідеалу та Делфі.
5. Розроблено програмний продукт для використання кожного з методів.
6. Проведено експеримент.
7. Виконано аналіз та порівняння результатів роботи програм.

Всі поставлені в роботі завдання виконано.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Державні Будівельні Норми України. 2012 р. ДБН В.2.4-5:2012 Хвостосховища і шламонакопичувачі.
2. TENOVA DELKOR. Пояснительная записка «Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию высокопроизводительного сгустителя диаметром 62 метра»
3. ENGINEERING DOBERSEK Gmbh. Пояснительная записка «Краткое технологическое описание схемы работы узла сгущения».
4. Офіційний сайт компанії АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат». ПІВДЕННИЙ ГЗК ВВІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ КОМПЛЕКС СГУЩЕННЯ ПУЛЬПИ
URL: https://www.ugok.com.ua/ua/news/detail.php?ELEMENT_ID=683
(дата звернення 07.05.2023)
5. Офіційний сайт компанії Metso. Beginners guide to thickeners. URL: <https://www.mogroup.com/insights/blog/mining-and-metals/beginners-guide-to-thickeners/> (дата звернення 12.06.2023)
6. Офіційний сайт компанії Flsmidth. Mining Slurry Pump Solutions. URL: <https://www.flsmidth.com/en-gb/solutions/solutions-to-meet-your-productivity-and-sustainability-targets> (дата звернення 19.06.2023)
7. Офіційний сайт компанії JXS. Mineral Thickener. URL: <https://mineraldressing.com/equipment/thickener/> (дата звернення 04.07.2023)
8. Офіційний сайт компанії P&P Dosierttechnik. Equipment for powder products. URL: <https://www.pp-dosierttechnik.com/en/products/anlagen-fuer-pulverpolymer/> (дата звернення 07.07.2023)
9. Офіційний сайт компанії Endress+Hauser. URL: https://portal.endress.com/dla/5000844/7624/000/00/AI01038U11EN_thickener.pdf
(дата звернення 15.07.2023)
10. Офіційний сайт компанії ABB. ACS580 drives standard control program firmware,
URL: https://library.e.abb.com/public/55cb1c4ce35c4581a0a0ad-fedbbf6888/EN_ACS580_standard_control_program_FW_E_A5.pdf?x-sign=r6vQLprOHjyPUzbIYWmTlI9BRGY08dXs1etY3IdtM0Ku-KuV2hU6481nMyQ1JwZZn (дата звернення 25.07.2023)

					КНУ.РМ.123.23.11.СВД			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Могилюк						
Перевірив		Вдовиченко					87	101
						КІ-22М		
Н.контроль		Кузнєцов						
Затвердив		Купін						

11. J. Lu, C. Rogers, V. P. Manno, A. Philipossian, S. Anjur, M. Moinpour. Measurements of Slurry Film Thickness and Wafer Drag during CMP. Journal of The Electrochemical Society, 151. 2004. G241-G247.
12. А. О. Бобух. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник — Харків: ХНАМГ, 2006. — 185 с.
13. Офіційний сайт компанії Siemens. Documentation for the automation system S7-1500 and the ET 200MP distributed -I/O system. URL: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109742691/documentation-for-the-automation-system-s7-1500-and-the-et-200mp-distributed-i-o-system?dti=0&lc=en-IT> (дата звернення 13.08.2023)
14. Jason Edelman. Network Programmability and Automation: Skills for the Next-Generation Network Engineer 1st Edition, O'Reilly, 2018, 584 с
15. K S Manoj. Industrial Automation with SCADA: Concepts, Communications and Security. Notion Press, 2019, 240 с.
16. Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security, SP800-82 Rev2, National Institute of Standards and Technology, May 2015.
17. Офіційний сайт компанії Siemens. TIA Portal. URL: <https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/prohramne-zabezpechennya-dlya-promyslovosti/prohramne-zabezpechennya-dlya-avtomatyzatsiyi/tia-portal.html> (дата звернення 13.09.2023)
18. Тоценко В.Г. Метод підтримки прийняття рішень на основі цільового динамічного оцінювання альтернатив з урахуванням ймовірностей їх реалізації / Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2001. — Т. 3, № 4. — С. 102–109.
19. Гнатієнко Г.М., Снитюк В.Є. Експертні технології прийняття рішень: Монографія. – К.: ТОВ «Маклаут», 2008. – 444 с
20. B. Zlaugotne, L. Zihare, L. Balode, A. Kalnbalkšite, A. Khabdullin, D. Blumberga. Multi-Criteria Decision Analysis Methods Comparison. Environmental and Climate Technologies, vol. 24, pp. 454-471, 2020.

ДОДАТКИ

Додаток А. Лістинг програмної реалізації методу суміщеного ідеалу

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;

namespace MultiCriteriaDecisionMaking
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            List<ExpertOpinion> expertOpinions = new List<ExpertOpinion>(); // До-
            дайте список для збереження результатів опитування
            List<Alternative> alternatives = new List<Alternative>(); // До-
            дайте список для збереження альтернатив
            Dictionary<string, double> ideal = null; // Оголосіть ideal перед вико-
            ристанням
            string[] criteria = null; // Оголосіть criteria перед використанням

            while (true)
            {
                Console.WriteLine("Меню:");
                Console.WriteLine("1. Ввести критерії та оцінки альтернатив");
                Console.WriteLine("2. Метод суміщеного ідеалу");
                Console.WriteLine("3. Експертне опитування");
                Console.WriteLine("4. Переглянути результати опитування");
                Console.WriteLine("5. Завершити роботу програми");
                Console.Write("Виберіть пункт меню: ");
                string choice = Console.ReadLine();

                switch (choice)
                {
                    case "1":
                        // Введення критеріїв та оцінки альтернатив
                        Console.WriteLine("Введіть назви критеріїв через кому:");
                        criteria = Console.ReadLine().Split(',');

                        ideal = new Dictionary<string, double>();
                        foreach (string criterion in criteria)
                        {
```

```

        Console.WriteLine($"Введіть ідеал для критерію '{criterion}':");
        double idealValue = double.Parse(Console.ReadLine());
        ideal.Add(criterion, idealValue);
    }

    Console.WriteLine("Введіть альтернативи та їх оцінки за критері-
ями:");
    alternatives.Clear();
    while (true)
    {
        Console.Write("Введіть назву альтернативи або натисніть Enter
для завершення вводу: ");
        string alternativeName = Console.ReadLine();
        if (string.IsNullOrEmpty(alternativeName))
            break;
        Dictionary<string, double> criteriaValues = new Dictionary<string,
double>();
        foreach (string criterion in criteria)
        {
            Console.WriteLine($"Введіть оцінку альтернативи
'{alternativeName}' за критерієм '{criterion}': ");
            double criterionValue = double.Parse(Console.ReadLine());
            criteriaValues.Add(criterion, criterionValue);
        }
        alternatives.Add(new Alternative(alternativeName, criteriaValues));
    }

    break;

    case "2":
        // Метод суміщеного ідеалу
        if (alternatives.Count == 0 || ideal.Count == 0)
        {
            Console.WriteLine("Спершу введіть критерії та оцінки альтерна-
тив.");
        }
        else
        {
            foreach (Alternative alternative in alternatives)
            {
                double weightedSum = 0;

```

```

        foreach (string criterion in criteria)
        {
            double idealValue = ideal[criterion];
            double criterionValue = alternative.CriteriaValues[criterion];
            weightedSum += criterionValue <= idealValue ? criterionValue
/ idealValue : idealValue / criterionValue;
        }
        alternative.WeightedSum = weightedSum;
    }
    Alternative bestAlternative = alternatives.OrderBy(a =>
a.WeightedSum).FirstOrDefault();
    Console.WriteLine($"Найкраща альтернатива:
{bestAlternative.Name}");
    }
}

```

break;

```

        case "3":
            // Експертне опитування
            Console.WriteLine("Експерт-
тне опитування:");
            for (int i = 0; i < 5; i++)
            {
                Console.WriteLine($"Експерт {i + 1}:");
                ExpertOpinion expertOpinion = new ExpertOpinion();
                Console.Write("1. Введіть ПІБ: ");
                expertOpinion.Name = Console.ReadLine();
                Console.Write("2. Введіть посаду: ");
                expertOpinion.Position = Console.ReadLine();
                Console.Write("3. Який би датчик рівня ви обрали і чому? ");
                expertOpinion.SensorChoice = Console.ReadLine();
                Console.Write("4. Який би поплавковий вимикач ви обрали і
чому? ");
                expertOpinion.FloatSwitchChoice = Console.ReadLine();
                Console.Write("5. Який би ви ЧРП обрали і чому? ");
                expertOpinion.PumpChoice = Console.ReadLine();

                expertOpinions.Add(expertOpinion);
            }
            break;

        case "4":

```

```
// Переглянути результати опитування
Console.WriteLine("Результати експертного опитування:");
foreach (var expertOpinion in expertOpinions)
{
    Console.WriteLine($"Експерт: {expertOpinion.Name}");
    Console.WriteLine($"Посада: {expertOpinion.Position}");
    Console.WriteLine($"Датчик рівня:
{expertOpinion.SensorChoice}");
    Console.WriteLine($"Поплавковий вимикач:
{expertOpinion.FloatSwitchChoice}");
    Console.WriteLine($"ЧПІ: {expertOpinion.PumpChoice}");
    Console.WriteLine();
}
break;

case "5":
    // Завершення роботи програми
    Console.WriteLine("Програма завершила роботу.");
    return;

default:
    Console.WriteLine("Невірний вибір. Спробуйте ще раз.");
    break;
}
}
}

}

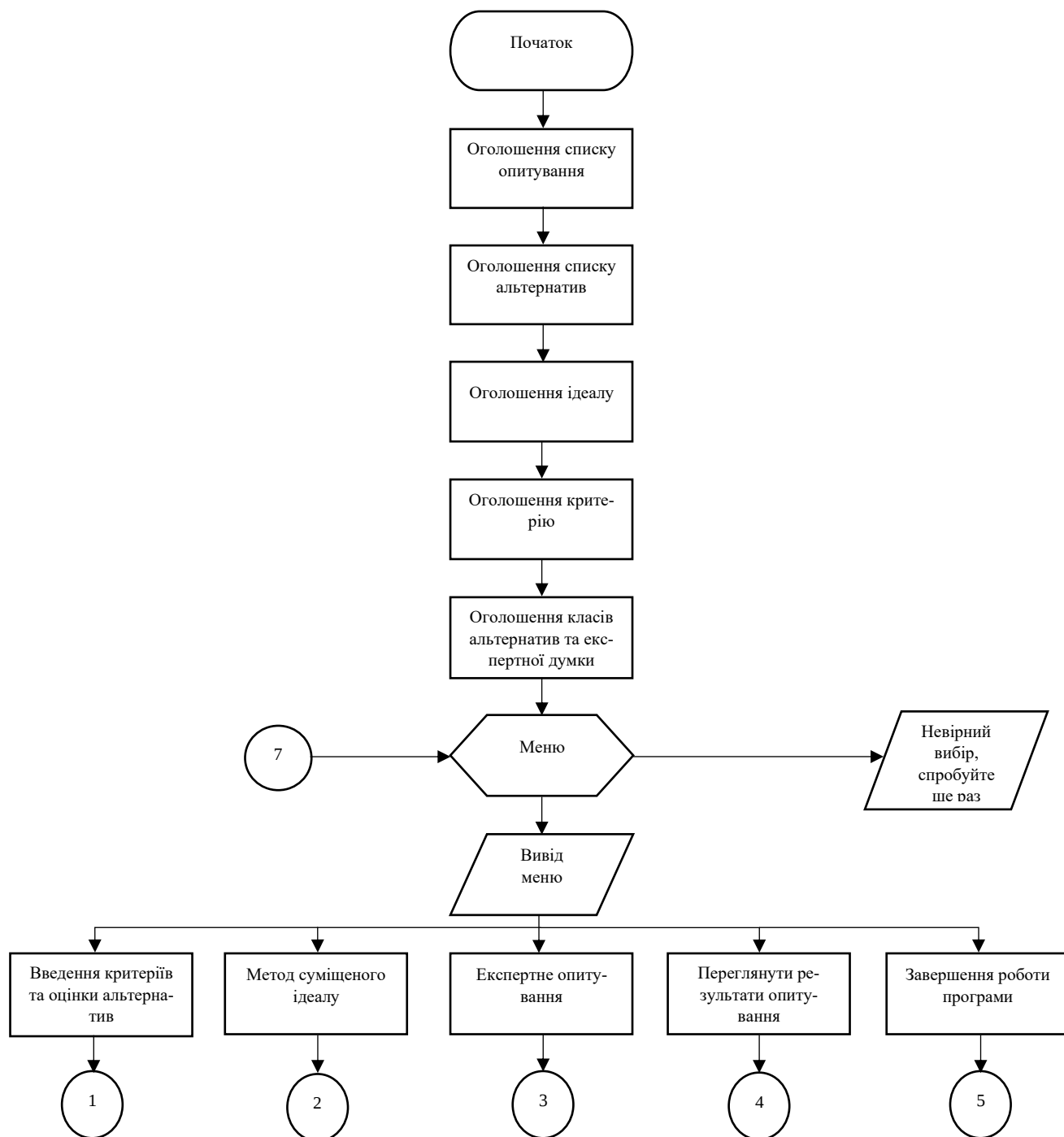
class Alternative
{
    public string Name { get; set; }
    public Dictionary<string, double> CriteriaValues { get; set; }
    public double WeightedSum { get; set; }
    public Alternative(string name, Dictionary<string, double> criteriaValues)
    {
        Name = name;
        CriteriaValues = criteriaValues;
    }
}

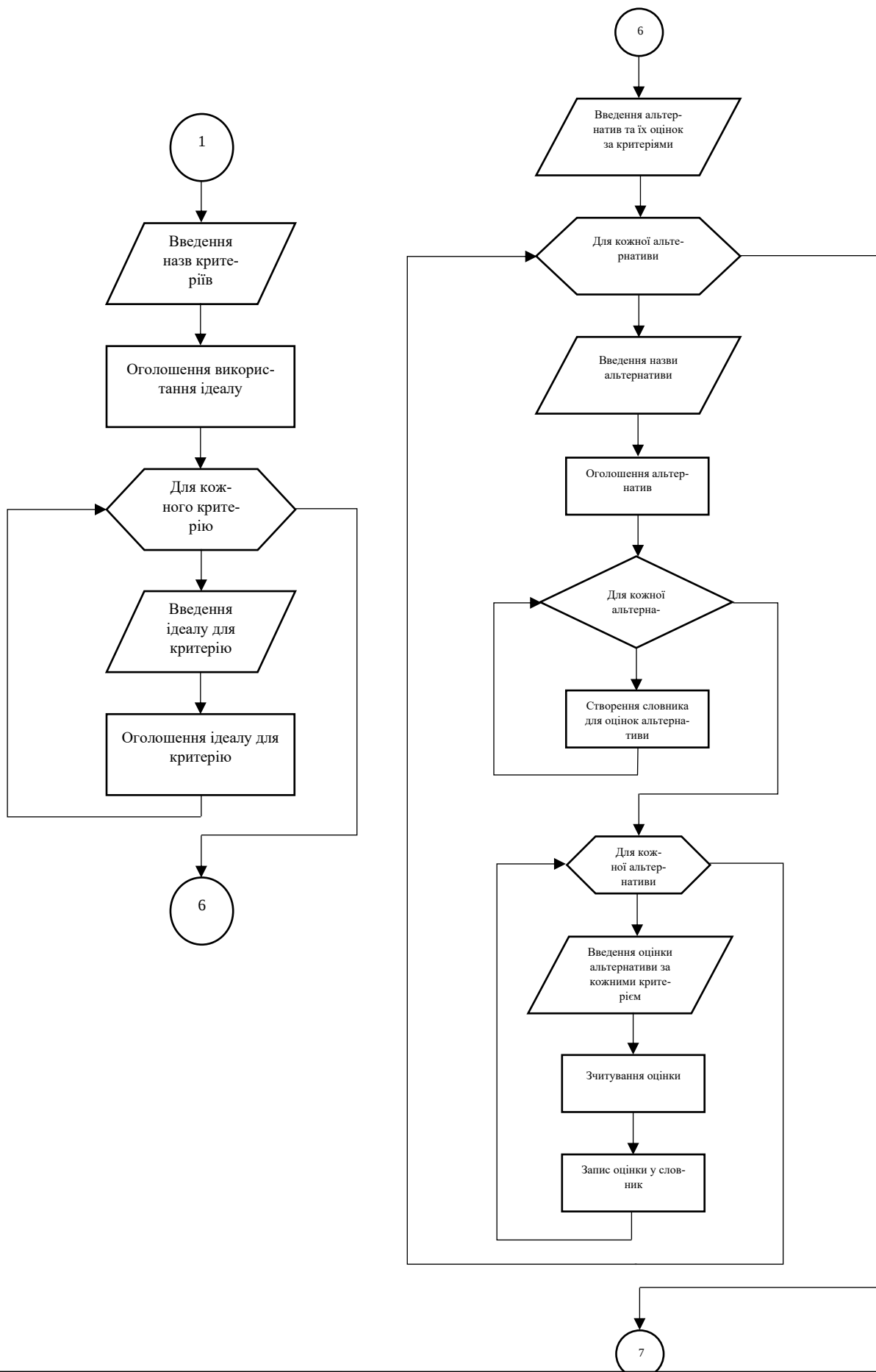
class ExpertOpinion
{

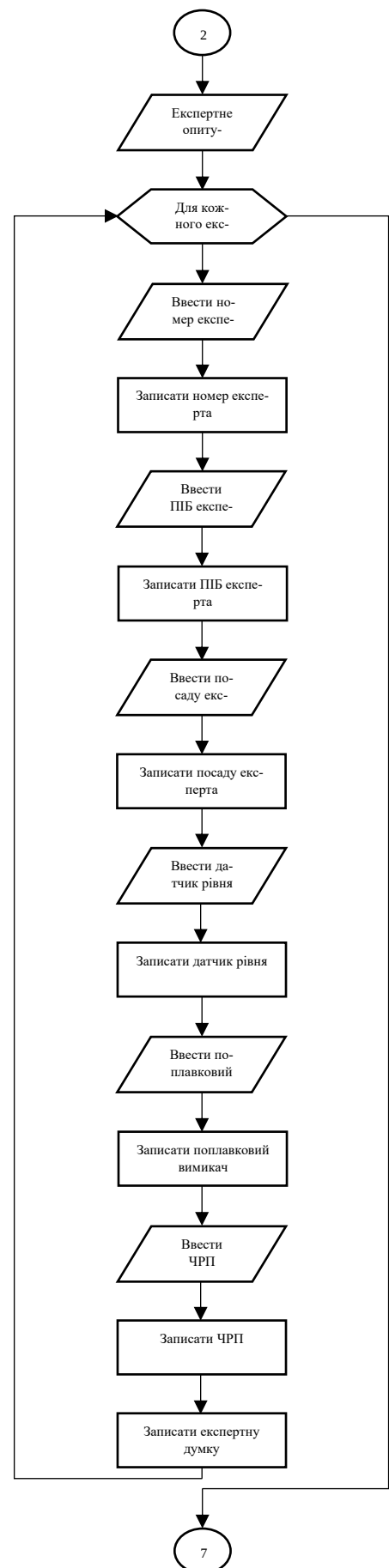
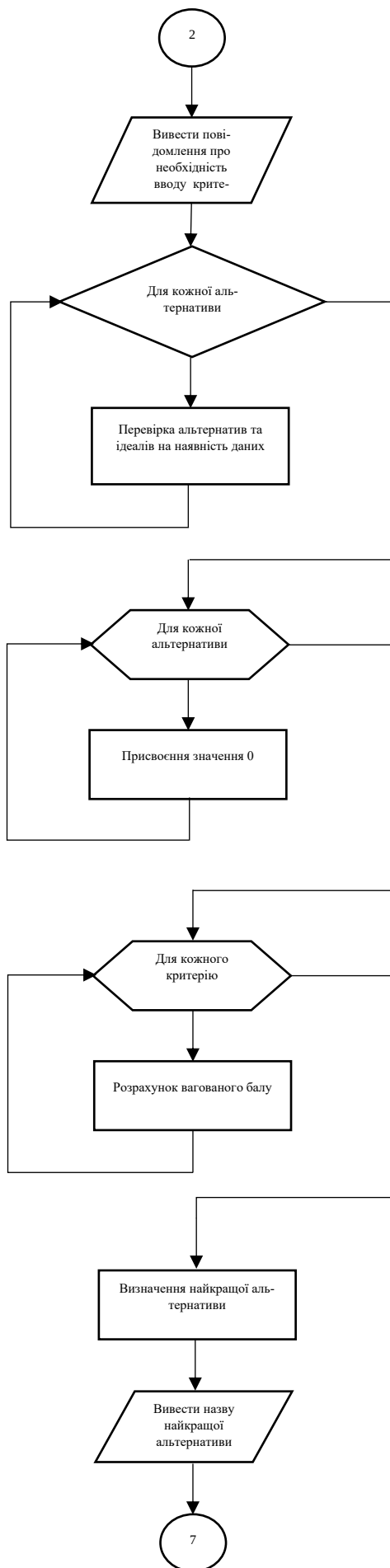
```

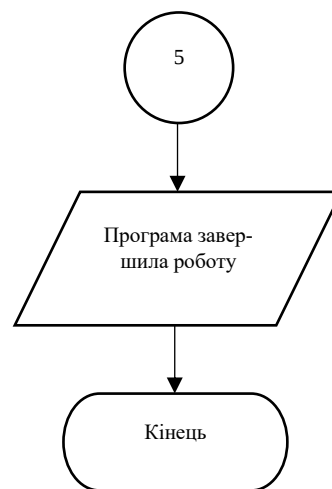
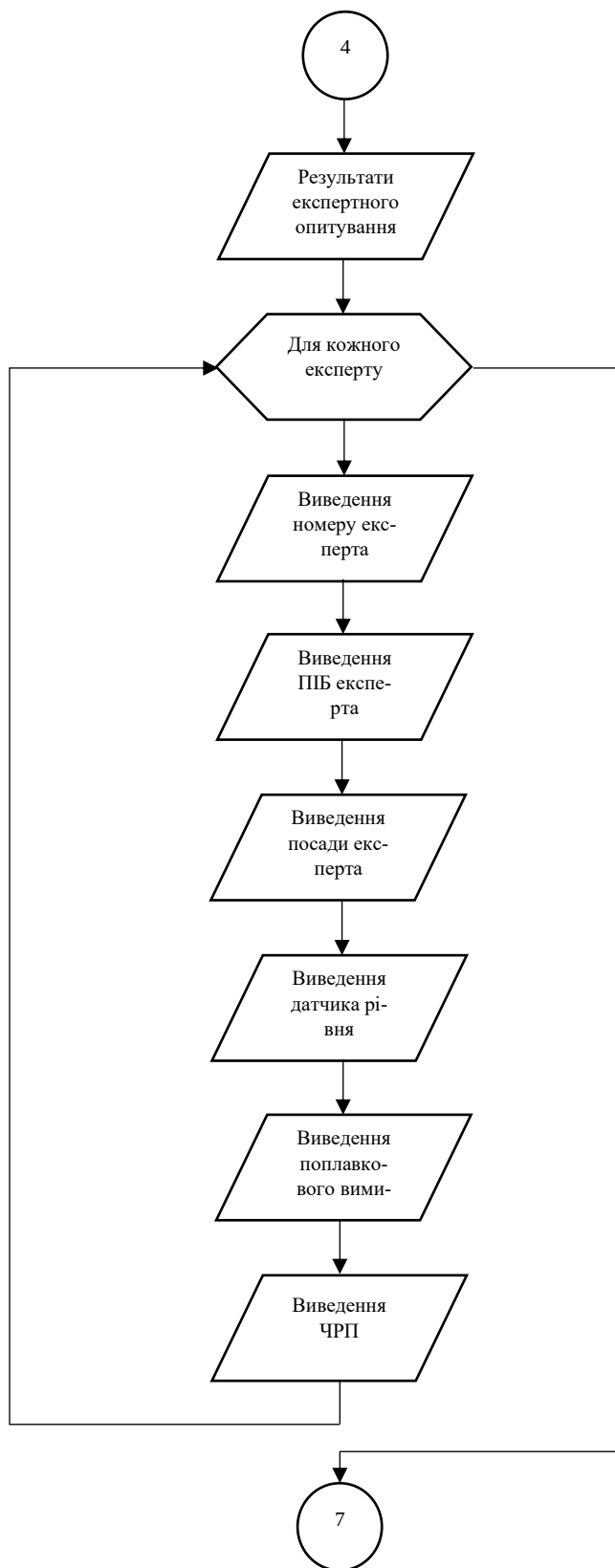
```
public string Name { get; set; }  
public string Position { get; set; }  
public string SensorChoice { get; set; }  
public string FloatSwitchChoice { get; set; }  
public string PumpChoice { get; set; }  
}}
```

Додаток Б. Блок-схема програмної реалізації методу суміщеного ідеалу

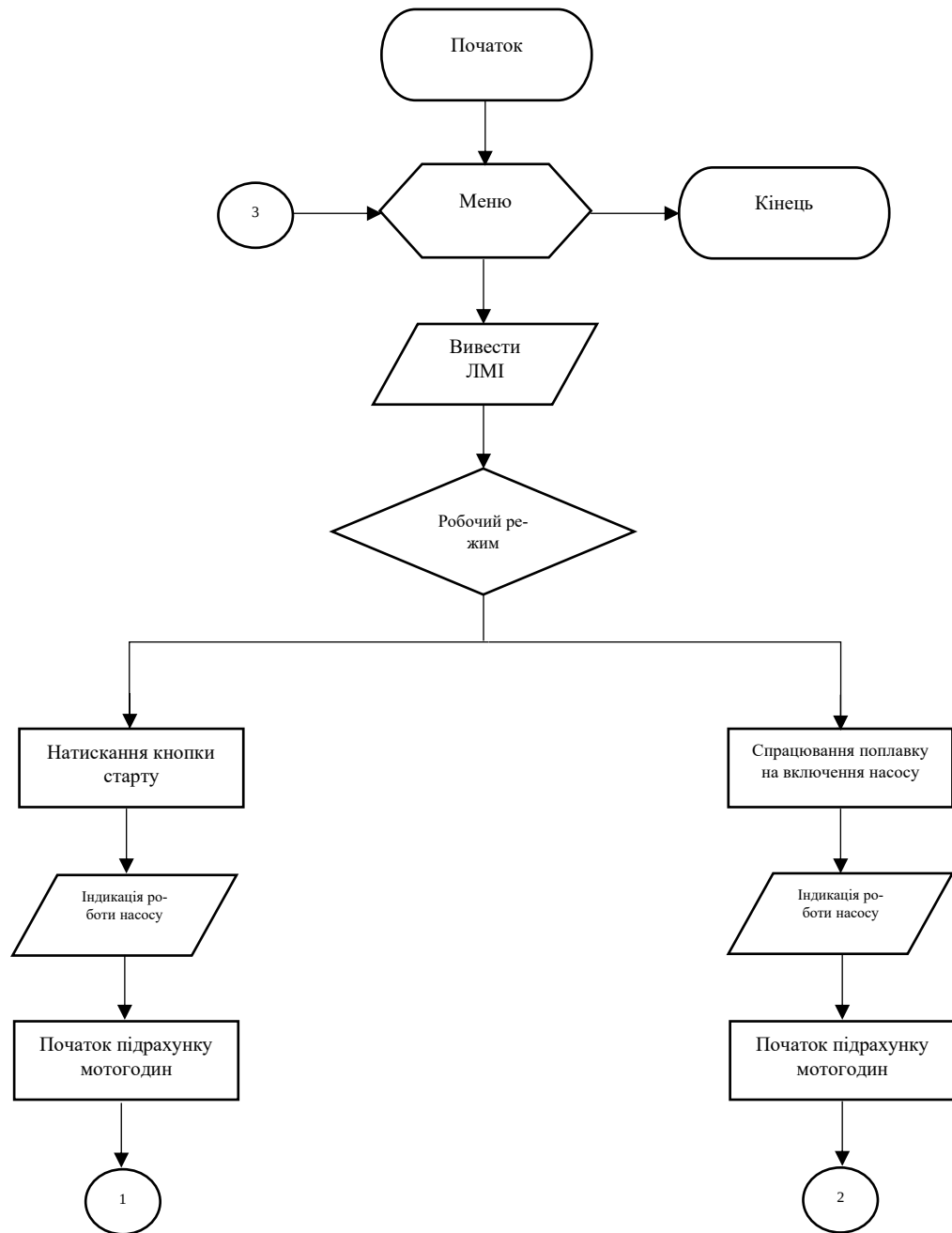


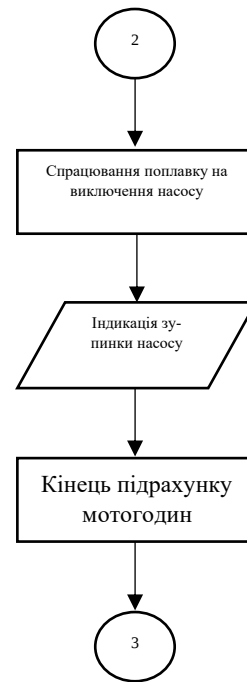
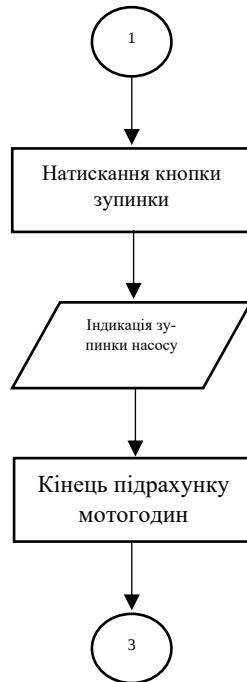




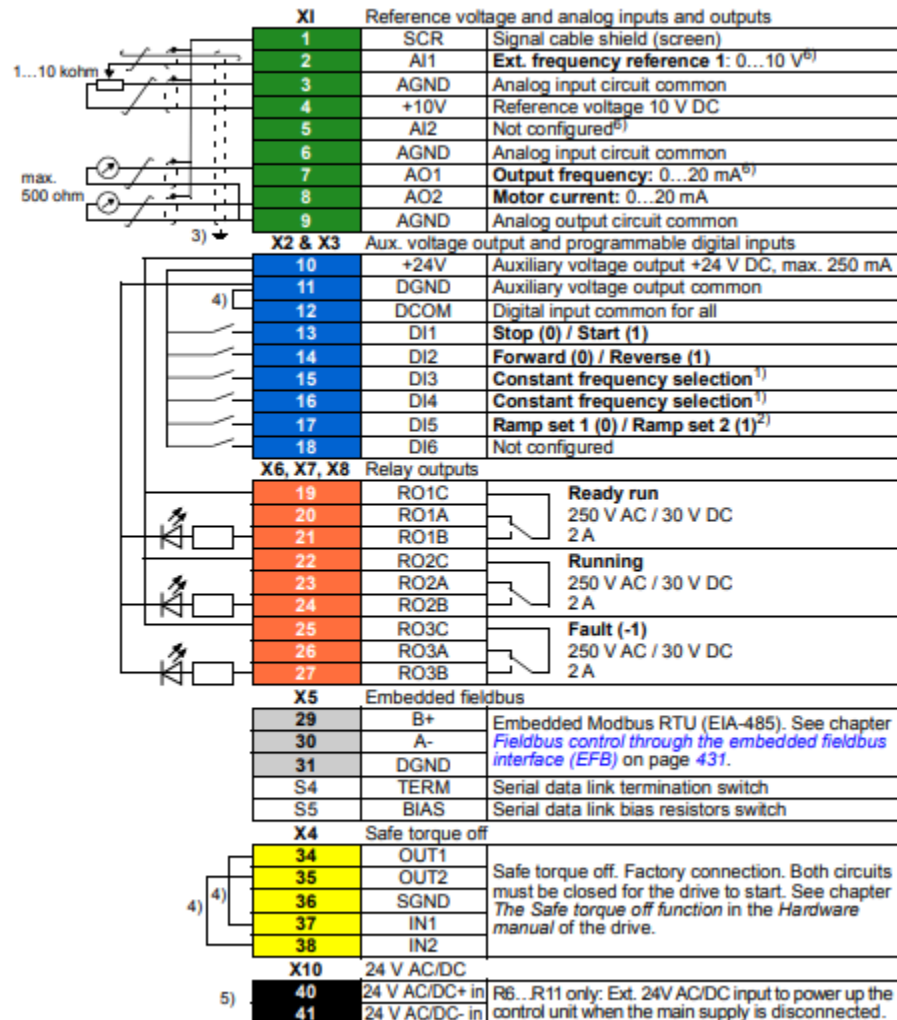


Додаток В. Блок-схеми програмної реалізації автоматизованої системи керування виробництвом вузла дренажних ємностей





Додаток Г. Схема підключення сигналів керування для частотно-регульованого приводу ABB ACS580



Пояснення до схеми

Розміри клем:

R0...R5: 0,2...2,5 мм² (клеми +24V, DGND, DCOM, B+, A-)

0,14...1,5 мм² (клеми DI, AI, AO, AGND, RO, STO)

R6...R9: 0,14...2,5 мм² (всі клеми)

Моменти затягування: 0,5...0,6 Н*м (0,4 фунт - сила*фут)

1) Меню - Основні параметри - Пуск, зупинка, посилення - Постійні частоти або параметр групи 28 Частотний ланцюг.

2) Меню - Основні параметри - Рампи або групу параметрів 28 Ланцюг частоти.

3) Заземліть зовнішній екран кабелю на 360 градусів під затискачем заземлення на місці заземлення для кабелів керування.

4) Підключено перемичками на заводі.

5) Лише корпуси R6...R11 мають клеми 40 і 41 для зовнішнього входу 24 В AC/DC.

6) Виберіть напругу або струм для входів AI1 і AI2 і виходу AO1 з параметрами 12.15, 12.25 та 13.15 відповідно.

Вхідні сигнали

- Аналогова опорна частота (AI1)
- Вибір запуску/зупинки (DI1)
- Вибір напрямку (DI2)
- Вибір постійної частоти (DI3, DI4)
- Вибір рамп (1 з 2) (DI5)

Вихідні сигнали

- Аналоговий вихід AO1: Вихідна частота
- Аналоговий вихід AO2: струм двигуна
- Релейний вихід 1: Готовність до роботи
- Релейний вихід 2: Працює
- Релейний вихід 3: Несправність