

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Кафедра _____ АМтаЕТ _____

До захисту допущено
Завідувач кафедри

(підпис)

_____ д.т.н., професор Канюк Г.І.

(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« _____ » _____ 20 ____ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

рівень вищої освіти _____ магістр _____

спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
 робототехніка

освітньо-професійна програма _____

тема «Аналіз та удосконалення системи керування водопідготовчою
 установкою»

Виконав (ла)

студент (ка) групи ДЕА-23мг _____
 (шифр групи)

_____ **КНЯЖЕВ Ілля Олександрович**
 (ім'я, прізвище)

Керівник роботи

_____ к.т.н., Мезеря А.Ю.
 (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

Рецензент роботи

_____ к.т.н., Буданов П.Ф.
 (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

Консультант

_____ (назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій роботі
 немає цитат та вилучень з
 праць інших авторів без відповідних
 посилань
 студент(ка) _____ (підпис)

Харків – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Кафедра АМтаЕТ
Спеціальність 174
Освітньо-професійна програма магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис) _____

д.т.н., професор Канюк Г.І. _____
(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« » 20 p.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
рівня вищої освіти

студенту (ці) КНЯЖЕВ Ілля Олександрович
(ім'я, прізвище)

1. Тема _____ **Аналіз та удосконалення системи керування водопідготовчою установкою**

затверджена наказом по академії № 4801-5/3704 від «21» 11 2024р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 28 » 11 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Існуючі схеми автоматичного керування водопідготовчою установкою та їх конструкції, методи керування водопідготовчою установкою, математичні моделі _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які належить розробити):

— Аналіз сучасного обладнання водопідготовчої установки, аналіз недоліків та переваг існуючих систем керування водопідготовчою установкою. Дослідження режимів роботи водопідготовчих установок, дослідження перспективних напрямків розвитку, висновки

5.Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):

Актуальність теми, існуюче обладнання водопідготовчих установок, недоліки та переваги існуючих систем керування водопідготовчою установкою, порівняльний аналіз систем керування, висновки.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання «_14_»_09_2024_р.

Керівник

 (підпис) _____ Мезеря А.Ю. _____
(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

 (підпис) _____ Княжев І.О. _____
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання кваліфікаційної роботи

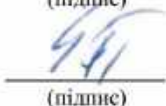
№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналіз існуючих систем керування	14.10-28.10	виконано
2	Аналіз характеристик систем керування в різних режимах роботи	28.10-05.11	виконано
3	Порівняльний аналіз	05.11-14.11	виконано
4	Експериментальні дослідження	14.11-28.11	виконано
5	Висновки	28.11	виконано

Студент (ка)

 (підпис)

_____ Княжев І.О.
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

 (підпис)

_____ Ключка Є.П.
(ім'я, прізвище)

ЗМІСТ

Вступ	7
аналіз об'єкта керування	10
1.1. Призначення, склад та технічні характеристики блоків одержання хімічно знесоленої води (GDB, GDF, GCF).....	10
1.1.1. Система GDB	10
1.1.2. Система GDF	12
1.1.3. Система GCF	15
Розділ 2. Аналіз роботи системи знесолення передочищеною водою методом зворотного осмосу	18
2.1. Загальні відомості.....	18
2.2. Вимоги до АСУ ТП	19
2.3. Технічні характеристики установки.....	19
Створення алгоритму водопідготовчої установки для очищення води методом зворотного осмосу	21
3.1. Опис алгоритму	21
3.2. Пуск установки	21
3.3. Промивка 1	21
3.4. Вихід на оптимальний режим роботи	22
3.5. Процес фільтрації	22
3.6. Промивка 2	23
3.7. Промивка 3	23
3.8. Зупинка водопідготовчої установки.....	24
3.9. Очікування ВПУ пуску	24
3.10. Аварійна зупинка.....	24

3.11. Розробка структурної схеми GDF71	27
3.12. Вибір програмного забезпечення.....	28
3.12.1. TIA PORTAL	29
3.12.2. OPC сервер	31
3.12.3. Пакет Mathlab.....	31
3.12.4. CoDeSys	32
3.12.5. SCADA – система	33
досконалення системи керування	35
4.1. Створення програми у Tia Portal мовою GRAPH.....	35
4.2. Створення аварійної програми у середовищі CoDeSys.....	42
4.3. Математичний опис роботи системи.....	48
4.3.1. Математичний опис насос	49
4.3.2. SCADA-система.....	54
ефективність і ресурсосбереження	56
5.1. Потенційні споживачі результатів дослідження	56
5.2. Аналіз конкурентних технічних рішень.....	57
5.3. SWOT-аналіз	58
5.4. Планування науково-дослідної роботи	60
5.4.1. Структура робіт	60
5.5. Бюджет науково-технічного дослідження	67
5.5.1. Розрахунок матеріальних витрат	67
5.5.2. Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	68
5.5.3. Розрахунок заробітної плати та відрахувань до позабюджетних фондів	69
5.5.4. Розрахунок загальної собівартості.....	70

5.6. Розрахунок ресурсної (ресурсозберігаючої), фінансової, бюджетної, соціальної та економічної ефективності дослідження	71
5.7. Висновки за розділом 5	72

хорона праці і навколишнього середовища	74
---	----

6.1. Характеристика об'єкта дослідження та сфери його застосування	74
6.2. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки	76
6.3. Виробнича безпека	78
6.3.1. Аналіз та виявлення шкідливих та небезпечних факторів	78
6.3.2. Обґрунтування заходів щодо зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів на дослідника	81
6.4. Безпека у надзвичайних ситуаціях	85
6.5. Радіаційна безпека	86
6.6. Висновок за розділом 6	87

Висновки	87
----------	----

Вступ

На даний момент вода використовується в різних сферах як для гасіння пожеж, так і для промивання баків або цистерн. У нашому житті вода відіграє велику роль, чи ми використовуємо душ або гріємо чайник, все одно використовуємо воду. Але ось за своїм складом вода буває різна, адже якщо взяти воду з-під крана та стічні води з озера ми отримаємо різні результати, якщо проведемо експеримент і перевіримо яка вода чистіша. Звичайно ж вода з-під крана буде чистіша, тому що проходить певні етапи очищення, порівняно зі стічними водами.

Тому ми й підходимо до головної проблематики води, а саме як одержувати воду без домішок у короткий термін. На даний момент вода, яка використовується на Атомних станціях, є найважливішою частиною, тому що всі підприємства використовують попереднє очищення води, щоб отримати вищу якість.

Це потрібно для того, щоб знизити теплові навантаження, яким піддається обладнання Атомних станцій, адже обладнання на АЕС також має обмеження за товщиною відкладень на нагрівальних елементах, тому і потрібна вода високої якості.

Відкладення утворюються з домішок, які надходять з водою з різних циклів у тому числі зі стічною водою, також головною перевагою отримання води вищої якості є спрощене отримання чистої пари, оскільки буде менша швидкість корозії, обладнання в цілому і турбін, що ще раз підкреслює важливість мати очищену воду високої якості на АЕС.

Домішки, які містяться у воді, можуть призвести до підвищеної корозії такими домішками є: кислоти, сульфати, хлориди та інші сполуки.

Таким чином для отримання якісної очищеної води виникає потреба в певних методах очищення, яке зазвичай проходить у 2 етапи:

- а) першому етапі відбувається очищення від великих зважених домішок;
- б) другою етапі відбувається очищення води хімічним методом.

Для отримання води високої якості та запобігання підвищеним відкладенням на основному обладнанні та зниження процесу корозії, потрібне максимальне

зниження у воді як розчинених, так і не розчинених, попросту кажучи зважених агентів.

Тому для отримання води високої якості на АЕС використовують системи, які називають водопідготовчими установками.

Об'єктом дослідження є водопідготовча установка фільтрації води методом зворотного осмосу

Мета роботи – експериментально здійснити модельне дослідження та створити автоматне керування водопідготовчою установкою. Вивчити складові об'єкта та розробити експериментальну модернізацію.

У процесі дослідження проводилися експериментальні дослідження та маніпуляції математичною моделлю, створення SCADA-системи, розробка програмного коду у середовищі Tia Portal, розробка аварійного режиму у середовищі CoDeSys.

В результаті дослідження було здійснено маніпуляції над математичною моделлю водопідготовчою установкою, написано основний код у середовищі Tia Portal, написано та впроваджено аварійну систему середовища CoDeSys, створено експериментальним шляхом SCADA – систему, яка задовольняє вимогам і є актуальною для модернізації водопідготовчої установки.

Ступінь впровадження: Дана ВКР є експериментальною і є ймовірність у майбутньому впровадження виконаної роботи зокрема SCADA-системи, а також аварійного режиму, розробленого в середовищі CoDeSys

Область застосування: Водопідготовча установка застосовується для фільтрації води та відокремлення від неї домішок, для подальшого використання як у потребах ТЕС, так і для пожежної безпеки міст близь ТЕС.

Економічна ефективність/значущість роботи: виконана робота значуща як для підприємства так як у майбутньому планується розвиток даної тематики та виведення її на конкурси для отримання гранту та модернізації старої технології

У майбутньому планується розвиток цієї тематики, вихід на обговорення з модернізації досліджуваного об'єкта ВКР, а також впровадження в команду, яка займається цим питанням з наступними діями, призначеними зробити процес більш

безпечним та актуальним.

Ключові слова: Водопідготовча установка, зворотний осмос, АСУ ТП, CoDeSys, Tia Portal, MATLAB, SCADA-система, програмований логічний контролер, математична модель, автоматизоване робоче місце.

Розділ 1. Аналіз об'єкта керування

1.1. Призначення, склад та технічні характеристики блоків одержання хімічно знесоленої води (GDB, GDF, GCF)

Водопідготовча установка ТЕС служить:

- для приготування глибоко знесоленої води на заповнення контурів та поповнення втрат у першому та другому контурах АС;
- для підготовки частково знесоленої води на підживлення бризкальних басейнів та системи пожежогасіння.

Принцип дії ВПУ полягає у послідовному видаленні з вихідної води механічних, мікробіологічних та розчинених домішок із застосуванням:

- гідромеханічних технологій (фільтрація – механічні фільтри);
- баромембранних технологій (мембранний процес, що протікає під дією тиску – ультрафільтрація, зворотний осмос);
- сорбційних технологій (іонний обмін – фільтр змішаної дії).

З принциповою схемою водопідготовки ТЕС можна ознайомитись у додатку А.

У технологічну схему сходять основні системи:

- система попереднього очищення води (GDB);
- система знесолення попередньо очищеної води методом зворотного осмосу (GDF);
- Система іонообмінного очищення пермеату (GCF)

Вихідна вода – річна вода водоймища (водозабірний канал) з берегової резервної станції насосами подається до камер додаткової води GAA, з них насосами напівзанурювального типу з витратою робочим тиском надходить на систему попереднього очищення (GDB).

1.1.1. Система GDB

Система попереднього очищення вихідної води (GDB) призначена для зниження вихідної води вмісту зважених частинок, заліза, органічних сполук перед її подачею на встановлення зворотного осмосу системи GDF (рисунк 1).



Рисунок 1 - Установка зворотного осмосу другого ступеня Склад системи:

- встановлення механічної фільтрації (блоку сітчастих фільтрів);
- два баки вихідної води;
- блок попереднього очищення;-Блок підігріву вихідної води;
- вісім установокультрафільтрації (блоків ультрафільтраційних мембранних модулів);
- два баки освітленої води;
- насосна станція освітленої води;
- два баки концентрату установки ультрафільтрації;
- блок попереднього очищення;
- вод.
- п'ять блоків ультрафільтраційних мембранних модулів;
- блок збору промивнихвод; -насоснастанціяпромивних

Функціональні вимоги (GDB):

Система попереднього очищення вихідної води має забезпечувати необхідна якість освітленої води, що подається на встановлення зворотного осмосу.

Розрахункова продуктивність системи по освітленої воді приймається рівною 340 м³/год, у тому числі: освітлена вода після першої щаблі ультрафільтрації продуктивністю 300 м³/год працює на вихідній воді; другий ступінь продуктивністю

40м³/год працює наконцентраті першого ступеня.

АСУ ТП:

В основу проектування АСУ ТП покладено виконання таких вимог:

- забезпечення виконання технологічною системою заданих функцій;
- забезпечення безпеки та працездатності технологічного обладнання;
- видача оператору інформації за технологічними параметрами, включаючи відхилення від нормальних значень забезпечення дій оператора.

Контроль за станом системи та управління її елементами здійснюються автоматизованою системою управління технологічним процесом (АСУ ТП).

Обладнання та матеріали:

Вибір обладнання та матеріалів здійснено з урахуванням функцій системи, а також:

- якості та параметрів середовища;
- умов навколишнього середовища у приміщеннях, де розташовуються компоненти системи;
- технологічності та зварюваності матеріалів;
- забезпечення працездатності системи протягом усього терміну служби.

1.1.2. Система GDF

Система знесолення передочищеної води методом зворотного осмосу (GDF) призначена для приготування знесоленої води з метою подальшого очищення на іонообмінних фільтрах, а також частково знесоленої води для живлення бризкальних басейнів та баків протипожежного запасу води.

Функціональні вимоги:

Система знесолення передочищеної води шляхом зворотного осмосу (GDF) призначена для приготування знесоленої води. В основу проектування системи GDF покладено такі вимоги до якості глибоко знесоленої води:

- питома електрична провідність трохи більше 0,1 мкСм/см;
- вміст загального органічного вуглецю трохи більше 0,1 мг/дм³.

Розрахункова продуктивність системи знесолення попередньо очищеної води

методом зворотного осмосу GDF з урахуванням витрати води на власні потреби:

- за частково знесоленою водою – 250 м³/год;
- по знесоленій воді – 91 м³/год.

Вихідною водою для системи знесолення попередньо очищеної води методом зворотного осмосу (GDF) є освітлена вода після попередньої системи очищення вихідної води (GDB).

Температура вихідної освітленої води плюс 20 °С. АСУ ТП:

В основу проектування АСУ ТП покладено виконання таких вимог:

- забезпечення виконання технологічною системою заданих функцій;
- забезпечення безпеки та працездатності технологічного обладнання;
- видача оператору інформації за технологічними параметрами, включаючи відхилення від нормальних значень забезпечення дій оператора.

Контроль за станом системи і управління її елементами здійснюються автоматизованою системою управління технологічним процесом (АСУ ТП).

Обладнання та матеріали:

Вибір обладнання та матеріалів здійснено з урахуванням функцій системи, а також:

- якості та параметрів середовища;
- умов навколишнього середовища у приміщеннях, де розташовуються компоненти системи;
- технологічності та зварюваності матеріалів;
- забезпечення працездатності системи протягом усього терміну служби.

Як фільтруючий матеріал у фільтрах тонкого очищення повинні застосовуватися картриджі з поліетилену з тонкістю фільтрації 5 мкм.

Вимоги до систем, пов'язаних із системою GDF:

Системи, від яких залежить працездатність системи знесолення передочищеної води методом зворотного осмосу, спроектовані таким чином, щоб забезпечити функції системи у всіх проектних режимах.

Система знесолення передочищеної води методом зворотного осмосу має зв'язок із такими системами:

- системою попереднього очищення вихідної води (GDB);
- системою регенерації та промивання установок мембранного очищення (GDP);
- системою подачі реагентів для установок мембранного очищення (GDN);
- системою іонообмінного очищення пермеату (GCF);
- системою відведення промивної води та нейтралізації (GCR);
- системою водоводів підживлення (GHC);
- системою водоводів продування (GMS);
- системою корекційної обробки охолоджувальної води відповідальних споживачів (PFN);
- системою відведення ґрунтових вод (GUA);
- системою загальностанційного протипожежного водопостачання (SGA);
- системою електропостачання нормальної експлуатації;
- АСУ ТП.

Склад системи:

- блок попереднього очищення;
- три насосні станції високого тиску;
- п'ять блоків зворотноосмотичних мембранних модулів;
- два блоки мембранної декарбонізації;
- блок мембранної декарбонізації (блок вентиляторів);
- два баки частково знесоленої води;
- три насосні станції;
- блок попереднього очищення;
- три насосні станції високого тиску;
- три блоки зворотноосмотичних мембранних модулів (рисунок 2);
- два баки знесоленої води;
- насосна станція

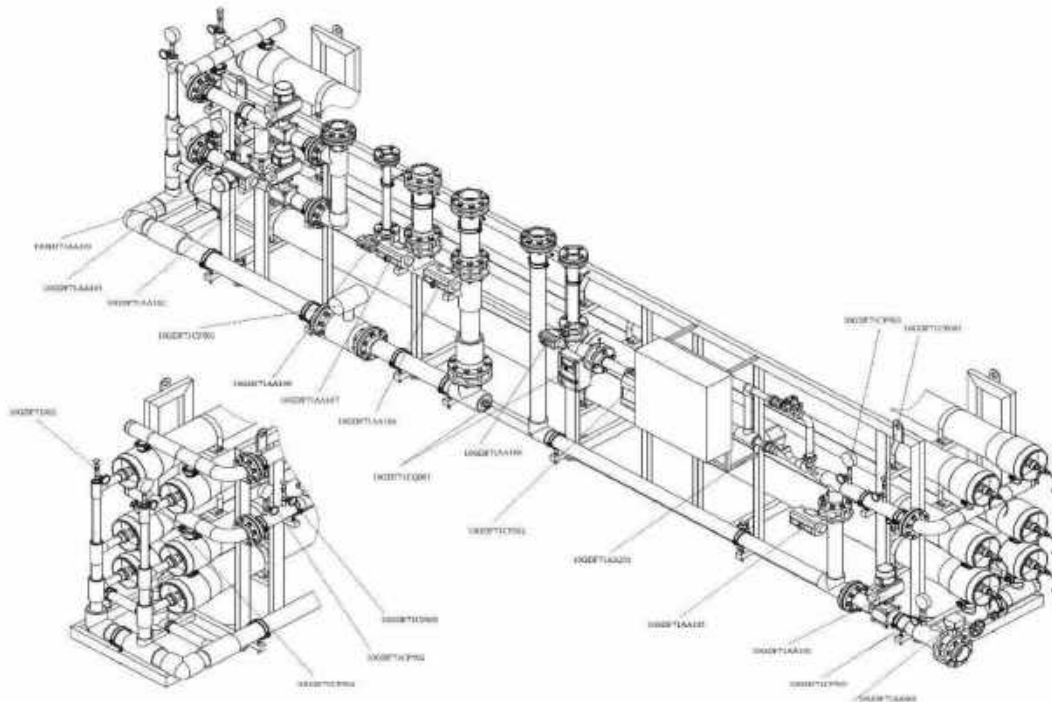


Рисунок 2 - Встановлення зворотньоосмотичного очищення

1.1.3. Система GCF

Система іонообмінного очищення пермеату (GCF) призначена для приготування глибоко знесоленої води для початкового заповнення першого та другого контурів атомної станції, їх підживлення в процесі експлуатації, а також для потреб водопідготовчих систем.

Функціональні вимоги:

В основу проектування системи іонообмінного очищення пермеату (GCF) покладено необхідність забезпечення наступної якості глибоко знесоленої води:

- питома електрична провідність трохи більше 0,1 мкСм/см;
- вміст натрію трохи більше 10 мкг/дм³;
- вміст загального органічного вуглецю трохи більше 0,1 мг/дм³.

Розрахункова продуктивність системи іонообмінного очищення пермеату (GCF) становить 90 м³/год за знесоленою водою.

АСУ ТП:

В основу проектування АСУ ТП покладено виконання таких вимог:

- забезпечення виконання технологічною системою заданих функцій;

- забезпечення безпеки та працездатності технологічного обладнання;
- видача оператору інформації за технологічними параметрами, включаючи відхилення від нормальних значень забезпечення дій оператора.

Контроль за станом системи та управління її елементами здійснюється автоматизованою системою управління технологічним процесом (АСУ ТП).

Управління всіма елементами, що мають електропривод, контроль за положенням (станом) елементів, контроль технологічних параметрів, а також попереджувальна та аварійна сигналізація виконуються з місцевого пункту керування водопідготовкою (МПУ ВП).

Для управління системою та отримання інформації про її стан при експлуатації передбачається вимірювання наступних параметрів:

- тиск на тиску насосів знесоленої води;
- витрата пермеату на вході до кожного ФСД;
- тиск на вході до кожного ФСД;
- перепад тиску кожному ФСД;
- перепад тиску на фільтрах-пастках;
- вод;
- електропровідність на виході із кожного ФСД;
- наявність середовища у повітрі ФСД;
- наявність середовища у ФСД (при поддренуванні);
- тиск на виході із кожного ФСД;
- тиск на виході з кожного фільтра-пастки;
- електропровідність на виході із системи GCF;
- вміст натрію на виході із системи GCF;
- електропровідність на трубопроводі скидних регенераційних рівень у баках підживлювальної води LCU;
- тиск на лінії стисненого повітря.

Обладнання та матеріали:

Вибір обладнання та матеріалів здійснено з урахуванням функцій системи та з урахуванням:

- якості та параметрів середовища;
- умов навколишнього середовища у приміщеннях, де розташовуються компоненти системи;
- технологічності та зварюваності матеріалів;
- забезпечення працездатності системи протягом усього терміну служби.

Вимоги до систем, пов'язаних із системою GCF:

Системи, від яких залежить працездатність системи іонообмінної очистки пермеату, спроектовані таким чином, щоб забезпечити функціонування системи GCF у всіх проектних режимах.

Система іонообмінного очищення пермеату (GCF) має зв'язок зінаступними системами:

- системою знесолення передочищеної води методом зворотного осмосу (GDF);
- системою регенерації та промивання іонообмінних фільтрів (GCP);
- (LDP);
- (LDL);
- системою регенерації та промивання фільтрів очищення конденсату
- системою відведення промивної води та нейтралізації (GCR);
- системою контролю скидних вод фільтрів очищення конденсату
- системою попереднього очищення вихідної води (GDB);
- системою регенерації та промивання установок мембранного очищення (GDP);
- системою підживлювальної води (LCU);
- системою хімічного контролю (QU, STG10);
- системою централізованого постачання хім.реагентами (QC);
- системою корекційної обробки робочого середовища другого контуру (LDN);
- системою електропостачання нормальної експлуатації;
- АСУ ТП.

Висновок: після отримання інформації щодо підготовчої установці, було

2.2. Вимоги до АСУ ТП

В основу проектування АСУ ТП має бути покладено виконання таких вимог:

- забезпечення виконання технологічною системою заданих функцій;
- забезпечення безпеки та працездатності технологічного обладнання;
- видача оператору інформації за технологічними параметрами.

Контроль за станом системи та управління її елементами має здійснюватися автоматизованою системою управління технологічним процесом (АСУ ТП).

Управління всіма елементами, що мають електропривод, контроль за положенням (станом) елементів, контроль технологічних параметрів, а також попереджувальна та аварійна сигналізація виконуються з місцевого пункту керування водопідготовкою (МПУ ВП).

2.3. Технічні характеристики установки

Для початку нашої роботи в дипломному проекті нам потрібні вихідні дані або технічні характеристики водопідготовчої установки, які ми отримаємо з технічної документації. Для наочності та зручності всі технічні характеристики будуть зведені до таблиці 2.3.1.

Таблиця 2.3.1 - Технічні характеристики водопідготовчої установки.

Найменування параметра	Значення
Кількість мембранних елементів, прим.	36
Тип мембранного елемента	BW30-400
Кількість мембранних елементів (шт)	6
Продуктивність по пермеату, (м ³ /год)	45,2
Кількість поживної води, номінальна, (м ³ /год)	56,5
Кількість дренажної води(концентрат), (м ³ /год)	11,3
Одержання очищеної води, %	80
Затримка солей, %*	99,0 99,5
Номінальна робоча температура пермеату (°C)	від плюс 19 до плюс 21

Робочий тиск, МПа (бар)		1,7(17) (при 20 °С)
Напруга, (В)		380/220
Частота (Гц)		50
Габаритні розміри (мм)	Довжина	7085
	Ширина	1225
	Висота	1955
Основний конструкційний матеріал	Рама	AISI304
	Трубопровідна обв'язка	AISI316, ПВХ
Маса, (кг)		1900
Маса у робочому стані, (кг)		2400
Вода,вступник на встановлення:	Мутність, NTU	не більше

* Параметр наведено для одного мембранного елемента BW30-400.

Значення параметра «Затримування солей» ґрунтується на наступних тестових умовах: вміст NaCl у вихідній воді – 2 г/л; тиск – 1,55 МПа; температура вихідної води - 25 °С, рН = 8, вилучення пермеату - 1594.

Вид кліматичного виконання установки - УХЛ 4 за ГОСТ 15150.

Установка розрахована на експлуатацію в закритих приміщеннях за температури від плюс 5 до плюс 45 °С.

Установка відноситься до класу безпеки 4 з ПНАЕ Г-01-011-97, категорія сейсмостійкості III НП-031-01.

Розділ 3. Створення алгоритму водопідготовчої установки для очищення води методом зворотного осмосу

3.1. Опис алгоритму

Створення алгоритму в дипломному проєкті є однією з основних складових завдань, які були поставлені перед виконанням.

Алгоритм – це сукупність точно поставлених завдань, які описують порядок дії системи та спрямовані виконання послідовних завдань, поставлених перед об'єктом дослідження, у разі об'єктом дослідження є водопідготовительная установка.

Складемо та розпишемо алгоритм.

Розроблений алгоритм можна побачити у додатку А.

3.2. Пуск установки

Автоматичний пуск і зупинка установки проводиться в залежності від рівня в баках знесоленої води 10GDF80BB001/002 за показаннями датчиків рівня 10GDF80CL001/002. скидання пермеату відбувається на баки 10GDF70BB001/002.

На стадії «Пуск установки» на установці відкрито таку арматуру:

- на вході освітленої води в установку 10GDF71AA001;
- на скиданні пермеату 10GDF71AA107;
- на виході концентрату з установки 10GDF71AA102, 10GDF71AA108, 10GDF71AA201.

3.3. Промивка 1

На цій стадії проводиться промивання мембран перед виходом на режим низьким тиском з витратою концентрату 25-26 м³/годину протягом 1-2 хв. Крім відкритої арматури на стадії «Пуск установки», відкривається клапан 10GDF71AA110. Після проведення стадії клапан 10GDF71AA110 закривається і слідує стадія «Вихід на оптимальний режим роботи». На стадії «Промивка» на установці відкрито таку арматуру:

- на вході частково знесоленої води в установку 10GDF71AA001;

- на скиданні пермеату 10GDF71AA107;
- на виході концентрату з установки 10GDF71AA102, 10GDF71AA108, 10GDF71AA201.

3.4. Вихід на оптимальний режим роботи

Вмикається насос високого тиску 10GDF61AP001 на насосній станції високого тиску 10GDF61. Отриманий пермеат скидається у баки 10GDB70BB001/002. Після досягнення заданої питомої електропровідності пермеату 2 мксм/см за показаннями кондуктометра 10GDF71CQ001 (величина уточнюється на етапі ПНР) відкривається арматура

10GDF71AA106, закривається арматура 10GDF71AA107 та блок переходить на стадію «Процес фільтрації».

На стадії «Вихід на оптимальний режим роботи» на установці відкрито таку арматуру:

- на вході освітленої води в установку 10GDF71AA001;
- на скиданні пермеату 10GDF71AA107;
- на виході концентрату з установки 10GDF71AA102, 10GDF71AA108, 10GDF71AA201.

Необхідною умовою для цієї стадії є наявність тиску 0,1-0,15 МПа за показниками датчика тиску CP001 насосної станції 10GDF61.

3.5. Процес фільтрації

При переході на стадію "Процес фільтрації" на установці зворотного осмосу відкривається арматура 10GDF71AA106 та закривається арматура 10GDF71AA107. Пермеат установки надходить у баки знесоленої води 10GDF80BB001/002. Тривалість стадії «Режим фільтрації» становить 30 – 60 хв. На стадії проводиться регулювання витрат потоків пермеату та концентрату частотним приводом насоса 10GDF61AP001 та положенням регульованої арматури 10GDF71AA201.

На стадії «Процес фільтрації» на установці відкрито таку арматуру:

- на вході частково знесоленої води в установку 10GDF71AA001;
- на виході пермеату 10GDF71AA106;

- на виході концентрату з установки 10GDF71AA102, 10GDF71AA108, 10GDF71AA201.

3.6. Промивка 2

У процесі безперервної роботи установки після кожного циклу стадії

"Процес фільтрації" тривалістю 30-60 хв відбувається стадія

"Промивка 2". Під час цієї стадії проводиться інтенсивне промивання мембран (скидання лінії концентрату з витратою 25 26 м3/ч). При переході на стадію "Промивка 2" на установці зворотного осмосу відкривається арматура 10GDF71AA110. Тривалість цієї стадії становить 30 – 60 сек. Під час промивання установка здійснює меншу кількість пермеату. Також на стадію "Промивка 2" установка переходить у разі погіршення якості пермеату за показаннями кондуктометра 10GDF71CQ001.

На стадії «Промивка 2» на установці відкрито таку арматуру:

- на вході частково знесоленої води в установку 10GDF71AA001;
- на виході пермеату 10GDF71AA106;
- на виході концентрату з установки 10GDF71AA102, 10GDF71AA108, 10GDF71AA201.

3.7. Промивка 3

Ця стадія необхідна для промивання концентратної лінії перед зупинкою установки зворотного осмосу. Арматура 10GDF71AA201 залишається в тому положенні, в якому вона була після закінчення стадії «Процес фільтрації». Тривалість проведення цієї стадії уточнюється під час проведення ПНР.

На стадії «Промивка 3» на установці відкрито таку арматуру:

- на вході частково знесоленої води в установку 10GDF71AA001;
- на виході пермеату 10GDF71AA106;
- на виході концентрату з установки 10GDF71AA102, 10GDF71AA108, 10GDF71AA201.

3.8. Зупинка водопідготовчої установки

Зупинка установки відбувається за сигналами датчиків рівня 10GDF80CL001/002 баків знесоленої води 10GDF80BB001/002. На цій стадії вимикається насос 10GDF61AP001, закривається всю приводну арматуру, установка переходить на стадію очікування.

На стадії «Зупинка водопідготовчої установки» на установці відкрито таку арматуру:

- на вході частково знесоленої води в установку 10GDF71AA001;
- на виході концентрату з установки 10GDF71AA201 (положення як за стадії «Процес фільтрації»).

3.9. Очікування ВПУ пуску

Установка знаходиться в стадії «Очікування ВПУ пуску» за рівнем у баках 10GDF80BB001/002 або тиск води за показаннями датчика тиску CP002 на насосній станції високого тиску 10GDF61. Установка запускається автоматично. На установці в режимі «Очікування ВПУ пуску» через кожні 12 годин проводиться «Промивка 3».

3.10. Аварійна зупинка

Аварійна зупинка проводиться автоматично з порушенням наступних показників:

- з перепаду тиску на промивках мембран;
- за тиском на вході в установку;
- за величиною питомої електропровідності пермеату. Величини цих показників встановлюються на етапі ПНР;
- закриття та відкриття клапанів;
- зупинка та блокування насоса;

Перелік можливих несправностей установки в процесі її роботи та рекомендації щодо їх усунення

Після того як ми розписали роботу водопідготовчої установки і звели в алгоритм, настав час подумати про несправності, які можуть виникнути при роботі установки і як їх вирішувати в тій чи іншій ситуації, зведемо все в одну таблицю

3.2.1 для наочності.

Таблиця 3.2.1 – Перелік можливих несправностей водопідготовчої установки та їх усунення.

Вид чи поява несправності	Можливі причини несправності	Дія персоналу та спосіб усунення несправності
Низька витрата пермеату	а) низький тиск після насосу високого тиску 10GDF61AP001 б) забруднені мембрани	а) по сигналу контролера автоматичний підвищиться тиск б) визначити ступінь зміни витрати %, визначити потреби хімічної промивання, здійснити хімічне промивання
Високий тиск в лінії пермеату	а) недостатній пропуск арматури на лінії пермеату, частково пермеат йде через запобіжний клапан 10GDF71AA401 б) зворотний клапан 10GDF71AA601 лінії пермеату несправні	а) вимкнути установку в ручному режимі, провести ревізію арматури б) замінити клапан
Великий перепад тиску на установці	а) мембрани забруднені	а) визначити ступінь зміни перепаду в %, визначити потребу у хімічній промивання, здійснити хімічне промивання
Низький потік концентрату	а) регульований клапан підтримки заданого потоку концентрату засмічений	а) розібрати та почистити клапан регулювання потоку концентрату

Продовження таблиці 3.2.1-Перелік можливих несправностей водопідготовчої установки та їх усунення

Високий потік концентрату	а) несправний регульований клапан лінії скидання концентрату в) повністю відкрито голчастий клапан регулювання потоку концентрату	а) прочистити чи замінити клапан в) прикрити та відрегулювати клапан
Спостерігається протік води в лінію пермеату або концентрату під час вимкнення установки	а) пропуск арматури на лінії подачі вихідної води нагаданої арматури на щільність установки або лініями пермеату або концентрату	а) провести ревізію
Підвищилася питома електропровідність пермеату	а) низький тиск після насосу високого тиску 10GDF61AP001 б) мембрани забруднені	а) за сигналом контролера автоматично підвищиться тиск б) визначити ступінь зміни електропровідності %, визначити потребу в хімічній промивання, здійснити хімічне промивання
Спрацювала і відключилася	а) низький тиск вихідної води або недостатній витрат вихідної води б) забруднення картриджних фільтрів блоку 10GDF60 спрацювало реле вхідного тиску 10GDF61CP001 в) спрацювала температурний захист насосу 10GDF61AP001 г) несправний пристрій плавного запуску насоса	а) усунути причини низького тиску та витрати вихідної води б) замінити картриджі у фільтрах блоку 10GDF60 в) усунути причини перевантаження насоса г) діяти за інструкцією з експлуатації насоса

3.11. Розробка структурної схеми GDF71

Схема складається із трьох рівнів: нижній, середній, верхній. До нижнього рівня відносяться всі мікропроцесорні пристрої (перетворювачі, лічильники тощо) та комутаційні пристрої (вимикачі, роз'єднувачі тощо), які безпосередньо пов'язані з об'єктом управління. Середній рівень утворюють пристрої, які забезпечують концентрацію, обробку та передачу інформації від пристроїв нижнього рівня на верхній рівень та від верхнього рівня на нижній. До верхнього рівня відносяться центральна приймально-передавальна станція, яка забезпечує зберігання, накопичення та подання інформації на робочому місці диспетчера (АРМ та/або диспетчерський щит), а також засоби локальної обчислювальної мережі, що об'єднує робочі станції системи.

До нижнього рівня належатиме:

- Давачі тиску;
- Давачі рівня;
- Давачі витрати;
- Кондуктометр;
- комплект запірної та регульованої арматури; До середнього рівня буде:
- місцевий пульт управління;
- Програмований логічний контролер; До верхнього рівня:
- автоматизоване робоче місце технолога;
- автоматизоване робоче місце оператора;
- Сервер.

Зв'язок між нижнім та верхнім рівнем здійснюється через мережу ModBus.

Modbus був обраний за такими критеріями:

- сумісність з великою кількістю обладнання, яке сумісно з ModBus;
- Modbus має високу передачу даних, пов'язану з контролем помилок;
- відсутність необхідності у спеціальних інтерфейсних контролерах;
- Простота реалізації.

Найбільш поширеним фізичним інтерфейсом є RS-485, тому що його частіше

використовують для організації промислової мережі.

Зв'язок між середнім і верхнім рівнем буде здійснюватись по мережі Ethernet. Ethernet був обраний за такими критеріями:

- Простота взаємодії з інтернетом;
- Простота взаємодії з офісними мережами;
- безрозмірні можливості з організації мереж найрізноманітніших типів;
- Висока швидкість передачі;

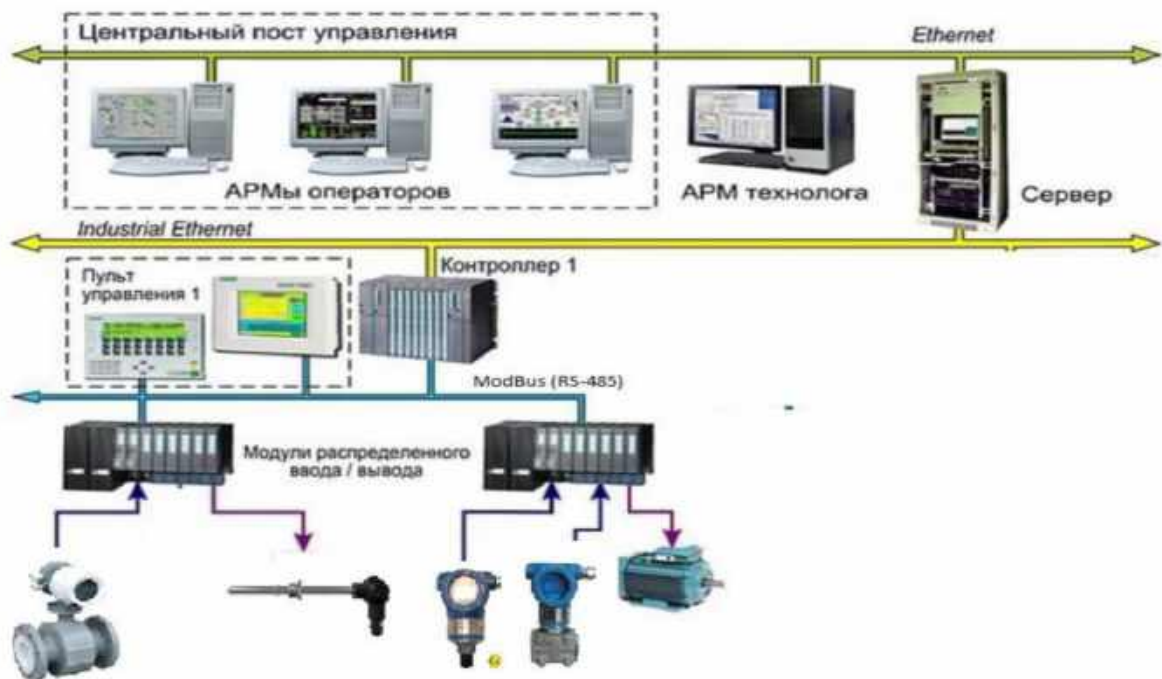


Рисунок 4 - Структурна схема зворотного осмосу

3.12. Вибір програмного забезпечення

Вибір програмного забезпечення обумовлений конкретними вимогами. Найбільш підходящим стане те програмне забезпечення, яке легко буде встановлювати зв'язок з усіма ПЛК системами, виконувати всі необхідні функції.

Для цієї роботи було обрано такі пакети:

- SCADA-система;
- середовище Tia Portal;

- комунікаційний сервер MasterOPC
- середовище Codesys;

Пакет прикладної програми Mathlab.

На рис5 представлено взаємозв'язок усіх елементів АСУ ТП установки зворотного осмосу.



Рисунок 5 – Взаємозв'язок елементів АСУ ТП установки зворотного осмосу.

3.12.1. TIA PORTAL

Так як в якості програмованого логічного контролера було обрано Siemens S7-1200, то як софт було обрано програму Tia Portal. TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) інтегрована середа розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів від рівня приводів та контролерів до рівня людино-машинного

інтерфейсу. Є втіленням концепції комплексної автоматизації (англ. Загальноінтегрована автомація) і еволюційна розвитком сімейства систем автоматизації Simatic компанії Siemens AG.

У TIA Portal інтегровані такі програмні пакети:

-SimaticStep7для програмування контролерів S7-1200, S71500, S7-300, S7-400 та WinAC;

-Simatic WinCC для розробки людино-машинного інтерфейсу (від найпростіших кнопоквих панелей до складних конфігурацій рівняSCADA);

-SinamicsStartDrive для параметрування, програмування і діагностики приводів Sinamics;

-Simatic PLCSIM – симулятор ПЛК;

-Simatic Step 7 Safety;

-Simatic Visualization Architect;

-Simatic Energy Suite;

TIA Portal містить інструментальні засоби для:

-конфігурування та налаштування параметрів апаратури;

-Конфігурування систем промислового зв'язку;

-програмування контролерів S7-1200 мовами LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) таSCL (Structured Control Language);

-Конфігурування панелей операторів SIMATIC;

-тестування, виконання пуско-налагоджувальних робіт та обслуговування готової системи;

Інтерфейс програми представлений нижче на рис. 6.

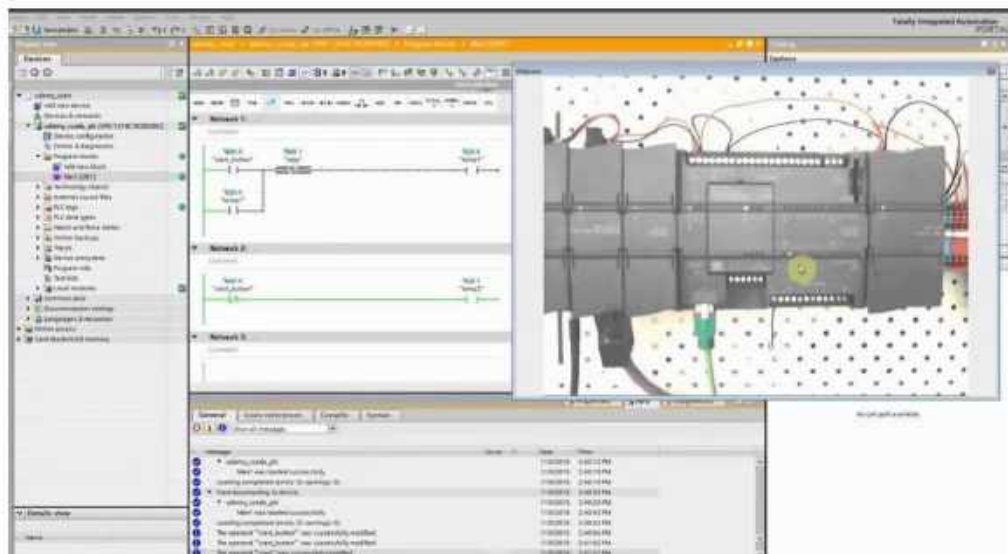


Рисунок 6 – Інтерфейс середовища Tia Portal.

3.12.2. OPC сервер

Tia Portal не може працювати безпосередньо з іншими програмними продуктами. Щоб налагодити між ними зв'язок використовується OPC сервер.

OPC сервер – програма, яка отримує дані у внутрішньому форматі пристрою або системи та перетворює ці дані на формат OPC. OPC-сервер є джерелом даних для OPC-клієнтів. За своєю суттю OPC-сервер - це універсальний драйвер фізичного обладнання, що забезпечує взаємодію з будь-яким OPC-клієнтом.

У цій роботі використали сервер MasterOPC.

Для початку роботи необхідно налаштувати з'єднання з сервером OPC. Для цього необхідно створити блок OPC configuration та налаштувати з'єднання з OPC, вказавши при цьому хост та сервер. Блок Configuration OPC задає OPC-клієнтів, які будуть використовуватися в моделі, конфігурує псевдоповедінку в реальному часі для моделі та задає поведінку для помилок OPC та подій.

3.12.3. Пакет Matlab

Mathlab знадобиться для створення математичної моделі, а також для наочної діагностики системи, на виході ми матимемо графіки, які покажуть результати роботи.

MATLAB – один з найважливіших пакетів, який можна використовувати для обробки різних типів даних. Розшифровка назви пакету MATLAB звучить так Matrix Laboratory, або якщо хочете матрична лабораторія. Можливості пакета є універсальними, оскільки охоплюють всю область математики.

Наприклад, якщо використовувати пакет MATLAB можна:

Вирішувати рівняння або будувати матриці та проводити над ними операції;

Використовувати MATLAB як калькулятор вираховуючи корені будь-якого ступеня або виконувати такі операції як: диференціювання, екстраполювання або просто побудувати графік найпростішої функції.

Розробка та побудова математичної моделі в пакеті Simulink та проводити різні наукові експерименти.

На рис7 можна побачити інтерфейс Mathlab.

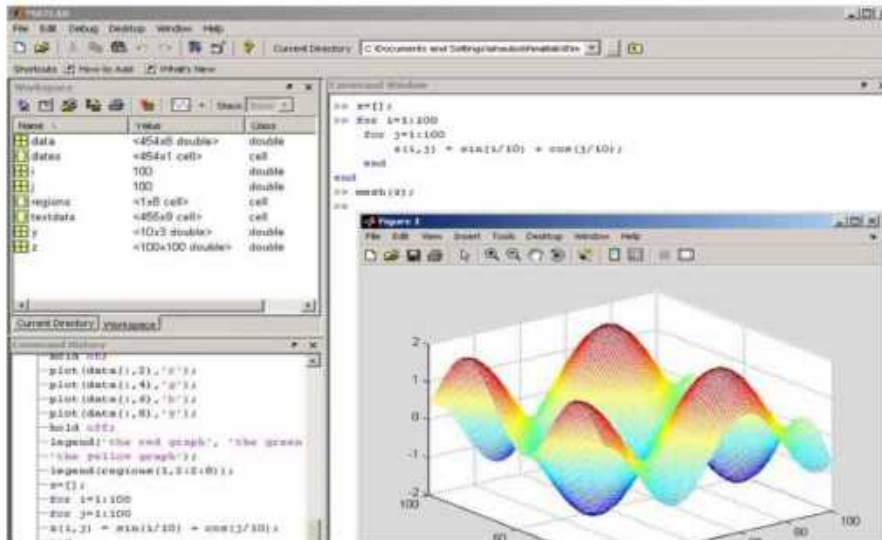


Рисунок 7 – Інтерфейс Matlab

3.12.4. CoDeSys

Середовище CoDeSys нам знадобиться як альтернативне рішення або універсальне рішення для підприємств, які не працюють з якоїсь причини з контролерами Siemens, тоді програмне забезпечення CoDeSys можна використовувати з будь-яким контролером для водопідготовчих установок.

На даний момент CoDeSys або якщо розшифрувати Controller Development System - це провідний комплекс з прикладного програмування контролерів або мікроконтролерів. У цьому програмному забезпеченні можна програмувати абсолютно будь-якою мовою стандарту МЭК 61131-3. Будь-яке завдання, пов'язане з написанням та реалізацією програмного коду, можна сміливо вибирати CoDeSys.

CoDeSys став популярним у всіх галузях промисловості, тільки за даними на 2020 рік, понад 400 компаній виготовляють контролери використовуючи як програмне забезпечення CoDeSys.

На рис. 8 представлено інтерфейс середовища програмування Codesys.

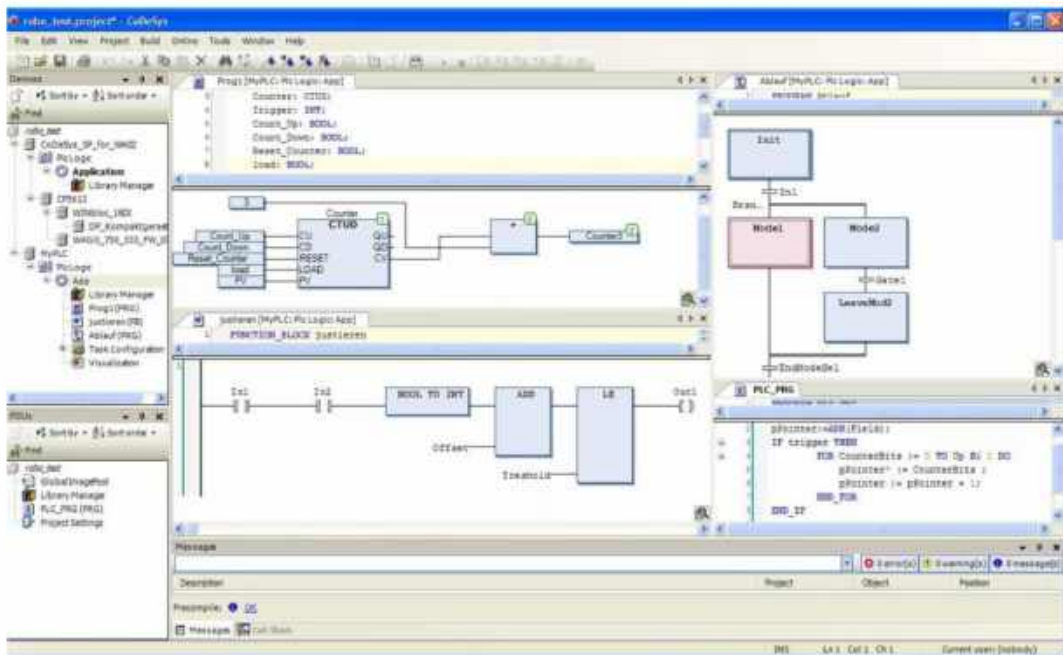


Рисунок 8 – Інтерфейс середовища Codesys

3.12.5. SCADA – система

SCADA система, в даному дипломному проекті грає роль екрану, на якій буде відображено водопідготовчу установку, з усіма датчиками та арматурою, а також трубопроводами.

При виборі SCADA системи повинні були враховуватися такі переваги як:

- Доступність;
- широке коло використання;
- Універсальність;

-Здатність системи виконати поставлені перед нею умови. В даному випадку вибір був зроблений на TRACE MODE SCADA.

Середовище розробки Trace Mode може використовуватися в широкому колі людей, що спеціалізуються на програмуванні або створення мнемосхем системи, від найпростішої до найскладнішої. Кожен працівник, який має кваліфікацію в АСУТП або АСУП, зможе розібратися в даній SCADA-системі. Особливо коли є рівні складності, такі як: простий, стандартний чи просунутий

Головною рисою Trace Mode є здатність паралельно запускатися з виконавчим модулем і водночас з монітором, що у реальному часі показує зміни

величин чи параметрів.

Так само при дослідженні було зроблено висновок, що використання Trace Mode як середовища розробки АСУТП можна заощадити до 30% часу в порівнянні з використанням інших редакторів і систем програмування контролерів.

Інтерфейс Trace Mode SCADA представлений нижче.

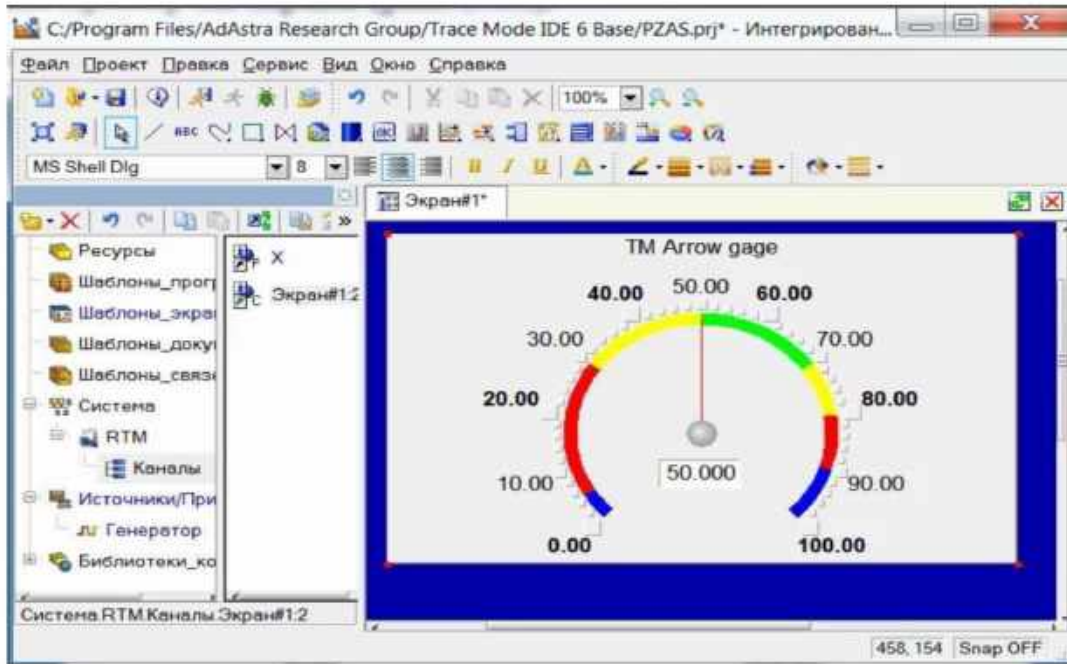


Рисунок 9 - Интерфейс програми Trace Mode

Розділ 4. Удосконалення системи керування

4.1. Створення програми у Tia Portal мовою GRAPH

Почнемо з вибору мови програмування, з усіх мов, які представлені в Tia Portal, була обрана мова SFC.

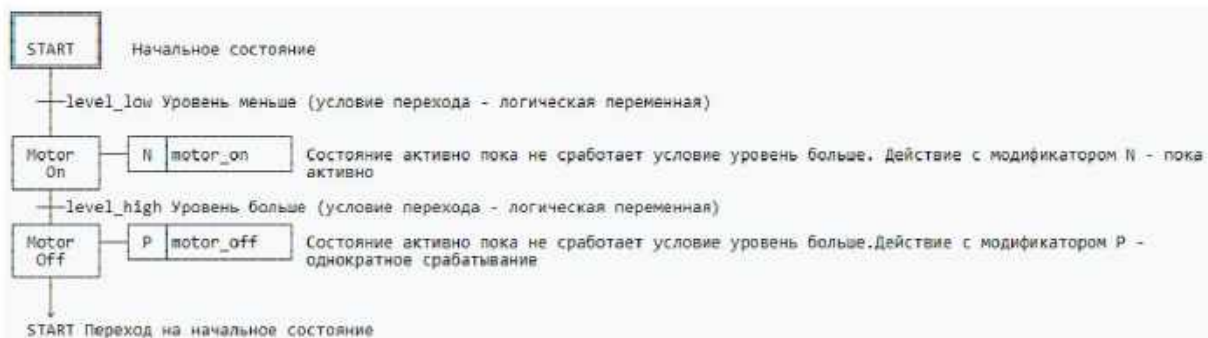
SFC – це мова, якою пишуться програмні коди послідовної дії та управління об'єктом технологічного процесу описова частина представлена у формі станів. Кожен стан об'єкту

– це дія, яку має виконати програмована система, використовуючи мову SFC.

Наприклад, є різні стани та модифікатори.

Модифікатор N – працює та виконує дії доки стан системи активно

Приклад: Підтримка рівня рідких кіст мембране із змінною рідиною, що витікає.



Програмування контролерів сімейства SIMATIC і зокрема програмування системи мовою SFC має дві версії:

Мова Graph 7 - це доповнення до STEP 7 і реалізується як в контролерах SIMATIC S7-300 так і в контролерах S7-1200.

Застосування мови SFC лише в рамках інтегрованого середовища розробки програмних кодів та алгоритмів, а також людино-машинного інтерфейсу SIMATIC 7. Вибираємо необхідне обладнання, під час виконання цього прикладу ми використовували Siemens S7 (рисунок 10).

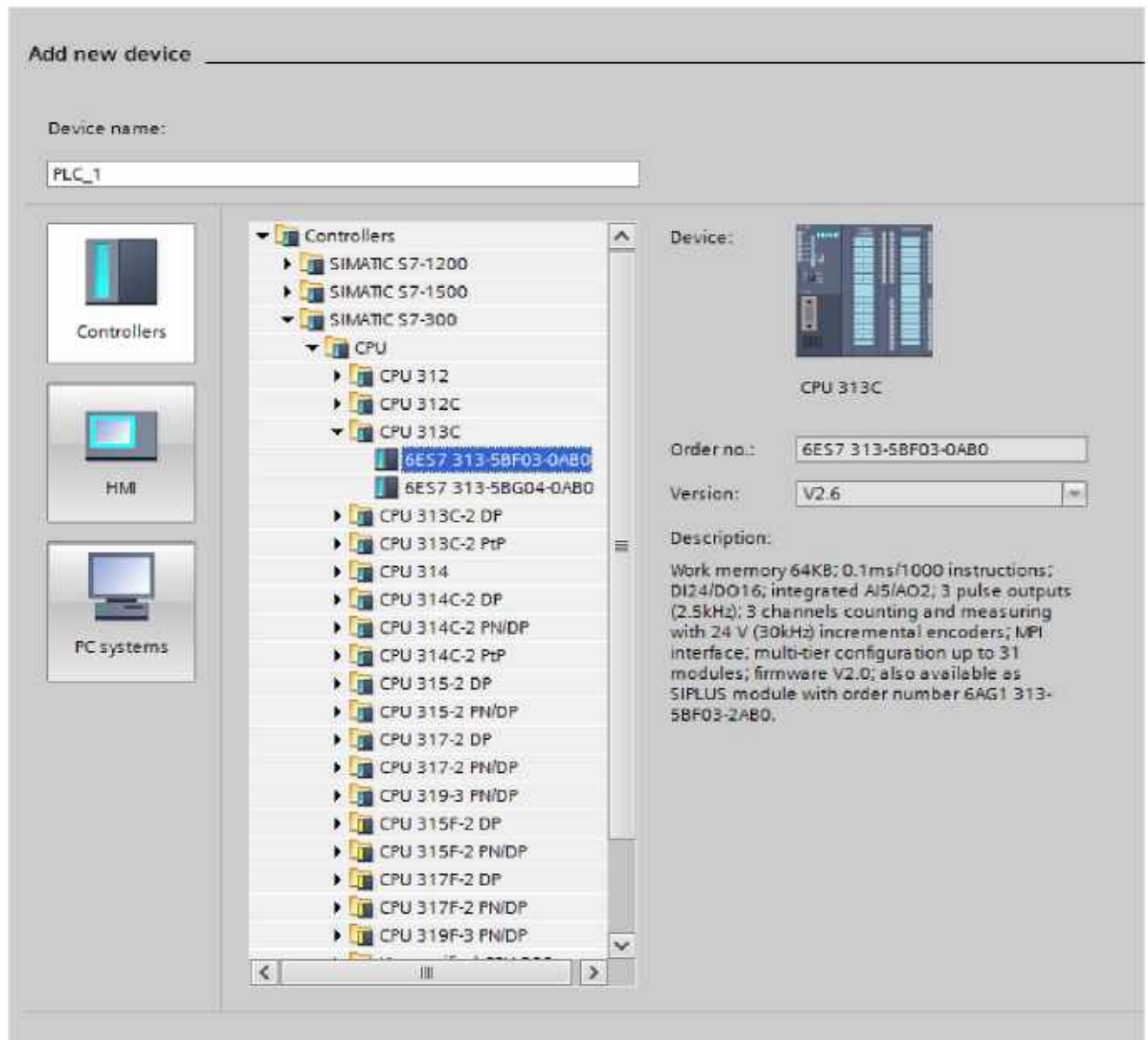


Рисунок 10 - Вибір ПЛК

Для того, щоб створити функціональний блок мовою SFC, необхідно в лівій частині програми TIA Portal вибрати функцію «Add new block» (рисунок 11).

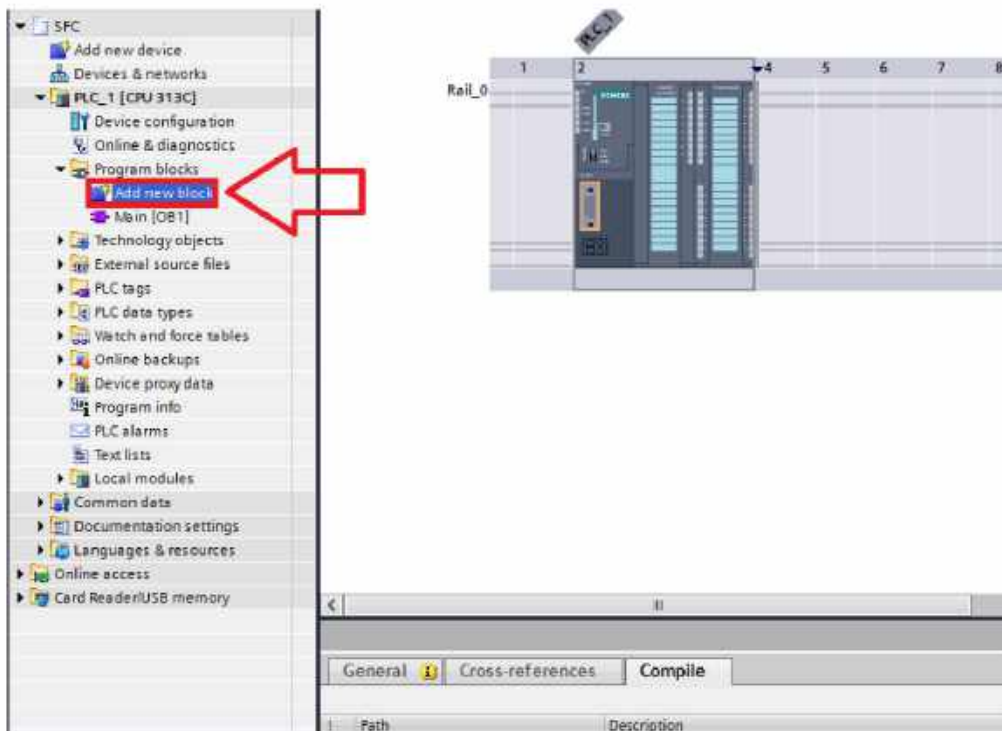


Рисунок 11 - Додавання нового блоку

Необхідно вибрати "Function block" в лівій частині вікна, і в параметрі "Language" вибрати GRAPH і натиснути кнопку ОК (рисунок 12).

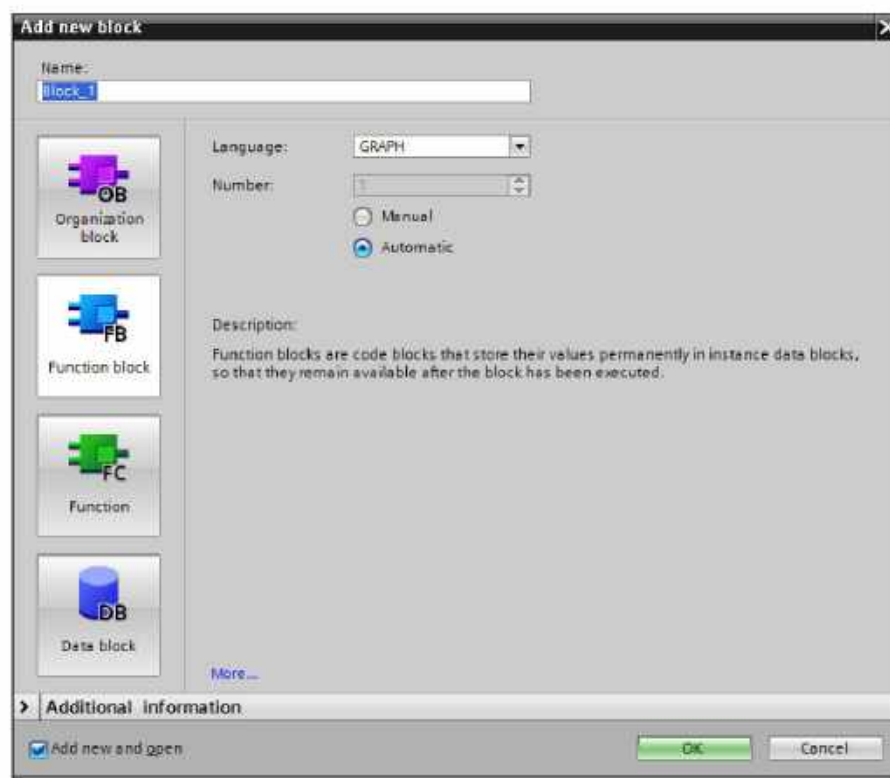


Рисунок 12 - Вибір мови GRAPH

Відкриється наступне вікно (рис. 13):

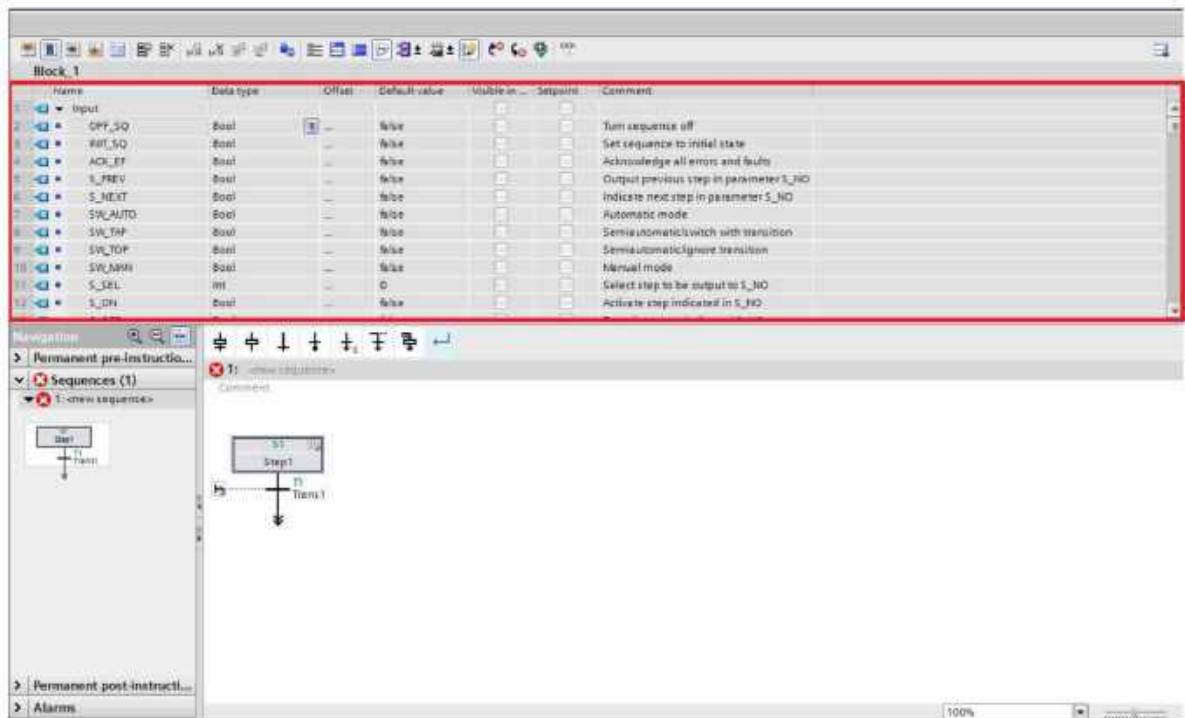


Рисунок 13 - Головне вікно функціонального блоку

При написанні програм на мові GRAPH можна використовувати як глобальні змінні (PLC tags, Data block's tags), так і внутрішні змінні, які можна задати у виділеній області. При роботі з внутрішніми змінними згодом їх потрібно буде прив'язати до світових (розглянуто в прикладі).

У нижній області цього вікна відбувається безпосереднє написання програми.

Блок Step1 – стан системи. При подвійному кліку по ньому відкриється вікно, в якому можна встановити необхідні для виконання дії.

Програма повинна виконуватися натисканням кнопки «Старт», циклічно. Час між зміною станів дорівнює 2 секунди. У будь-який момент при натисканні кнопки «Стоп» відбувається припинення роботи програми та гаснуть усі лампочки.

Перейдемо реалізації цієї програми. Створюємо необхідні теги (рисунок 14):

PLC tags							
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
1	start	Default tag table	Bool	%M0.0		☒	☒
2	stop	Default tag table	Bool	%M0.1		☒	☒
3	lamp1	Default tag table	Bool	%M0.2		☒	☒
4	lamp2	Default tag table	Bool	%M0.3		☒	☒
5	lamp3	Default tag table	Bool	%M0.4		☒	☒
6	lamp4	Default tag table	Bool	%M0.5		☒	☒
7	lamp5	Default tag table	Bool	%M0.6		☒	☒
8	lamp6	Default tag table	Bool	%M0.7		☒	☒
9	<Add new>					☒	☒

Рисунок 14 - Створені теги

Для ілюстрації використання внутрішніх змінних створимо змінну "Start" (рисунок 15).

Block_1							
	Name	Data type	Offset	Default value	Visible in ...	Setpoints	Comment
1	Input						
2	OFF_SQ	Bool	...	false	☐	☐	Turn sequence off
3	INIT_SQ	Bool	...	false	☐	☐	Set sequence to initial state
4	ACK_EF	Bool	...	false	☐	☐	Acknowledge all errors and faults
5	S_PREV	Bool	...	false	☐	☐	Output previous step in parameter S_NO
6	S_NEXT	Bool	...	false	☐	☐	Indicate next step in parameter S_NO
7	SW_AUTO	Bool	...	false	☐	☐	Automatic mode
8	SW_TAP	Bool	...	false	☐	☐	Semiautomatic/switch with transition
9	SW_TOP	Bool	...	false	☐	☐	Semiautomatic/ignore transition
10	SW_MAN	Bool	...	false	☐	☐	Manual mode
11	S_SEL	Int	...	0	☐	☐	Select step to be output to S_NO
12	S_ON	Bool	...	false	☐	☐	Activate step indicated in S_NO
13	S_OFF	Bool	...	false	☐	☐	Deactivate step indicated in S_NO
14	T_PUSH	Bool	...	false	☐	☐	Enable transition to switch in semi auto...
15	Start	Bool	...	false	☒	☐	
16	<Add new>						
17	Output						
18	S_NO	Int	...	0	☐	☐	Step number

Рисунок 15 - Створення внутрішньої змінної Start

У кроці додаємо другу і п'яту змінну для зручності зациклювання програми та вимикаємо першу та шосту змінну (рисунок 16).

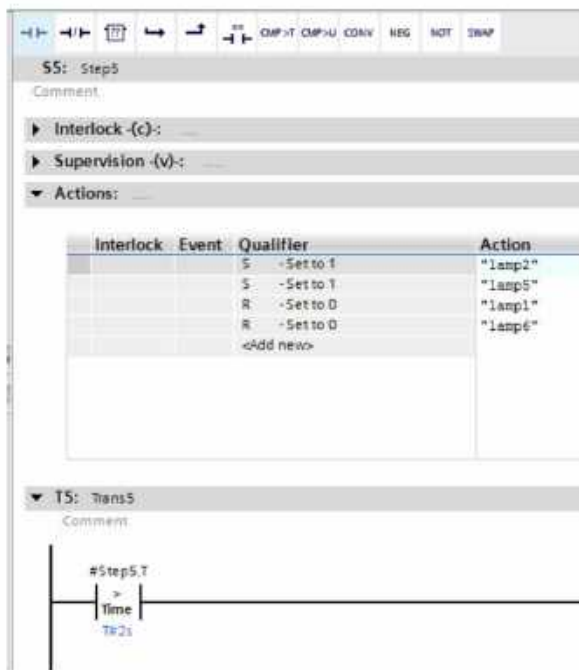


Рисунок 16 - Step5 та Trans5

Наприкінці програми робимо повернення до кроку 1 (зациклюємо програму 1) (Рисунок 17).

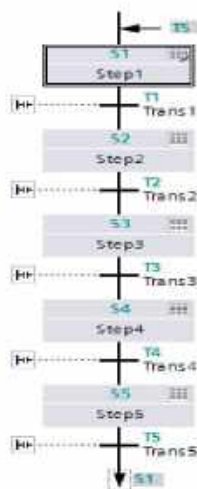


Рисунок 17 - Додавання повернення до кроку 1

Додамо до програми реакцію натискання кнопки «Stop». Для цього додамо альтернативні умови переходу Trans7-10 та Step6 (Рисунок 18).

Необхідно прив'язати внутрішню змінну Start до глобального тегу (Рисунок 19).

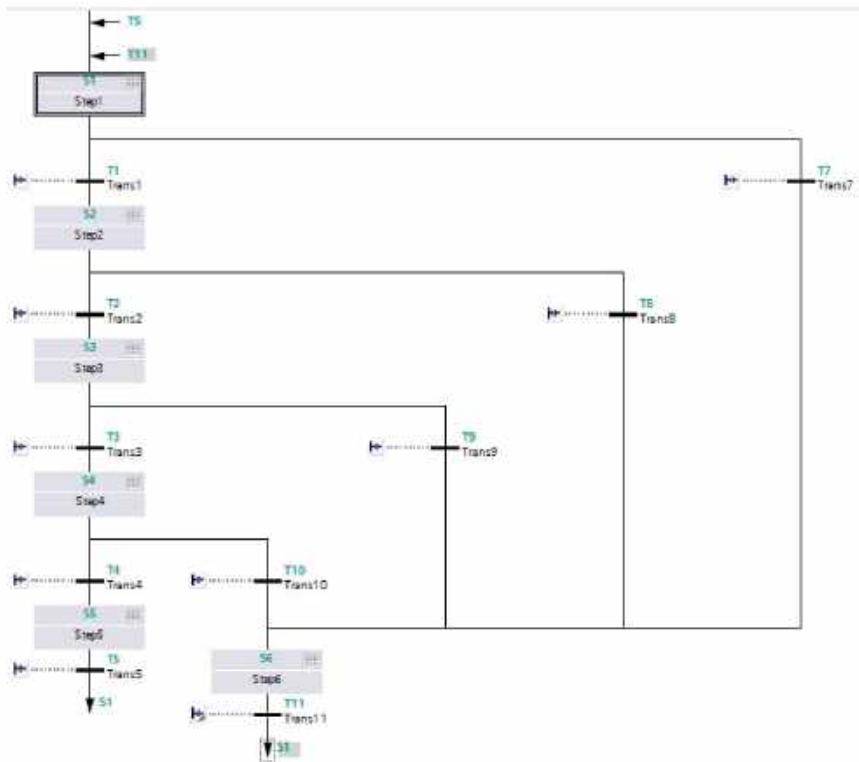


Рисунок 18 - Готова програма

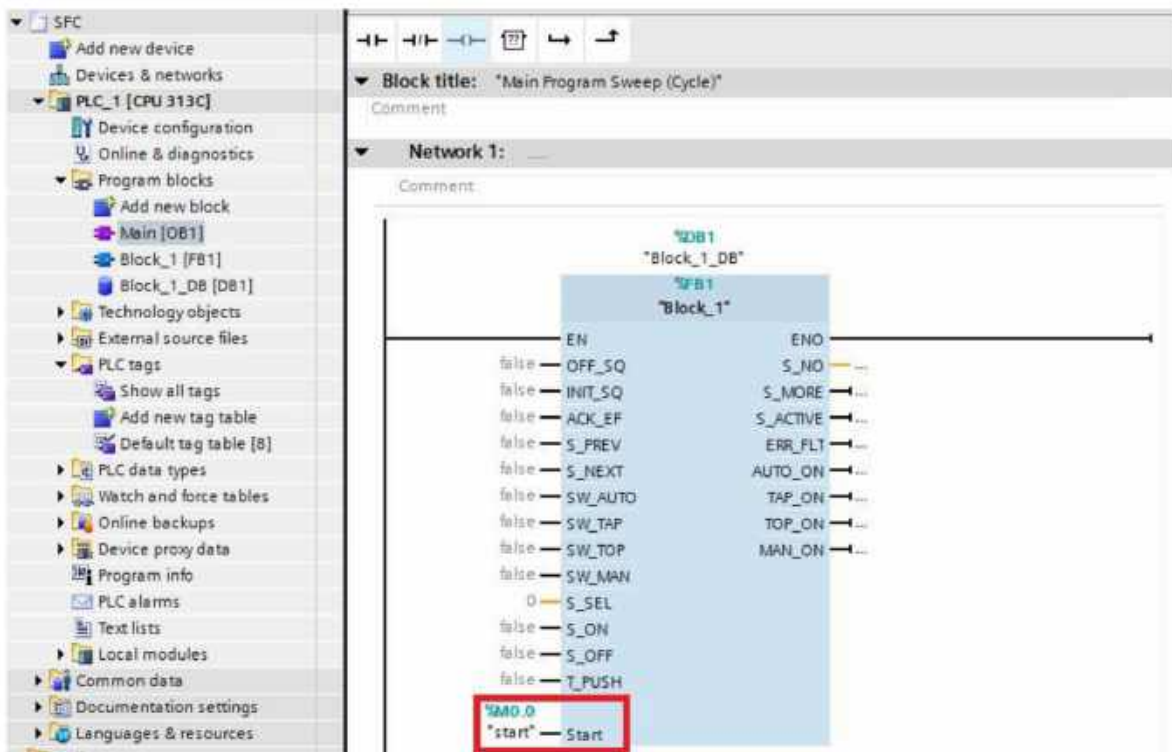


Рисунок 19 - Прив'язка внутрішньої змінної

У Trans 7-10 одна і та ж умова переходу (рисунок 20).



Рисунок 20 - Умова переходу

4.2. Створення аварійної програми у середовищі CoDeSys

Рішення було прийняте мною для того, щоб привласнити дипломному проекту статус універсальний, оскільки Tia Portal створений тільки для контролерів Siemens, мені б хотілося випробувати в майбутньому як поведеться система з іншим контролером на іншому софті.

Тому було створено аварійну систему для мого дипломного проекту, і було приєднано через OPC Сервер до SCADA-системи та працювало стабільно.

Для початку CoDeSys був створений функціональний блок alarm, далі були введені вхідні і вихідні величини (рисунок 21).

```

0001 FUNCTION_BLOCK alarm
0002 VAR_INPUT
0003     membrana: BOOL;
0004     pressure: BOOL;
0005     conductometr: BOOL;
0006     close: BOOL;
0007     nasos: BOOL;
0008     start: BOOL;
0009     stop: BOOL;
0010     avariya: BOOL;
0011 END_VAR
0012 VAR_OUTPUT
0013     pump_indicator: BOOL;
0014     membranaout: BOOL;
0015     pressureout: BOOL;
0016     conductometROUT: BOOL;
0017     closeout: BOOL;
0018     nasos: BOOL;
0019     alarm_indicator: BOOL;
0020     teg_first_reason: STRING(20);
0021     volume1: BOOL;
0022     volume2: BOOL;
0023     volume3: BOOL;
0024 END_VAR
0025 VAR
0026     blinker1: BLINK;
0027     blinker2: BLINK;
0028     blinker3: BLINK;
0029     blinker4: BLINK;
0030     blinker5: BLINK;
0031     blinker6: BLINK;
0032     blinker7: BLINK;
0033     blinker8: BLINK;
0034     TON1: TON;
0035     TON2: TON;
0036     membrana1: BOOL;
0037     TRIGR1: R_TRIG;
0038     TRIGR2: R_TRIG;

```

Рисунок 21 – Змінні у функціональному блоці alarm середовище CoDeSys

Далі була написана програма, для основних параметрів водопідготовчої установки, яка передбачала собою, аварійне оповіщення, як світлове, так і звукове на щит оператора.

```

0001 (*Давление в мембранах*)
0002 TRIGR1 (CLK:=temper);
0003 IF TRIGR1.Q
0004     THEN
0005         membrana1:=1;
0006 END_IF;
0007 IF temper (*AND handshake=0 AND pump_indicator=0*)
0008     THEN
0009         IF pump_indicator=0 THEN teg_first_reason:=' membrana'; END_IF;
0010         pump_indicator:=1;
0011 END_IF;
0012 IF membrana1
0013     THEN
0014
0015         blinker1 (ENABLE:=TRUE, TIMEHIGH:=#1s, TIMELOW:=#1s);
0016         temperout := blinker1.OUT;
0017     ELSE
0018
0019         blinker1 (ENABLE:=FALSE, TIMEHIGH:=#1s, TIMELOW:=#1s);
0020         IF temper THEN membranaout := 1; ELSE membranaout := 0; END_IF; (* костыль для тревожного цвета*)
0021     END_IF;

```

Рисунок 22 – Лістинг програми тиску

```

0023 ("давление в трубах")
0024 TRIGR2 (CLK:=pressure);
0025 IF TRIGR2.Q
0026 THEN
0027     pressure1:=1;
0028 END_IF;
0029 IF pressure ("AND handshake=0 AND pump_indicator=0")
0030 THEN
0031     IF pump_indicator=0 THEN teg_first_reason:=' Проблема с давлением в трубах'; END_IF;
0032     pump_indicator:=1;
0033 END_IF;
0034 IF pressure1
0035 THEN
0036
0037     blinker2 (ENABLE:=TRUE, TIMEHIGH:=#1s, TIMELOW:=#1s);
0038     pressureout := blinker2.OUT;
0039 ELSE
0040
0041     blinker2 (ENABLE:=FALSE, TIMEHIGH:=#1s, TIMELOW:=#1s);
0042     IF pressure THEN pressureout := 1; ELSE pressureout := 0; END_IF; (" костыль для тревожного цвета")
0043 END_IF;
0044

```

Рисунок 23 – Лістинг програми тиску у трубопроводах

```

0045 ("Кондуктометр")
0046 TRIGR3 (CLK:=Conductometr);
0047 IF TRIGR3.Q
0048 THEN
0049     HSA1:=1;
0050 END_IF;
0051 IF HSA ("AND handshake=0 AND pump_indicator=0")
0052 THEN
0053     IF pump_indicator=0 THEN teg_first_reason:=' Проблема с кондуктометром'; END_IF;
0054     pump_indicator:=1;
0055 END_IF;
0056 IF Conductometr1
0057 THEN
0058
0059     blinker3 (ENABLE:=TRUE, TIMEHIGH:=#1s, TIMELOW:=#1s);
0060     ConductometROUT := blinker3.OUT;
0061 ELSE
0062
0063     blinker3 (ENABLE:=FALSE, TIMEHIGH:=#1s, TIMELOW:=#1s);
0064     IF HSA THEN ConductometROUT := 1; ELSE ConductometROUT := 0; END_IF; (" костыль для тревожного цвета")
0065 END_IF;
0066

```

Рисунок 24 – Лістинг програми роботи кондуктометра

```

0067 (* Проблема клапанов*)
0068 TRIGR4 (CLK:=close);
0069 IF TRIGR4.Q
0070     THEN
0071         close1:=1;
0072     END_IF;
0073 IF close (*AND handshake=0 AND pump_indicator=0*)
0074     THEN
0075         IF pump_indicator=0 THEN teg_first_reason:='Клапан № 10GDF71AA102r'; END_IF;
0076         pump_indicator:=1;
0077     END_IF;
0078 IF close1
0079     THEN
0080
0081         blinker4 (ENABLE:=TRUE, TIMEHIGH:=t#1s, TIMELOW:=t#1s);
0082         closeout := blinker4.OUT;
0083     ELSE
0084
0085         blinker4 (ENABLE:=FALSE, TIMEHIGH:=t#1s, TIMELOW:=t#1s);
0086         IF close THEN closeout := 1; ELSE closeout := 0; END_IF; (* костыль для тревожного цвета*)
0087     END_IF;
0088

```

Рисунок 25 – Лістинг програми клапанів

```

0089 (*Проблемы с насосом*)
0090 TRIGR5 (CLK:=nasos);
0091 IF TRIGR5.Q
0092     THEN
0093         nasos1:=1;
0094     END_IF;
0095 IF nasos (*AND handshake=0 AND pump_indicator=0*)
0096     THEN
0097         IF pump_indicator=0 THEN teg_first_reason:='Авария насоса'; END_IF;
0098         pump_indicator:=1;
0099     END_IF;
0100 IF nasos1
0101     THEN
0102
0103         blinker5 (ENABLE:=TRUE, TIMEHIGH:=t#1s, TIMELOW:=t#1s);
0104         nasosout := blinker5.OUT;
0105     ELSE
0106
0107         blinker5 (ENABLE:=FALSE, TIMEHIGH:=t#1s, TIMELOW:=t#1s);
0108         IF nasos THEN nasosout := 1; ELSE nasosout := 0; END_IF; (* костыль для тревожного цвета*)
0109     END_IF;
0110
0111 (*Включение мегафона*)
0112 IF membrana1 OR pressure1 OR conductometr1 OR close1 OR nasos1 THEN alarm_indicator:=1; ELSE alarm_indicator:=0; END_IF;
0113

```

Рисунок 26 – Лістинг програми аварійної роботи насоса

```

0114 (*Анимация мегафона*)
0115 IF alarm_indicator
0116 THEN
0117     blinker6 (ENABLE:=TRUE, TIMEHIGH:=t#0.2s, TIMELOW:=t#0.4s);
0118     volume1 := blinker6.OUT;
0119     TON1 (IN:=TRUE, PT:=t#0.2s);
0120     blinker7 (ENABLE:=TON1.Q, TIMEHIGH:=t#0.2s, TIMELOW:=t#0.4s);
0121     volume2 := blinker7.OUT;
0122     TON2 (IN:=TRUE, PT:=t#0.4s);
0123     blinker8 (ENABLE:=TON2.Q, TIMEHIGH:=t#0.2s, TIMELOW:=t#0.4s);
0124     volume3 := blinker8.OUT;
0125 ELSE
0126     blinker6 (ENABLE:=FALSE); blinker7 (ENABLE:=FALSE);
0127     blinker8 (ENABLE:=FALSE); TON1 (IN:=FALSE); TON2 (IN:=FALSE);
0128 END IF;

```

Рисунок 27 – Лістинг програми звукової серени

```

0131 IF avariya (*Аварийное включение *)
0132 THEN
0133     volume1:=0; volume2:=0; volume3:=0;
0134     membrana1:=0;
0135     conductometr1:=0;
0136     close1:=0;
0137     pressure1:=0;
0138     nasos1:=0;
0139 END_IF;
0140
0141 IF membrana OR pressure OR conductometr OR close OR nasos (* блокировка кнопки ВКЛ *)
0142 THEN
0143     block:=1;
0144 ELSE
0145     block:=0;
0146 END_IF;
0147
0148 IF start (* включаем насос *)
0149 THEN
0150     pump_indicator:=0;
0151 END_IF;
0152
0153 IF stop (* выключаем насос *)
0154 THEN
0155     pump_indicator:=1;
0156 END_IF;

```

Рисунок 28 – Лістинг програми увімкнення аварійного режиму

Далі було зроблено візуальну роботу в середовищі CoDeSys, дану функцію було зроблено для аварійного підхоплення та моніторингу системи.

На рис 29 представлена нормальна робота аварійної системи, показником цього є зелений індикатор.



Рисунок 29 – Візуалізація нормальної роботи системи у середовищі CoDeSys

На рис 30 представлена візуалізація аварії, у разі аварії клапана, як і була прописана програма визначник якого саме клапана у разі проблема у клапані 10GDF71AA102.

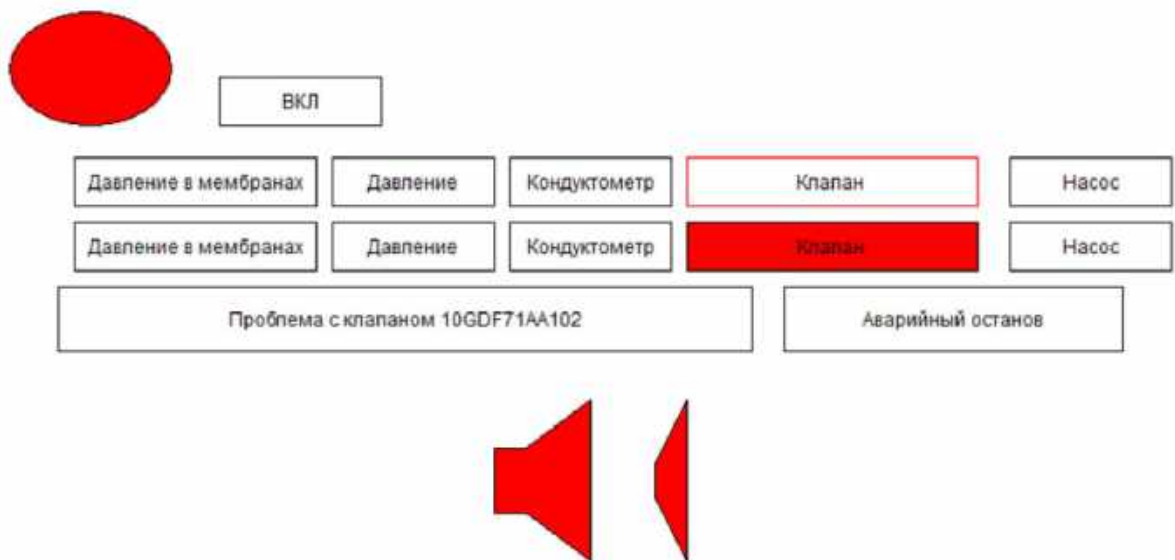


Рисунок 30 – Візуалізація аварійної ситуації у середовищі CoDeSys

Далі була зроблена операція аварійного зупинки всієї установки, зупинка здійснюється вручну, але якщо протягом 10 секунд не буде натиснута кнопка зупинки, то кнопка буде протиснута автоматично (рисунок 31)



Рисунок 31 – Візуалізація аварійного зупинки у середовищі CoDeSys

4.3. Математичний опис роботи системи

Досліджувані об'єкт має показниками, залежними від часу, тобто. динамічними характеристиками. Це означає, що особливого значення набуває вивчення динаміки станів даного об'єкта при різних впливах, що обурюють. Основними параметрами системи є тиск води, що задається насосом, та час фільтрації, який залежить від витрати води.

На малюнку 32 представлено загальну математичну модель ділянки водопідготовчої установки GDF71.

Варто зазначити той факт, що всі дані, зібрані мною по ВПУ, засекречені, тому – ця інформація досить важлива для ЛАЕС.

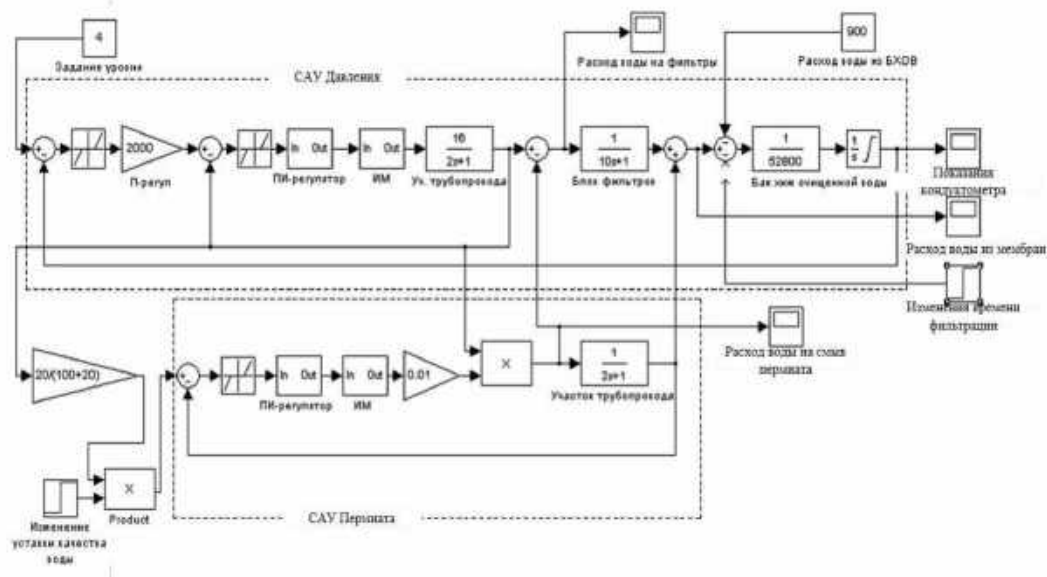


Рисунок 32 - Математична модель GDF71, побудована в Mathlab(Simulink)

4.3.1. Математичний опис насос

Головною характеристикою насоса є напірно-витратна характеристика. У математичному вигляді вона набуде вигляду:

$$H = h_0 \cdot \omega^2 + b \cdot \omega - r\mu \cdot q^2 \quad (6.3.1.1)$$

де h_0 – наведений напір насоса;

b - Коефіцієнт, що характеризує залежність між напором і подачею насоса;

$r\mu$ - коефіцієнт, що характеризує внутрішньо гідравлічний опір насоса.

Перші два члени показують процес передачі енергії від робочих лопатей рідини, а третій визначає сумарні втрати. Слід, що динамічні характеристики та інерційність задається двома першими членами рівняння. Для отримання динамічних залежностей, що характеризують поведінку насоса, позначимо z :

$$z = h_0 \cdot \omega^2 + b \cdot \omega \quad (6.3.1.2)$$

де: z – динамічна складова

Динамічну характеристику насоса з урахуванням перехідних процесів у ньому можна подати у вигляді:

$$T_H \frac{dz}{dt} + z = h_0 \cdot \omega^2 + b \cdot \omega$$

$$z = \frac{1}{T_H p + 1} (h_0 \cdot \omega^2 + b \cdot \omega) \quad (6.3.1.3.)$$

$$(6.3.1.4)$$

Варто відзначити, що насос із зворотним зв'язком по швидкості представляє механізм, який має махову масу, складену ротором електродвигуна і робочими лопатями насоса і має механічну постійну часу.

Насос, на основі системи рівнянь, набуде наступного вигляду:

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_M} (\Delta M - \Delta M_c) \quad (6.3.1.5)$$

$$T_3 \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M = \beta (\Delta\omega_0 - \Delta\omega) \quad (6.3.1.6)$$

$$T_{ПЧ} \frac{d\Delta\omega_0}{dt} + \Delta\omega_0 = k_{ПЧ} \Delta U_{PC} \quad (6.3.1.7)$$

$$T_{PC} \frac{d\Delta U_{PC}}{dt} = \Delta U_y - k_{PC} T_{PC} k_{OC} \frac{d\Delta\omega}{dt} - k_{PC} T_{PC} k_{OC} \Delta\omega \quad (6.3.1.8)$$

$$T_H \frac{dz}{dt} + z = h_0 \cdot \omega^2 + b \cdot \omega \quad (6.3.1.9)$$

Для зручності дослідження перехідних процесів динаміки системи зі зворотним зв'язком за швидкістю, після нескладних перетворень, систему рівнянь представимо у такому вигляді:

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{1}{\beta T_M} (x_2 - A), \quad (6.3.1.10)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{\beta}{T_3} x_3 - \frac{\beta}{T_3} x_1 - \frac{\beta}{T_3} x_2 \quad (6.3.1.11)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = \frac{k_{ПЧ}}{T_{ПЧ}} x_4 - \frac{1}{T_{ПЧ}} x_3 \quad (6.3.1.12)$$

$$\frac{dx_4}{dt} = u - \frac{k_{PC} T_{PC} k_{OC}}{T_{PC}} \frac{dx_1}{dt} - \frac{k_{PC} T_{PC} k_{OC}}{T_{PC}} x_1 \quad (6.3.1.13)$$

$$\frac{dx_5}{dt} = \left(\frac{b}{T_H} + \frac{2h_0 x_0}{T_H} \right) x_1 - \frac{1}{T_H} x_5 \quad (6.3.1.14)$$

де: $x_1 = \Delta\omega$, $x_2 = \Delta M$, $x_3 = \Delta\omega_0$, $x_4 = \Delta U_{PC}$, x_0 – коефіцієнти лінеаризації змінної ω .

Нижче представлено рішення системи рівнянь, при наступних параметри двигуна:

$R_{ном} = 7,5$ кВт; $n=3000$ об/хв; $\beta=5,085$; $T_e=0,05$ Параметри перетворювача частоти:

$$k_{ПЧ} = 5; T_{ПЧ} = 0,001$$

Параметри регулятора швидкості:

$k_{PC}=0,86$; $TPC = 0,35$; $k_{OC}=0,3$ А також параметри відцентрового насоса:

$$b=0,57; h_0=0,1; x_0=35; T_H=0,045$$

$$dx_1 = 1,96x_2 - 78,6x_1$$

$$dx_2 = 101,7x_3 - 101,7x_1 - 20x_2$$

$$dx_3 = 5000x_4 - 1000x_3$$

$$dx_4 = 5 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{3}}\right) - 0,74(1,96x_2 + 0,56x_1 - 80x_1^2) - 0,74x_1$$

$$dx_5 = 140x_1 - 20x_5$$

Динаміку системи можна досліджувати на структурній схемі моделі, представленої на рис 33:

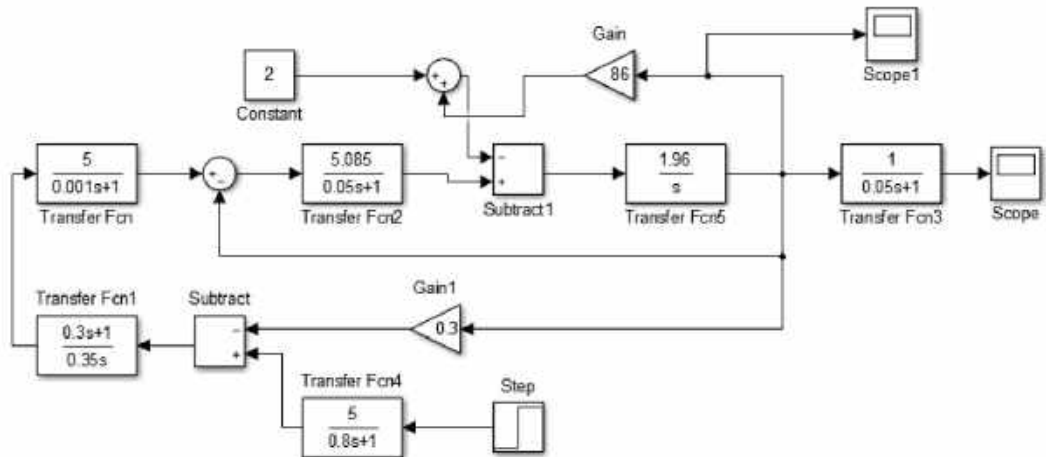


Рисунок 33 – Структурна схема математичної моделі

На рис 34 можна побачити графік залежності часу фільтрації системи від тиску води в трубопроводах. Ці дані було отримано на початку.



Рисунок 34 – Графік залежності часу фільтрації від тиску

Далі мною були проведені маніпуляції з насосом, так як він є ключовою фігурою в контурі GDF71 і всієї водопідготовчої установки, так як насос штовхає воду з тиском не перевищує 0.2 МПа, то було прийнято рішення подивитися, як поведеться система за інших умов, тобто змінюючи тиск подивитися, що з цього вийде.

На рис. 35 представлений графік роботи системи та насоса з тиском 0.4 МПа чи 4 атмосфери.

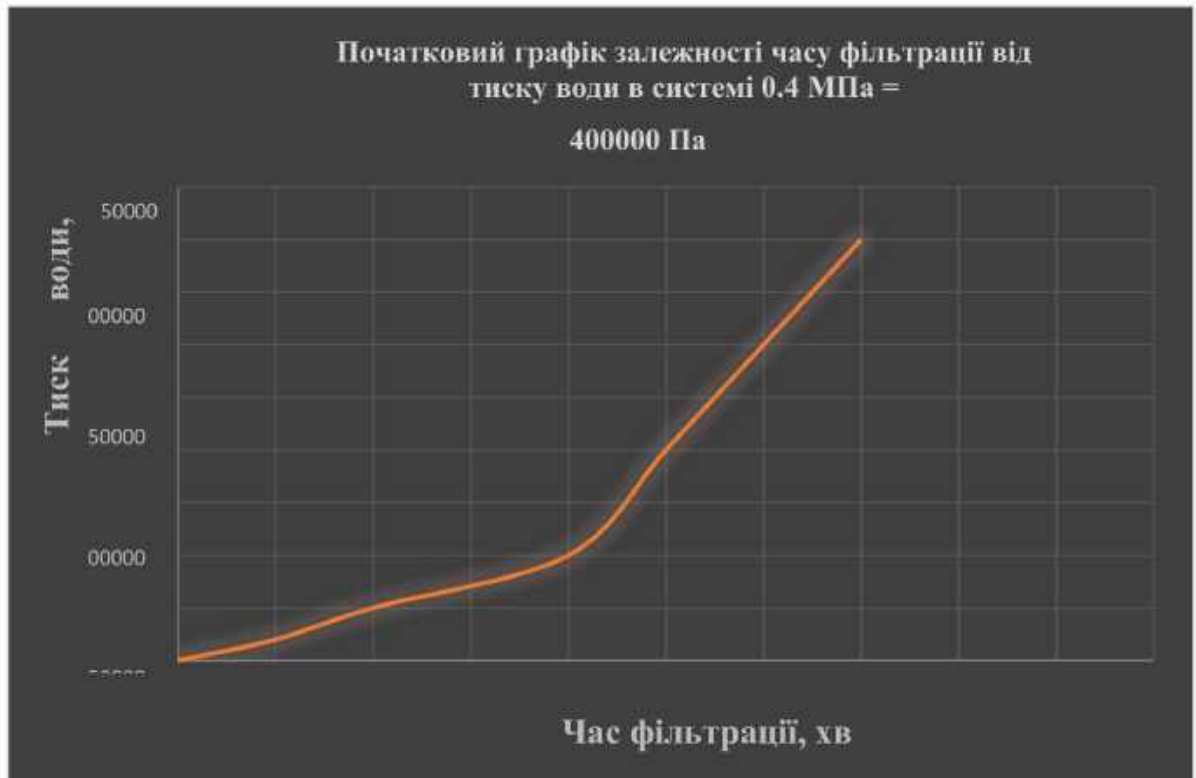


Рисунок 35 – Графік роботи системи при тиску 0.4 Мпа Для наочності сумісний 2 графіки (рисунок 36).

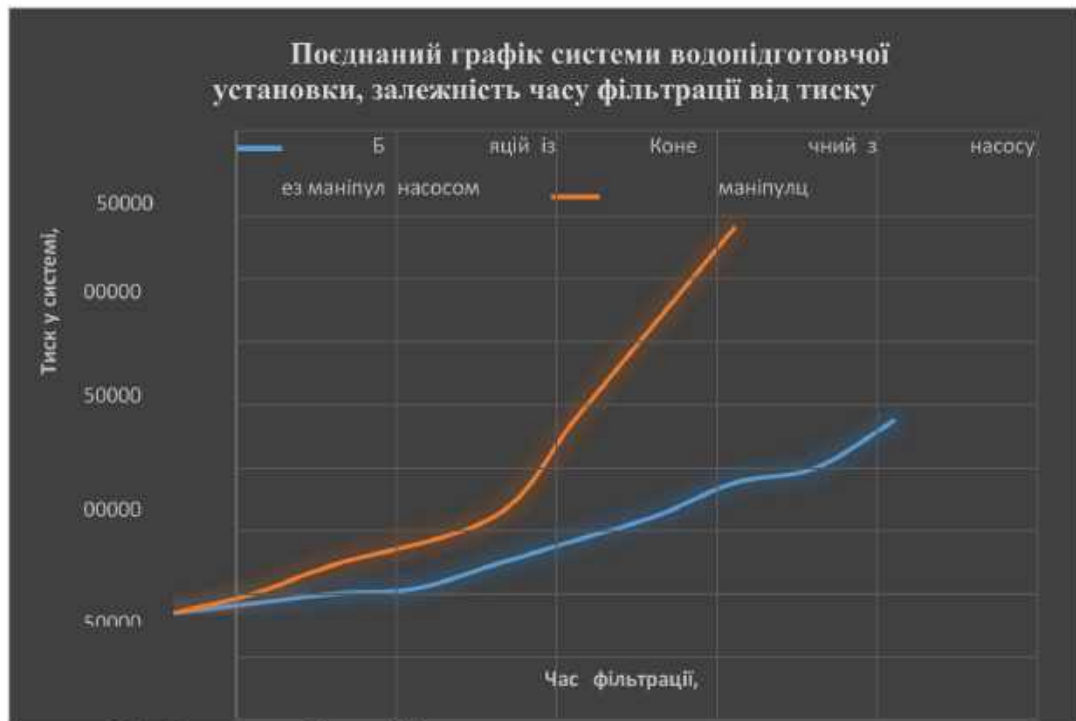


Рисунок 36 – Загальний графік системи

Висновок: Виходячи з отриманих даних можна дійти невтїшного висновку, що що вище тиск води у системі, то швидше процес фільтрації ВПУ.

Проведені маніпуляції з насосом і такі дані були отримані.



Рисунок 37 – Аварійний режим тиску, відмова системи

Висновок: Система ВПУ при виконанні симуляції процесу фільтрації води в аварійних умовах, зупинилася на позначці в 458000 Па або 0.48 МПа, з чого виходить, що моя кінцева система працює в 14.5% від аварійної відмови, я вважаю, що цього достатньо для того, щоб зробити висновок, що система може бути експлуатована з вищим тиском.

4.3.2. SCADA-система

На рис 38 показано SCADA – система складена у програмному забезпеченні TRACE MODE 6.

SCADA має:

- Основними трендами;
- Стан насоса;
- Аварійний зупинка;

-Автоматичний режим запуску системи.



Рисунок 38 – SCADA система водопідготовчої установки GDF71

Розділ 5. Ресурсоефективність і ресурсосбереження

Даний розділ призначений для аналізу конкурентоспроможності, ресурсоефективності та розрахунку бюджету розробки, що проводиться. Дана робота проводиться на ленінградській атомній електростанції і передбачає дослідження ефективності способу вирішення поставленої інженерної задачі, а саме застосування програмних пакетів, таких як Tia Portal, MATLAB, CoDeSys як засіб для модельного дослідження та автоматного управління водопідготовчою установкою. Оцінка перспективності, планування та формування бюджету наукового дослідження дозволяють аналізувати його економічну ефективність.

5.1. Потенційні споживачі результатів дослідження

Об'єктом розробки є система водопідготовчої установки шляхом зворотного осмосу. Потенційними споживачами системи можуть бути промислові підприємства (виробництво продуктів харчування, хімічних речовин), об'єкти житлово-комунальної сфери (котельні), лабораторії. Сегментування ринку проводиться за сферою використання та за розміром компанії-замовника. Карта сегментування наведена у таблиці 5.1.1.

Таблиця 5.1.1 – Карта сегментування

		Сфера використання		
		Промислові підприємства	Об'єкти ЖКГ	Лабораторії
Розмір організації	Великі			
	Середні			
	Дрібні			

У наведеній карті сегментування показано, що для реалізації розробки підходять дрібні підприємства харчової та хімічної промисловості, об'єкти ЖКГ, великі лабораторії. Для використання у великих організаціях потрібно впровадити в систему підтримку промислових мереж і налаштувати взаємодію з SCADA-системами.

5.2. Аналіз конкурентних технічних рішень

В Українському та зарубіжному ринку як виробники систем водопідготовчої установки виділяють кілька сегментів, основні лідери, що борються за тендер, це «ОВЕН» і «МЗТА»

Компанія «ОВЕН» спеціалізується на виготовленні різноманітних датчиків і контролерів, у тому числі і для САР температури. Крім постачання обладнання компанія здійснює розробку та впровадження проектів автоматизації на власному устаткуванні. Датчики тиску компанії «ОВЕН» здатні виконувати автоматичне налаштування параметрів залежно від об'єкта автоматизації.

Московський завод теплової автоматики «МЗТА» пропонує готові рішення, зокрема для автоматизації котелень та теплових вузлів, на власному програмно-технічному комплексі (ПТК «Контар») та забезпечує комплексну автоматизацію теплових об'єктів.

Порівняльна таблиця конкуруючих технічних рішень наведено у табл. 5.2.1.

Таблиця 5.2.1 – Порівняння конкуруючих технічних рішень

Критерії оцінки	Вага критерію	Бали			Конкурентоспроможність		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	До _ф	До _{к1}	До _{к2}
Технічні критерії оцінки ресурсоефективності							
Зручність в експлуатації	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Довговічність	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Надійність	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Безпека	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Точність вимірів	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Швидкодія	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Економічні критерії оцінки ефективності							
Ціна	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
Передбачуваний термін експлуатації	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5

Післяпродажне обслуговування	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Доступність	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Разом	1	48	43	42	4,6	4,15	4,35

За наслідками розрахунків табл. 7.2.1 можна зробити висновок, що розроблювана система конкурентоспроможна над ринком. Розробка програє аналогічним системам у зручності: компанії «ОВЕН» за рахунок відсутності можливості автоматичної ідентифікації та налаштування об'єкта; компанії «Інсат» за рахунок відсутності взаємодії зі SCADA-системами на даному етапі розробки. До сильних сторін можна віднести точність вимірювання тиску, надійність (за рахунок попереднього моделювання та можливості застосування складних алгоритмів управління), а також ціну розробки (економія за рахунок перенесення функцій ПЛК, що управляють, на програмний пакет MATLAB).

5.3. SWOT-аналіз

SWOT-аналіз проводиться для комплексної оцінки зовнішнього та внутрішнього середовища проекту. В силу того, що розробка системи автоматичного регулювання тиску є лише приватним способом застосування розглянутого підходу, при SWOT-аналізі розглядаються сильні та слабкі сторони, можливості та загрози стосовно способу вирішення поставленого завдання. Підсумкова матриця SWOT-аналізу наведена в табл.

Таблиця 5.3.1 – Матриця SWOT-аналізу

	Сильні сторони:	Слабкі сторони:
	C1. Попереднє моделювання.	Сл1. Витрати ПЗ для моделювання.
	C2. Можливість застосування складних алгоритмів керування.	Сл2. Витрати на додаткове навчання розробника та/або оператора.

	C3. Можливість швидкого зміни алгоритму управління. C4. Економія середньому рівні АСУ ТП за рахунок перенесення керуючої програми на верхній рівень (ПК).	Сл3. Сл4. Складність застосування підходу для управління швидкоплинними процесами.
Можливості: B1. Зростання вартості обладнання та, отже, зростання ціни помилки без застосування моделювання. B2. Зростання попиту з боку відповідальних та/або небезпечних виробництв. B3. Розробка підсистеми автоматичної ідентифікації B4. Використання пакета SimulinkRealTime	B1B2C1C2. Ефективність попереднього моделювання лише зростатиме. B3C3. Автоматична ідентифікація прискорить розробку таких систем із застосуванням MATLAB	B1B2C1C2. Потенційна вартість ймовірної помилки значно більша за вартість ПЗ для моделювання. B3C3. За реалізації ідентифікації зазначена слабка сторона нівелюється. B4C4. SimulinkRealTime дозволить створювати з моделей програми реального часу для управління швидкоплинними процесами

Загрози:	У1С2С3. Введення	У1Сл3.
У1. Зростання попиту на адаптивні та інтелектуальні регулятори контролери.	Зростання адаптивної складової під час розробки системи з використанням MATLAB та дозволить досліджуваному підходу	Спричинить конкурентне відставання, якщо не вводити в систему автоматичну ідентифікацію.
У2. Підвищені вимоги до безпеки даних	Підвищені залишатися конкурентоспроможним	У3Сл1Сл2. Можлива відмова від розглянутого підходу.
У3. Оптимізація витрат на підприємстві		

За підсумками SWOT-аналізу виявлено можливості для подальшого розвитку як справжньої системи автоматичного регулювання, так і загалом підходу до створення таких систем.

Для протидії загрозі У1 у систему слід ввести підсистему автоматичної ідентифікації та автоматичного налаштування параметрів датчика.

У разі пред'явлення підвищених вимог до безпеки даних (загроза У2), розробка може отримати конкурентне відставання, оскільки вітчизняних аналогів програмному пакету MATLAB не існує. У цьому випадку слід відмовитися від використання MATLAB та перенести керуючі функції на рівень SCADA-системи (наприклад, MasterSCADA), або використовувати більш дорогі контролери та реалізовувати складні алгоритми управління в них.

Для протидії загрозі У3 та скорочення витрат на розробку можна використовувати більш дешеві ПЛК або заощадити на датчику тиску на шкоду точності вимірювання.

5.4. Планування науково-дослідної роботи

5.4.1. Структура робіт

Перш ніж розпочати роботу над проектом, необхідно провести планування етапів роботи, позначивши при цьому зайнятість кожного з учасників, а також навести

терміни виконання кожного етапу. Структура робіт та розподіл зайнятості виконавців наведено у табл. 5.4.1.1.

Таблиця 5.4.1.1 - Структура робіт

Етапи роботи	Завантаження виконавців
1.Постановка цілей та завдань дослідження	НР - 80% І – 20%
2.Огляд об'єкта дослідження	І – 100%
3.Розробка алгоритму ВПУ	НР - 20% До – 10% І – 70%
4.Розробка програмного коду у Tia Portal	НР - 20% І – 80%
5.Розробка аварійного режиму у CoDeSys	І – 100%
6.Створення моделі в MATLAB	І – 100%
7.Порівняльний аналіз методів налаштування на моделі системи	І – 100%
8. Установка зв'язку з об'єктом проведення випробувань	До – 10% І – 90%
9. Математичний опис роботи системи	До – 15% І – 85%
10. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	І – 100%
11.Підведення підсумків	НР - 100%

Розробка графіка проведення науково-технічного дослідження

Трудомісткість виконання дослідження оцінюється експертним шляхом з ймовірнісного характеру величини. За одиницю виміру трудомісткості приймаються людино-дні. Очікувана трудомісткість розраховується за формулою [17]:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (5.1)$$

де $t_{ож}$ - очікувана трудомісткість виконання роботи чол.дн;

$t_{\min}$ - Мінімально можлива трудомісткість виконання заданої роботи, чол.дн;

$t_{\max}$ - максимально можлива трудомісткість виконання заданої роботи, чол.

Для побудови графіка проведення наукових праць у формі діаграми Ганта тривалість кожного з етапів робіт у робочих днях переводиться у календарні дні за формулою:

$$T_{KD} = T_{PD} \cdot K_{KD},$$

де T_{KD} – тривалість виконання роботи у календарних днях;

T_{PD} – тривалість виконання роботи у робочих днях;

K_{KD} - Коефіцієнт календарності.

Коефіцієнт календарності розраховується за такою формулою:

$$K_{KD} = \frac{T_{KD}}{T_{KD} - T_{ВД} - T_{ПД}},$$

де T_{KD} – кількість календарних днів на рік;

$T_{ВД}$ - кількість вихідних днів на рік;

$T_{ПД}$ – кількість святкових днів на рік.

Значення коефіцієнта календарності для 2024 [18]:

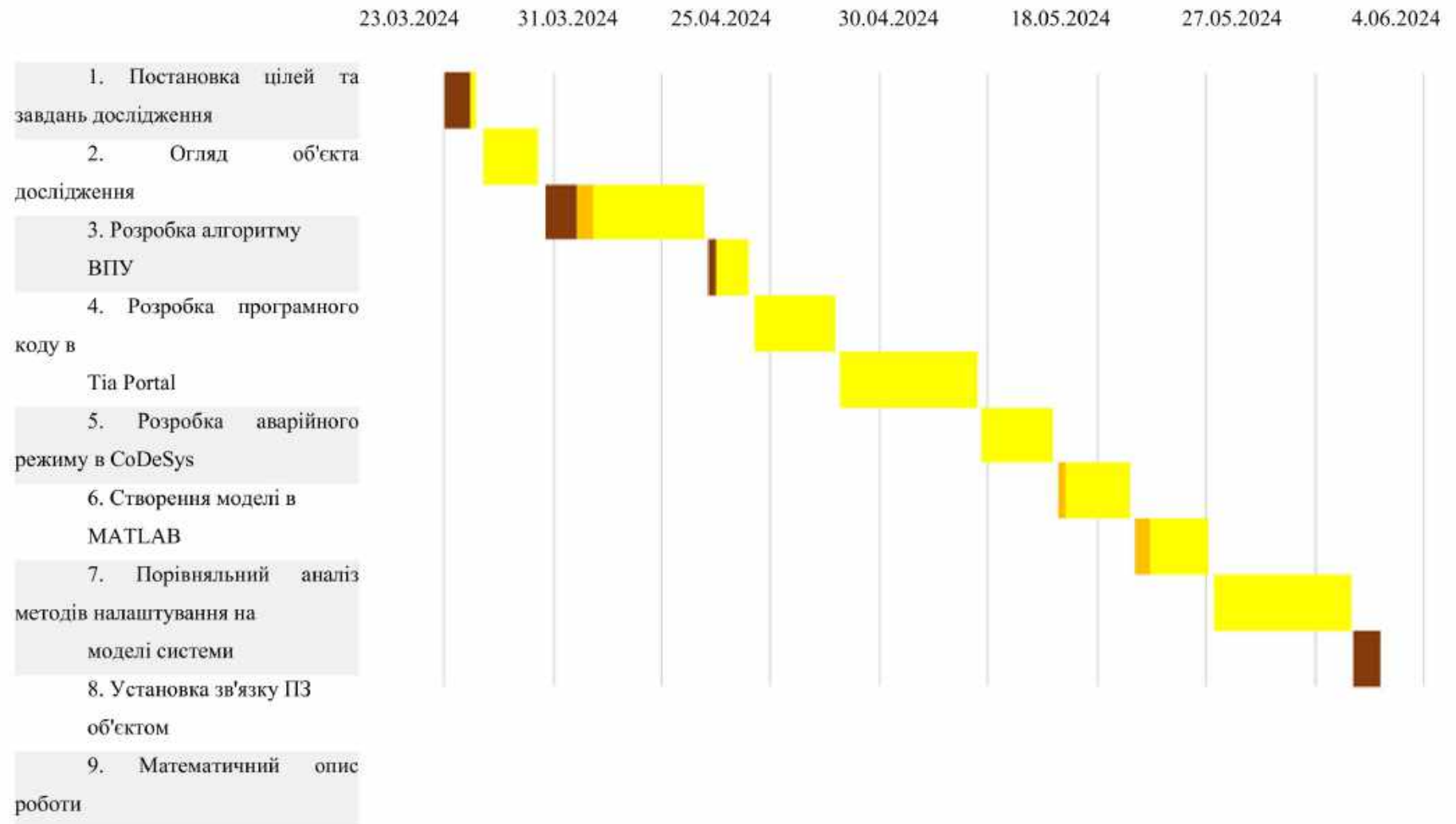
$$K_{KD} = \frac{366}{366 - 66} = \frac{366}{300} = 1,22$$

З урахуванням даних таблиці 5.4.1.1 та наведених вище формул складається розрахункова таблиця 57.4.2.1. Діаграма Ганта, що є календарним графіком робіт, наведено на рис. 5.4.2.1.

Таблиця 5.4.2.1 - Розрахунок трудовитрат на виконання робіт

Найменування роботи	Виконавці роботи	Тривалість робіт, дн.			Трудомісткість робіт за виконавцями, чол.					
		$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{о.з.}}$	T_{PD}			T_{KD}		
					НР	К	І	НР	К	І
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Постановка цілей та завдань дослідження	НР, І	3	4	3,4	2,72	0	0,68	3,318	0	0,83
2. Огляд об'єкта дослідження	І	5	7	5,8	0	0	5,8	0	0	7,076
3. Розробка алгоритму ВПУ	НР, К, І	12	24	16,8	3,36	1,68	11,76	4,099	2,05	14,35
Розробка програмного коду в Tia Portal	НР, І	3	6	4,2	0,84	0	3,36	1,025	0	4,1
4. Розробка аварійного режиму CoDeSys	І	6	12	8,4	0	0	8,4	0	0	10,25
5. Створення моделі у MATLAB	І	12	18	14,4	0	0	14,4	0	0	17,57
6. Порівняльний аналіз методів налаштування на моделі системи	І	6	10	7,6	0	0	7,6	0	0	9,272
7. Встановлення зв'язку ПЗ з об'єктом та проведення випробувань	До, І	6	10	7,6	0	0,76	6,84	0	0,927	8,345

8. Математичний опис роботи системи	К, І	6	10	7,6	0	1,52	6,08	0	1,854	7,418
9. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	І	12	18	14,4	0	0	14,4	0	0	17,57
10. Підведення підсумків	НР	2	4	2,8	2,8	0	0	3,416	0	0
Разом:				93	9,72	3,96	79,32	11,86	4,831	96,77



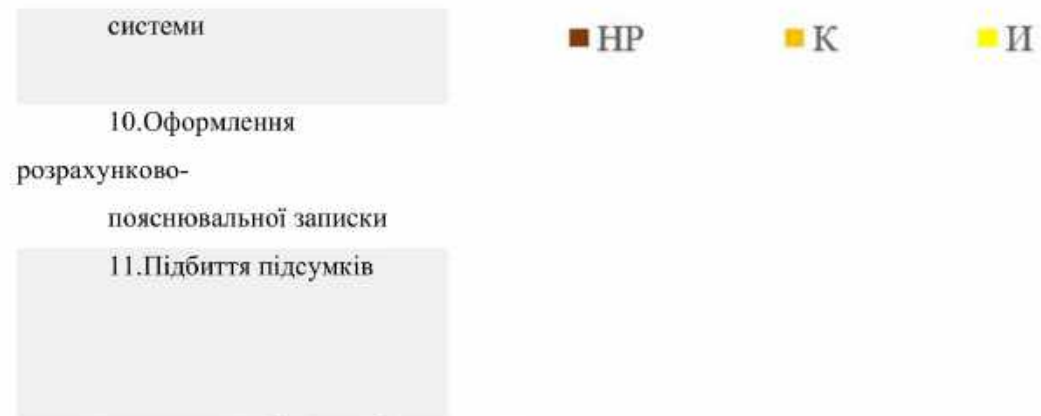


Рисунок 5.4.2.1 – Діаграма Ганта

З діаграми на рис. 5.4.2.1 видно, що практична частина всього дослідження займає близько двох календарних місяців. Порівняно великий проміжок часу на складання технічного завдання виділено для кращого його опрацювання та виключення необхідності повертатися до цього етапу надалі.

5.5. Бюджет науково-технічного дослідження

Планування бюджету дозволяє оцінити витрати на проведення дослідження до його фактичного початку та дозволяє судити про економічну ефективність роботи. У цьому розділі підраховуються такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- амортизаційні відрахування;
- заробітна плата виконавців;
- відрахування до позабюджетних фондів;
- накладні витрати.

5.5.1. Розрахунок матеріальних витрат

У цьому підрозділі оцінюється вартість усіх матеріальних цінностей, які безпосередньо витрачаються в процесі виконання робіт.

Теоретичні дослідження, і навіть моделювання системи вимагають ряд програмних продуктів: MicrosoftOffice, Mathcad, MATLAB, CODESYS та інших. Більшість з них надаються безкоштовно студентам ТПУ, інші знаходяться у вільному доступі в мережі «Інтернет». Таким чином, витрати на матеріали включають витрати на канцелярське приладдя, кабель для підключення до контролера лабораторного стенду. Для досліджень використовується персональний комп'ютер із безкоштовним доступом до ліцензії MATLAB. До матеріальних витрат також включаються транспортно-заготівельні витрати (ТЗР) у межах від 5% до 20% від загальної ціни матеріалів. Розрахунок матеріальних витрат наведено у табл. 5.5.1.1.

Таблиця 5.5.1.1 – Матеріальні витрати

Найменування	Ціна за од. грн.	Кількість, шт.	Сума, грн.
Офісний папір, упак. 500 аркушів	310	1	310
Зошит загальний, 48 л.	50	1	50
Кулькова ручка	30	3	90
Патч-корд RJ-45, кат. 5е, 2м	300	1	300
Разом			750
Разом з урахуванням ТЗР (10%)			825

5.5.2. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Написання випускної кваліфікаційної роботи за планом триває 5 місяців. Для моделювання та проведення розрахунків використовується персональний комп'ютер початковою вартістю 60 000 грн. Термін корисного використання для офісної техніки становить від 2 до 3 років [19]

Норма амортизації H_A розраховується як [20]:

$$H_A = 1/T \cdot 100\%, \quad (5.5.2.1)$$

де T – термін корисного використання, років.

Якщо прийняти термін корисного використання рівним 3 рокам, тоді норма амортизації H_A :

$$H_A = 1/3 \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (5.5.2.2)$$

Річні амортизаційні відрахування:

$$A_{год} = 60000 \cdot 0,33 = 19800 \text{ грн.} \quad (5.5.2.3)$$

Щомісячні амортизаційні відрахування:

$$A_{міс} = 19800/12 = 1650 \text{ грн.} \quad (5.5.2.4)$$

Підсумкова сума амортизації основних засобів:

$$A = 1650 \cdot 5 = 8250 \text{ грн.} \quad (5.5.2.5)$$

5.5.3. Розрахунок заробітної плати та відрахувань до позабюджетних фондів

Оклад наукового керівника (на посаді доцента) становить 33 664 грн, оклад консультанта (на посаді помічника) – 12 664 грн. Оклад студента (інженера) приймається рівним окладу відповідного спеціаліста нижчої кваліфікації, тобто. помічника і становить 12 664 грн. У 2020 році з урахуванням 48-денної відпустки 252 робочі дні. Середня кількість робочих днів на місяць становитиме 21 день. Середньоденна заробітна плата для керівника складе 1603,05 грн на день, для консультанта та інженера - 603,05 грн на день.

Заробітна плата включає основну і додаткову частини.

При цьому основна заробітна плата розраховується за такою формулою:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{пр} + K_{д}) \cdot K_p, \quad (5.5.3.1)$$

де

$ЗП_{дн}$ – середньоденна з/п, грн.;

$T_{РД}$ – трудомісткість виконання роботи у робочих днях;

$K_{пр}$ – Коефіцієнт преміювання;

$K_{д}$ – Коефіцієнт доплат;

K_p – Районний коефіцієнт.

Результати розрахунку основної заробітної плати за формулою 5.5.3.1 наведено у табл. 5.5.3.1.

Таблиця 5.5.3.1 - Розрахунок основної заробітної плати

Виконавці	$ЗП_{дн}$	K_p	$K_{д}$	$K_{пр}$	$T_{РД}$	$ЗП_{осн}$, грн
Керівник	1603,05	0,1	0,2	1,3	9,72	26332,98
Консультант	603,05	0	0,2	1,3	3,96	3725,4
Інженер	603,05	0	0,2	1,3	79,32	74620,92
Разом						104679,3

Додаткова заробітна плата розраховується за такою формулою:

$$ЗП_{дон} = ЗП_{осн} \cdot 0,12 , \quad (5.5.3.2)$$

де

$ЗП_{осн}$ - Основна плата, грн.

Відрахування до позабюджетних фондів розраховуються за формулою:

$$ЗП_{внеб} = (ЗП_{осн} + ЗП_{дон}) \cdot 0,3 , \quad (5.5.3.3)$$

де

$ЗП_{осн}$ - Основна плата,грн;

$ЗП_{дон}$ - Додаткова заробітна плата, грн.

Результати розрахунків за формулами 5.5.3.2 та 5.5.3.3 наведені в табл.

5.5.3.2.

Таблиця 5.5.3.2 – Розрахунок додаткової заробітної плати та відрахувань

Виконавці	$ЗП_{дон}$	$ЗП_{позаб}$
Керівник	3159,96	8847,88
Консультант	447,5	1251,73
Інженер	8954,51	25072,63
Разом	12561,97	35172,24

Накладні витрати приймаються у розмірі 10% від величини всіх інших витрат.

5.5.4. Розрахунок загальної собівартості

Розраховані у пунктах 5.5.1-5.5.3 витрати зведено до таблиці 5.5.4.1.

Таблиця 7.5.4.1 – Сумарні витрати

Найменування	Сума, грн.	Питома вага, %
Матеріальні витрати	825	0,464
Витрати на амортизацію	8250	4,64
Основна заробітна плата	104679,3	58,93
Додаткова заробітна плата	12561,97	7,07

Страхові внески	35172,24	19,8
Накладні витрати	16148,85	9,09
Разом	177637,36	100

У результаті підрахунку витрат за розробку проекту виявлено, що переважна більшість (63%) коштів витрачається на зарплатню виконавців.

5.6. Розрахунок ресурсної (ресурсозберігаючої), фінансової, бюджетної, соціальної та економічної ефективності дослідження

Ефективність розробки порівнюється аналогічними системами:

Система на основі програмованого логічного контролера «Siemens S7-1200» виробництва компанії «Siemens» загальною вартістю 197152,98 грн.

Система на основі ПТК Контар (ПЛК "МС 12.3") виробництва "МЗТА" загальною вартістю 185441,11 грн.

Ефективність розробки визначається шляхом розрахунку інтегрального фінансового показника.

Порівняльна оцінка ресурсоефективності аналізованих аналогів наведено у табл. 5.6.1.

Таблиця 5.6.1 - Порівняльна оцінка ресурсоефективності

Критерії оцінки	Вага критерію	Бали			Ресурсоефективність		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Зручність в експлуатації	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Довговічність	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Надійність	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Безпека	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Точність вимірів	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Швидкодія	0,05	5	4	4	0,25	0,25	0,2
Разом	1	22	24	21	3,95	4,1	3,8

Порівняльна ефективність системи, що розробляється, з аналогами наведена в табл. 5.6.2.

Таблиця 5.6.2 – Порівняльна ефективність розробки

№ п/п	Показники	Розробка	Аналог №1	Аналог №2
1	Інтегральний фінансовий показник I_{fin}	0,901	1	0,941
2	Інтегральний показник ресурсоефективності I_p	3,95	4,1	3,8
3	Інтегральний показник ефективності I	4,384	4,1	4,038
4	Порівняльна ефективність E розробки до аналогів		1,069	1,086

Порівняння значень інтегральних показників ефективності показало, що система автоматичного регулювання температури, що розробляється хоча і поступається аналогу №1 по ресурсоефективності, проте перевершує його за інтегральним показником ефективності за рахунок меншої вартості розробки.

5.7. Висновки за розділом 5

У даному розділі оцінено економічні спекти досліджуваного підходу до побудови системи автоматичного регулювання температури:

Виявлено потенційних споживачів результатів дослідження. Розробка може бути використана на великих підприємствах харчової, хімічної промисловості, об'єктах ЖКГ, а також у лабораторіях (див. підрозділ 7.1).

Проведено аналіз конкурентних технічних рішень. Виявлено двох конкурентів: компанія «ОВЕН» та Московський завод теплової автоматики («МЗТА»). Система, що розробляється, на поточному етапі поступається конкурентам за зручністю використання (див. підрозділ 5.2), проте виграє за рахунок застосування програмного пакету MATLAB, дозволяючи застосовувати математичне моделювання та складні алгоритми управління в сукупності з порівняно дешевим ПЛК.

У ході SWOT-аналізу основними загрозами зазначено: зростання попиту на адаптивні та інтелектуальні системи; підвищені вимоги до безпеки; оптимізація

витрат за підприємстві. Можливі шляхи зниження впливу виявлених загроз представлені у підрозділі 5.3.

Підрахунок витрат на розробку дозволяє зробити висновок, що основною статтею витрат у науково-дослідній роботі є заробітна плата виконавців: основна - 104679,3 грн. (58,93%), додаткова - 12561,97 грн. (7,07%). З другого краю місці страхові внески – 35172,24 грн. (19,8%). Потім йдуть накладні витрати - 16 148,85 грн. (9,09%). Найменше коштів йде на амортизацію обладнання - 8250 грн. (4,64%) і матеріальні витрати – 825 грн. (0,464%). Загальний бюджет розробки становив 177637,36 грн. Запланована тривалість роботи становить 114 днів.

У підрозділі 5.6 оцінено економічну ефективність розробки. Розроблювана система поступається аналогу №1 по ресурсоефективності через меншу зручність експлуатації цьому етапі, проте за порівняльним показником ефективності технологія перевищує аналогічні системи рахунок меншої вартості. Економія досягається рахунок використання менш продуктивного ПЛК, дозволяючи перенести управляючі функції на програмний пакет MATLAB.

У цілому нині, ефективність досліджуваного підходу попереднього моделювання системи у кожному даному випадку можна оцінити з можливих витрат за відновлення працездатності об'єкта за помилки розробника чи оператора системи автоматичного регулювання (найчастіше вартість промислових систем становить сотні тисяч, котрий іноді мільйони гривень).

Розділ 6. Охорона праці і навколишнього середовища

6.1. Характеристика об'єкта дослідження та сфери його застосування

Встановлення зворотного осмосу другого ступеня 10GDF71 призначена для приготування знесоленої води та для подачі її на іонообмінне очищення.

Вихідною водою для установки зворотного осмосу другого ступеня є частково знесолена вода після установок зворотного осмосу першого ступеня (10GDF31 - 10GDF35), що пройшла блок мембранної декарбонізації (10GDF41 10GDF42) і блок попереднього очищення 10GDF60 (складається з картри установок ультрафіолетового знезараження). Також за потреби передбачено блок коригування РН частково знесоленої води за допомогою блоку дозування лугу (10GDN40).

Вихідна вода на встановлення зворотного осмосу другого ступеня 10GDF71 подається насосом високого тиску 10GDF61APOOL насосної станції 10GDF61. Пермеат установки зворотного осмосу 10GDF71 надходить у баки знесоленої води 10GDF80BB001/002, звідки насосами знесоленої води GDF90AP001/002 подається до системи іонообмінного очищення GCF пермеату.

Працездатність установки зворотного осмосу характеризується такими основними показниками:

- питомою електропровідністю пермеату;
- витратою пермеату;
- перепадом тиску на установці.

При збільшенні питомої електропровідності пермеату установки на 100/0 або при зниженні витрати пермеату на 100/0 або при збільшенні перепаду тиску через установку на 1594 з метою відновлення характеристик зворотноосмотичних мембран проводиться хімічне миття кислотними та лужними розчинами (орієнтовно 1 раз на рік).

Хімічне промивання установки зворотного осмосу проводять за допомогою блоку промивання 10GDP30.

Відповідно до вимог проекту установці зворотного осмосу присвоєно код позначення системи kkS:

-LOGDF71.

Основні параметри установки наведені в таблиці 6.1.2

Таблиця 6.1.2 - Основні параметри установки

Найменування параметра		Значення
Кількість мембранних елементів, прим.		36
Тип мембранного елемента		в»јзо-400
Площа фільтрації мембранного елемента, м ²		37
Кількість копсів для мембранних елементів, шт		6
Продуктивність по пермеату, м ³ /год		45,2
Кількість поживної води, номінальна, м ³ /год		56,5
Кількість дренажної води (концентрат), м ³ /год		11,3
Напруга, В		380/220
Частота, Гц		50
Габаритні розміри, мм	Довжина	7085
	Ширина	1225
	Висота	1955
Основний конструкційний матеріал	Рама	AIS1304
	Трубопровідна обв'язка	AIS1316, ПВХ
Маса, кг		1900
Маса в робочому стані, кг		2400
Вода, що надходить на встановлення:	Мутність, NTU	не більше

Параметр наведено одного мембранного елемента BW30-400. Значення параметра «Затримування солей» ґрунтується на наступних тестових умовах: вміст NaCl у вихідній воді – 2 г/л; тиск – 1,55 МПа; температура вихідної води - 25 °С, рН = 8, вилучення пермеату - 1594.

Вид кліматичного виконання установки - УХЛ 4 за ГОСТ 15150. Установка розрахована на експлуатацію в закритих приміщеннях за температури від плюс 5 до плюс 45 °С.

Установка відноситься до класу безпеки 4 ПНАЕ Г-01-011-97, категорія сейсмостійкості III по НП-031-01.

Установка не повинна піддаватися впливу гідроударів різких короткочасних стрибків тиску у водяній магістралі. Відповідальність за наслідки гідроударів несе Замовник.

Склад установки

До складу установки зворотного осмосу RO 50 (10GDF71) входить:

- Шість мембранних корпусів (чотири в першому каскаді і два в другому);
- 36 шт. мембранних елементів Filmtec BW30-400 (24 шт. у першому каскаді, 12 шт. у другому;
- комплект запірної та регулюючої арматури;
- комплект з'єднувальних трубопроводів;
- прилади та пристрої системи контролю та управління, у тому числі кабелі;
- штуцери, бобишки для встановлення приладів контролю;
- фланці у відповідь з прокладками і кріпленням.

6.2. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки

У процесі здійснення трудової діяльності на оператора можуть впливати виробничі фактори, такі як: шум, вологість повітря, температура повітря, електромагнітне випромінювання, недостатнє освітлення. Для збереження здоров'я працівника передбачено низку заходів, які забезпечують безпеку трудової діяльності.

Робоче місце оператора є закрите, опалюване, вентильоване приміщення площею 20 м², в якому встановлено персональний комп'ютер.

Робоче місце має бути організоване відповідно до ГОСТ 12.2.032-78.

Робочі місця з персональними комп'ютерами по відношенню до світлових прорізів повинні розташовуватися так, щоб природне світло падало збоку, бажано зліва. Стіл може бути будь-якої конструкції, що відповідає сучасним вимогам ергономіки. Доцільно застосування столів, що мають окрему від основної стільниці спеціальну робочу поверхню для розміщення клавіатури. Використовуються робочі столи з регульованою та нерегульованою висотою

робочої поверхні. За відсутності регулювання висота стола має бути в межах (680 – 800) мм.

Глибина робочої поверхні столу повинна становити 800 мм (допустима не менше 600 мм), ширина – відповідно 1600 мм і 1200 мм. Робоча поверхня столу повинна мати гострих кутів і країв, мати матову чи полуматову чиннику. Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки щонайменше 600 мм, шириною – щонайменше 500 мм, глибиною лише на рівні колін – щонайменше 450 мм і лише на рівні витягнутих ніг – щонайменше 650 мм.

Клавіатура повинна розташовуватись на поверхні столу на відстані 100 300 мм від краю, зверненого до користувача.

Екран відеомонітора повинен знаходитися від ока користувача відстані (600 - 700 мм), але не ближче 500 мм.

Для забезпечення фізіологічно раціональної робочої пози, створення умов для її зміни протягом робочого дня застосовуються підйомно-поворотні робочі стільці з сидінням та спинкою, що регулюються по висоті та кутах нахилу, а також відстані спинки від переднього краю сидіння.

Конструкція стільця повинна забезпечувати:

- ширину та глибину поверхні сидіння не менше 400 мм;
- поверхня сидіння із закругленим переднім краєм;
- регулювання висоти поверхні сидіння в межах (400 – 550) мм та кутом нахилу вперед до 15° і назад до 5°;
- висоту опорної поверхні спинки (300 ± 20) мм, ширину – не менше 380 мм та радіус кривизни горизонтальної площини 400 мм;
- кут нахилу спинки у вертикальній площині в межах (0 ± 30)°;
- регулювання відстані спинки від переднього краю сидіння у межах (260 – 400) мм;
- стаціонарні або знімні підлокітники довжиною не менше 250 мм та шириною (50 – 70) мм;
- регулювання підлокітників по висоті над сидінням у межах (230 ± 30) мм та внутрішньої відстані між підлокітниками в межах (350 – 500) мм;

- поверхня сидіння, спинки та підлокітників повинна бути напівм'якою, з нековзним неелектризуючим, повітронепроникним покриттям, що легко очищається від забруднення.

Робоче місце повинно бути обладнане підставкою для ніг, що має ширину не менше ніж 300 мм, глибину не менше ніж 400 мм, регулювання по висоті в межах до 150 мм та по куту нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Поверхня підставки повинна бути рифлена і мати по передньому краю бортик заввишки 10 мм.

Режим праці та відпочинку передбачає дотримання певної тривалості безперервної роботи на ПК та перерв, регламентованих з урахуванням тривалості робочої зміни, видів та категорії трудової діяльності. При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви повинні встановлюватися в перші 8 годин роботи аналогічно до перерв при 8-годинній робочій зміні, тобто при роботі на ПК регламентовані перерви слід встановлювати через 2 години від початку зміни і через 2 години після обідньої перерви тривалістю 15 хвилин кожен. Протягом останніх 4 годин роботи, незалежно від категорії та виду робіт, кожен годину тривалістю 15 хвилин.

6.3. Виробнича безпека

6.3.1. Аналіз та виявлення шкідливих та небезпечних факторів

Розберемо шкідливі та небезпечні фактори, які можуть виникнути у лабораторії при проведенні досліджень процесу взаємодії краплі емульсії з нагрітою поверхнею (Таблиця 6.3.1.1). Шкідливі та небезпечні фактори, що впливають на працівника, встановлюються відповідно до ГОСТ 12.0.003-2015 «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація»[55].

Таблиця 6.3.1.1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Чинники (ГОСТ 12.0.003-2015)	Етапи роботи			Нормативні документи
	Розроб.	Виготов.	Експл.	
Відхилення показників мікроклімату	+	+	+	СанПіН 2.2.4.548-96 Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень [56] ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони [57]
Перевищення рівня шуму	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-14 ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки [58] СН2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на робочих місцях, у приміщеннях житлових, громадських будівель та на території забудови [59]
Відсутність чи нестача природного світла	+	+	+	СП 52.13330.2016 Природне та штучне освітлення [60] Актуалізована редакція СНіП 23-05-95 [61]
Нестача освітленості робочої зони	+	+	+	СанПіН 1.2.3685-21 "Гігієнічні нормативи та вимоги до забезпечення безпеки та (або) нешкідливості для людини факторів довкілля" [62]
Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини	-	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Електробезпека. Гранично допустимі рівні напруги дотику та струмів [49]
Підвищений рівень електромагнітних випромінювань	+	+	+	СП 2.2.3670-20 "Санітарно-епідеміологічні вимоги до умов праці" [47]
Підвищена температура поверхонь обладнання, зразків	-	+	+	ГОСТ Р 51337-99. Безпека машин. Температури поверхонь, що стосуються. [47]
Речовини, що мають властивості хімічного впливу на організм людини	-	-	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони [48]

Розглянемо виявлені шкідливі та небезпечні фактори: їх вплив на дослідника та допустимі норми впливу на організм людини.

Відхилення показників мікроклімату. Перебуваючи на робочому місці в лабораторії, людина зазнає впливу мікроклімату робочого приміщення. Мікроклімат приміщень створюється штучно з метою створення сприятливих умов для людей. Мікроклімат у робочій зоні визначається поєднанням температури, вологості та швидкості потоку повітря, що діють на людське тіло, а також температури навколишніх поверхонь. У лабораторії при проведенні досліджень процесу взаємодії краплі емульсії з нагрітою поверхнею нагрівання підкладки проводиться до заданої температури, що може призвести до підвищення температури повітря в приміщенні.

У разі відхилення фактичних параметрів мікроклімату від норм відбувається порушення терморегуляції. Накопичення тепла в організмі призводить до розладів нервової системи, секреторної діяльності шлунка, печінки, порушення обміну речовин. Стан мікроклімату в робочому приміщенні описано СНіП 2.2.4.548-96 «Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень» [48]. Робота в лабораторії, як правило, виконується сидячи, рідше стоячи і не пов'язана з ходьбою, не вимагає систематичних фізичних навантажень, підйому та носіння ваги. Встановлені гігієнічні нормативи для приміщень категорії роботи 1а наведені в таблиці 6.3.1.2.

Таблиця 6.3.1.2 – Оптимальні величини показників мікроклімату

Період року	Категорія робіт за рівнем енерговитрат	Температура повітря, °C	Температура поверхонь, °C	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	1а	22-24	20-24	40-60	0,1
Теплий	(До 120 ккал/год)	23-25	21-25		

Перевищення рівня шуму. Шум робить на організм як місцевий, так і загальний вплив. Збільшення рівня шуму може викликати прискорений пульс, високий артеріальний тиск, головний біль, безсоння, ослаблення уваги, уповільнення реакцій. Підвищений рівень шуму погіршує самопочуття, знижує

ефективність праці в середньому на 10%, призводить до професійних захворювань, таких як втрата слуху. Норми рівня шуму у приміщенні регламентується відповідно до [58]. Еквівалентний рівень звуку під час роботи в лабораторії не повинен перевищувати 60 дБ. Дослідження проводяться за включеної витяжної системи, нормальний рівень шуму для стандартної витяжки 45-55 дБ. Витяжна система включається безпосередньо при виконанні експерименту, потім відключається, з цього можна зробити висновок про те, що дослідник не потребує ЗІЗ.

Відсутність або нестача природного світла та недостатня освітленість робочої зони. Природне світло походить від прямих сонячних променів та розсіяного світла неба. Він варіюється в залежності від часу доби, хмарності. Недостатнє освітлення, глибокі та різкі тіні та інші несприятливі фактори викликають швидку втоми зору, що призводить до дискомфорту, зниження концентрації уваги та симптомів втоми [70]. Відповідно до санітарно-гігієнічних вимог у лабораторіях університету передбачено природне, штучне та комбіноване освітлення.

6.3.2. Обґрунтування заходів щодо зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів на дослідника

Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти крізь тіло людини. При дотику до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, на яких залишається заряд або з'являється напруга через випадкове включення в мережу, можливе ураження електричним струмом [39].

На місці оператора джерелом ураження електричним струмом є пошкоджені ізоляційні кабелі, несправні вимикачі, вилки, розетки та заземлення.

Електричний струм має на людину термічну, електролітичну, біологічну та механічну дію. Теплова дія струму проявляється опіками окремих частин тіла, нагріванням органів високою температурою, що спричиняє значні функціональні порушення. Електролітичний ефект при розкладанні різних рідин організму (вода, кров, лімфа) на іони, що призводить до порушення їх складу та фізико-хімічних

властивостей. Біологічна дія струму проявляється у вигляді подразнення та збудження тканин тіла, судомного скорочення м'язів та порушення внутрішніх біологічних процесів. Небезпека ураження електричним струмом для людини оцінюється за величиною струму, що проходить через його тіло, або контактної напруги. Для змінного струму частотою 50 Гц допустима контактна напруга 2, сила струму 0,3 мА; для струму частотою 400 Гц відповідно - 2 і 0,4 мА; для постійного струму - 8 В та 1 мА. Дані наведені для тривалості дії струму не більше 7 хвилин на добу.

Відповідно до [35] існують такі види захисту від перенапруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбуватися через тіло людини: ізолюючі пристрої та покриття; захисне заземлення та заземлюючі пристрої; пристрої автоматичного вимкнення; пристрої для забезпечення безпеки; знаки безпеки

Підвищений рівень електромагнітного випромінювання. Щит є джерелом високого рівня електромагнітного випромінювання, яке збільшує ризик серцево-судинних захворювань та негативно впливає на нервову систему. На практиці при обслуговуванні навіть потужних високовольтних електричних систем магнітна напруженість набагато нижча за небезпечну (у 8 разів). Отже, достатньо оцінити потенційний ризик впливу електромагнітного поля з урахуванням його величини. Для зменшення ступеня впливу електромагнітних випромінювань від щит необхідно робити перерви у роботі – по 15 хвилин кожні 2 години.

Підвищена температура поверхонь обладнання, зразків. Нагрівальний елемент нагрівається до температури близько 300 °С. Гарячі поверхні, доступні оператору, становлять небезпеку опіків. Дотик до гарячої поверхні може бути свідомим (наприклад, видалення нагрітого носія) або ненавмисним. Щоб оцінити ризик опіку гарячою поверхнею, необхідно знати фактори, що призводять до опіків при контакті шкіри з гарячою поверхнею. Основними факторами є: - температура поверхні; матеріал поверхні; тривалість контакту шкіри із поверхнею. При контакті від 1 до 10 з металевим покриттям, порога опіку становить 48 °С. Щоб уникнути ймовірності отримання опіків як ЗІЗ

використовуються брезентові рукавички.

Речовини, що мають властивості хімічного впливу на організм людини. Небезпека при використанні установки для спалювання: це наявність шкідливих викидів як в атмосферу, так і в навколишнє середовище, в якому встановлено установку, на додаток до високого ризику спалаху та вибуху. Для зменшення загазованості у приміщенні встановлено витяжну систему. Приміщення обладнане припливно-витяжною вентиляцією з нижнім та верхнім відсмоктуванням, що забезпечує рівномірний приплив свіжого повітря та виведення забрудненого повітря.

Розглянемо рішення, що обмежують вплив виявлених небезпечних та шкідливих факторів на дослідника, а також вимоги безпеки робіт, що виконуються в лабораторії, установках та пристроях, що генерують небезпечні фактори.

Нормалізація показників мікроклімату. У приміщенні працює природна неорганізована загальнообмінна вентиляція та система опалення, що дозволяє підтримувати мікрокліматичні умови, що відповідають нормативів. Вентиляція приміщення відбувається тільки між експериментами. По створенню нормальних умов праці необхідно забезпечити не тільки комфортні умови, але й необхідну чистоту повітря [57].

Зменшення рівня шуму. Для зниження цього шкідливого фактора на вихлопній трубі витяжної вентиляції встановлюються шумоглушники. Встановлені у віконному отворі склопакети поглинають певну кількість шуму, що надходить до лабораторії з вулиці.

Організація освітленості робочої зони. Як освітлювальні прилади в лабораторії встановлені люмінесцентні лампи типу ЛБ. Висвітлення робочому місці відповідає нормам.

Зниження ймовірності впливу підвищеної напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини. Обладнання, що використовується: нагрівальна плита, відеокамера, перистальтичний насос і персональний комп'ютер. Вимоги до нагрівального елемента електробезпеки:

перед початком роботи прилади заземлюють; забороняється допускати потрапляння рідких речовин у контакти сполуки; під час експлуатації необхідно стежити, щоб силовий кабель не торкався нагрітої поверхні; при тривалій перерві у роботі необхідно від'єднати від розетки прибої; Особливі вимоги пред'являються забезпечення електробезпеки користувачів, що працюють на ПК. До них відносяться: всі вузли ПК та підключені до них периферійні пристрої повинні отримувати живлення від однієї фази мережі. Корпус системного блоку та зовнішніх пристроїв має бути. Усі з'єднання між ПК та зовнішніми пристроями повинні виконуватися при вимкненому живленні.

За способом захисту людини від ураження електричним струмом лабораторне обладнання відноситься до 1 класу електротехнічної продукції, тобто все обладнання має захисну ізоляцію, заземлення відповідно. Відключення всієї мережі, крім чергового освітлення, здійснюється загальним вимикачем.

Зниження рівня електромагнітних випромінювань. Основним методом захисту від негативного впливу електромагнітного поля може бути раціональне розміщення комп'ютерного обладнання на робочих місцях за основним принципом - дотримання дистанції від користувачів ПК та інших основних джерел електростатичних і електромагнітних полів (дисплей, система, пристрій, елементи живлення та ін.).

Зниження температури поверхонь обладнання та зразків. Усі роботи з нагрівальним елементом необхідно проводити в умовах, що виключають можливість впливу на людину високих температур. Щоб уникнути опіків під час експериментів, необхідно витримувати відстань не менше 60 см про нагріту поверхню. Нагріті поверхні необхідно знімати у захисних окулярах та рукавичках. Поруч із нагрівальною пластиною має бути металева поверхня, на якій можна розмістити нагріті предмети для їх охолодження.

Обґрунтування заходів щодо захисту навколишнього середовища. Щоб знизити кількість шкідливих викидів, необхідно контролювати склад емульсій. При нестачі того чи іншого компонента відбувається недопалювання складу, що призводить до збільшення кількості відходів. Важливим аспектом є регулювання

температури нагрівального елемента, оскільки від цього параметра залежить поведінка емульсії при взаємодії з нагрітою поверхнею і кількість шкідливих викидів. Зменшити кількість шкідливих викидів можливо шляхом впровадження у систему уловлювачів та нейтралізаторів шкідливих речовин.

Гідросфера: Проблема забруднення природних поверхневих вод набула глобального масштабу. Людство намагається вирішити проблему різними способами. Низка заходів дозволяє довести до необхідних нормативів процес очищення забрудненої води.

- Механічна – за напрямом потоку встановлюються фільтри, що запобігають попаданню шкідливих компонентів у водойму. Недосконалий метод, що вимагає регулярного очищення фільтрів.

- Спеціалізована – вода проходить багаторічну систему очищення із застосуванням коагулянтів.

- Хімічна – Реагенти вступають у реакцію зі шкідливими забрудненнями та нейтралізують їх

Літосфера: внаслідок розливу води з перміатом. Невеликі обсяги вуглеводнів у ґрунті швидко руйнуються бактеріями і не становлять небезпеки, проте, коли великі обсяги пально-мастильних матеріалів потрапляють у ґрунт, фізичні властивості ґрунту змінюються. Ділянки, що знаходяться під постійним впливом розливів ПММ, не утворюють дернового горизонту понад п'ять років.

6.4. Безпека у надзвичайних ситуаціях

У роботі з водопідготовчою установкою та щитом управління найбільшу небезпеку становить загоряння. Оскільки, по-перше, перміат повинен зберігатися в окремому місці (є ризик займання) і, по-друге, проводяться експериментальні дослідження за високих тисків.

Під час експлуатації необхідно перевіряти стан датчиків зовнішнім оглядом та вимірюванням температури у приміщенні. Ознаками самозаймання є підвищення температури, у місці фільтрації установки. Якщо є ознаки самозаймання, необхідно усунути ці проблеми. Для усунення цих проблем використовуються спеціальні протипожежні склади для боротьби із загорянням

горючих речовин.

Як заходи пожежогасіння слід застосовувати такі заходи:

- у приміщенні мають бути засоби пожежогасіння, засоби зв'язку;
- електрообладнання та електроприлади повинні бути в робочому стані;
- для всіх співробітників потрібно періодично проводити заходи з техніки безпеки;

При нагоді пожежі розроблено план дій:

- у разі виникнення пожежі повідомити відповідального за ПБ, спробувати ліквідувати джерело загоряння наявними силами, використовуючи основні засоби гасіння пожежі (порошковий, вуглекислотний вогнегасник);
- повідомити про пожежу до пожежної служби за телефоном 01, 101 або 112, повідомте адресу, місце та причину пожежі;
- евакуювати людей;
- зустріти пожежну команду, за необхідності надати всю необхідну інформацію та надати допомогу у виборі оптимального маршруту до місця пожежі.

Робоче приміщення, в якому проводився експеримент, обладнане відповідно до вимог пожежної безпеки, описаних у цьому розділі.

6.5. Радіаційна безпека

Опроміненням називається вплив на людей іонізуючого випромінювання, яке може бути викликане зовнішнім впливом від джерел, що знаходяться поза тілом людини, або внутрішньою дією від джерел, що потрапили всередину організму.

Головною метою радіаційної безпеки є охорона здоров'я людей від шкідливого впливу П шляхом дотримання основних принципів та норм радіаційної безпеки, проведення робіт під контролем відповідальної особи.

Радіація при впливі на організм людини може викликати два види ефектів, що в клінічній медицині відносяться до хвороб: детерміновані порогові ефекти (променева хвороба, променевий опік тощо) та стохастичні без порогових ефектів (злоякісна пухлина, лейкози, спадкові хвороби).

Для забезпечення радіаційної безпеки при нормальній експлуатації необхідно керуватися такими основними принципами:

не перевищення допустимих меж індивідуальних доз опромінення громадян від джерел ІІ;

заборона всіх видів діяльності з використання джерел ІІ, при яких отримана для людини та суспільства доза не перевищує ризик можливої шкоди, заподіяної додатковим до природного фону опромінення;

підтримка на можливому низькому рівні з урахуванням економічних та соціальних факторів індивідуальних доз опромінення та кількості опромінених осіб при використанні будь-якого джерела ІІ.

6.6. Висновок за розділом 6

Як відомо, автоматика є найнебезпечнішою виробничою галуззю. Наслідки аварій на електростанціях та на виробництвах можуть завдати непоправної шкоди навколишньому середовищу та людству. Соціальна роль експериментального дослідження полягає у усуненні та попередженні небезпек при використанні емульсійного палива та його утилізації.

Враховуючи дані обставини, необхідність удосконалення технологічного процесу фільтрації води стає очевиднішою. Нові технології виробництва та використання високого тиску призводить до економії ресурсів, а також зниження впливу шкідливих викидів на навколишнє середовище. До таких перміатів відносяться склади, засновані на воді та декані у різних концентраціях. Результати експериментального дослідження є інформаційною базою для розробки та застосування технології ефективного використання для боротьби з вадами ВПЗ при взаємодії з високим тиском, перміатом, а також підтримки приміщення у чистому стані.

Висновки

В результаті виконання переддипломної практики було виконано та розглянуто поставлені цілі:

- були розглянуті основні сегменти водопідготовчоїустановки;
- було обрано програмне забезпечення, яке задовольняє поставленим вимогам;
- Складено алгоритм, водопідготовчої установки ділянки GDF71;
- написана програма аварійного режиму у середовищі CoDesys
- розроблено немосхеми SCADATRACEMODE, яка задовольняє поставленим вимогам;
- були отримані тренди залежності часу фільтрації установки від тиску;
- була отримана математична модель в Matlab водопідготовчої установки та насоса в цілому;
- були зроблені висновки щодо виконаної роботи

Література

1. Бучма І.М. Мікропроцесорні пристрої Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. – 236 с.
2. Sushabhan Choudhury. ZigBee and Bluetooth Network based Sensory Data Acquisition System [Електронний ресурс] / Sushabhan Choudhury, Piyush Kuchhal, Rajesh Singh. – doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.195 – P. 367-372.
3. Kyung Sup Kwak. An Overview of IEEE 802.15.6 Standard" [Electronic resource] / Kyung Sup Kwak, Sana Ullah, Niamat Ullah // 2010 3rd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL 2010), 7-10 Nov., 2010. – Rome, Italy. – DOI: 10.1109/ISABEL.2010.5702867.
4. Sushabhan Choudhury. ZigBee and Bluetooth Network based Sensory Data Acquisition System [Електронний ресурс] / Sushabhan Choudhury, Piyush Kuchhal, Rajesh Singh. – doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.195 –P. 367-372.
5. IEEE 802.11 ad: directional 60 GHz communication for multi-Gigabit-per-second Wi-Fi / Nitsche, T., Cordeiro, C., Flores, A. B., Knightly, E. W., Perahia, E., & Widmer, J. C. // IEEE Communications Magazine. – 2014. – 52 (12). – Pp. 132-141.
6. IEEE 802.11 ad: A standard for TV white space spectrum sharing / Flores, A. B., Guerra, R. E., Knightly, E. W., Ecclesine, P., & Pandey, S. // IEEE Communications Magazine. – 2013. – 51 (10). – Pp. 92-100.
7. Галай В.М. Теорія оптимальних систем автоматичного керування технологічними процесами: монографія/ В.М.Галай, К.Х.Зеленський, А.М. Сільвестров. – Полтава: ПНТУ, 2009. – 153 с.
8. Жлуктенко В. І. Економетрія/В. І. Жлуктенко, Н.К. Водзянова, С. С. Савіна, О. В. Колодінська (під ред. С. І. Наконечного). – Київ: Видавництво Європейського університету, 2005. – 550 с.
9. Зеленський К. Х. Комп'ютерні методи прикладної математики / К. Х. Зеленський, В. М. Ігнатенко, О. П. Коц. — Київ: Академперіодика, 2002. – 480 с.
10. Івахненко О. Г. Довгострокове прогнозування та керування скланими системами/О.Г. Івахненко. – Київ: Техніка, 1975. –250 с.
11. Нестеренко О.В., Ковтунець О.В., Фаловський О.О. Інтелектуальні системи і технології. Ввідний курс/ О.В.Нестеренко, О.В. Ковтунець, О.О. Фаловський. – Київ:Національна академія управління, 2017. – 90 с.
12. Островерхов М.Я. Методи дослідження електротехнічних комплексів і систем/М.Я. Островерхов, А.М. Сільвестров, К.Х. Зеленський/К.:

ТАЛКОМ, 2019. - 300 с.

13. Самсонов В. В., Тачиніна О.М. Методологія наукових досліджень та приклади її використання/Київ, НУХТ, 2022. – 385 с.
14. Сільвестров А. М. Багатократно адаптивні системи ідентифікації / А. М. Сільвестров, О. М. Паченко. – К. : Техніка, 1983. – 110 с.
15. Антонюк В. С. Методологія наукових досліджень: Навч. посіб./В.С.Антонюк, Л. Г. Полонський, В. І. Аверченков, Ю. А. Малахов. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2015. – 274 с.
16. Бідюк П.І. Методи прогнозування/П. Бідюк,О. Меньяйленко, О.Половцев. – Т 2. – Луганськ : Альма-матер, 2008. – 305 с.
17. Важинський С.Е., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень: Навч. посіб. /С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. –260 с.
18. Нова енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=244996332>
19. Дубовський С.В. Техніко-економічні оцінки перспективних природоохоронних технологій теплової енергетики України / С.В. Дубовський, В.С. Коберник // Проблеми загальної енергетики. –2013. – № 2(33). –С. 49-56.
20. Залознова Ю.С. Економічні та соціальні проблеми розвитку промисловості: монографія / Ю.С. Залознова; НАН України, Інститут економіки промисловості. –Київ, 2017. –288 с.
21. Ішук С.І., Гладкий О.В. Техніко-економічні основи промислового виробництва: навч. посібник. – К.: Академія, 2011. – 296 с.
22. Артюх С.Ф. Автоматизовані системи керування технологічними процесами в енергетиці / С.Ф.Артюх, М.А.Дуель, І.Г.Шелепов. – Харків, "Знання", –2001 р., –416 с.
23. Дуель М.О. Автоматизовані системи управління технологічними процесами енергоблоків теплових електростанцій (розробка, дослідження, впровадження): автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.13.07 / М.О. Дуель. –Харків, 1998. –36 с.
24. Савицький В. Технічні засоби автоматизації. - Львівська політехніка, 2018, -292с.
25. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів. -Ліра-К, 2017, -378с.
26. Ладанюк А. П.- Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування). Ліра-К, 2016, -312с.
27. Автоматизація технологічних процесів. Синєглазов В.М.,

Сергеев І. Ю. -Київ, 2015, -444с.

28. Автоматизація виробничих процесів. Підручник. Ельперін І.В., Пупена О.М., Сідлецький В.М. -Ліра К, 2017, -378с.

29. Основи автоматики та автоматизації, Пістун Є.П., Стасюк І.Д. - Львівська політехніка, 2018, -336с.

30. Теоретичні основи автоматики. Корчемний М.О., Клендій П.Б., Потапенко М.В. -Богдан НК, 2012, -304с.

31. Технології проектування комп'ютерних систем. Б.І. Масловський, В.І. Дрововозов, О.В. Коба. -Київ, 2015, -500с.

32. Обладнання автоматизованого виробництва Бочков В. М., Сілін Р. І., - Львівська політехніка. 2015, -404с.

33. Виконавчі пристрої систем автоматизації. Васильківський І. С., Фединець В. О., Юсик Я. П. - Львівська політехніка, 2020, -220с.

ВІДГУК
наукового керівника кваліфікаційної роботи
рівня вищої освіти “магістр”

виконаного на тему: **Аналіз та удосконалення системи керування водопідготовчою установкою**

студентом (кою) **КНЯЖЕВ Ілля Олександрович**

(прізвище, ім'я)

Студент Княжев І.О. виконав магістерську роботу на тему “Аналіз та удосконалення системи керування водопідготовчою установкою” повністю відповідно до завдання. Робота присвячена актуальному питанню дослідження та удосконалення систем керування водопідготовчою установкою та дослідженню питання їх ефективності в різних режимах роботи. Студент Княжев І.О. працював над роботою систематично, докладно вивчав рекомендуєму літературу, і правильно застосовував отримані знання. Графічна частина роботи виконана відповідно до норм і вимогами. Всі елементи схем в записці і кресленнях відповідають вимогам ЕСКД до розмірів умовних графічних позначень в електричних системах.

Робота має практичну значимість та наукову цінність

У цілому робота виконана грамотно, акуратно, основні цілі роботи досягнуті, а поставлені завдання виконані. Робота заслуговує оцінки “відмінно”.

Керівник кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Мезеря А.Ю.

(ім'я, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу

“__Магістр__” рівня вищої освіти

виконаний(у) на тему: **Аналіз та удосконалення системи керування водопідготовчою установкою**

студентом (кою) **КНЯЖЕВ Ілля Олександрович**_____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Студент Княжев І.О. виконав магістерську роботу на тему “Аналіз та удосконалення системи керування водопідготовчою установкою” повністю відповідно до завдання.

В роботі проведено досить глибоке дослідження характеристик систем керування водопідготовчою установкою. Визначені основні фактори, які впливають на поліпшення основних характеристик систем керування. Визначені області застосування систем керування, а також критерії їх ефективного використання.

Робота присвячена актуальному питанню підвищення ефективності систем керування. Це питання має високу практичну значимість, тому що енергозбереження є на сьогодні основним напрямком розвитку енергетики України. Вирішення цього питання дозволяє не тільки заощаджувати кошти на додатковому виробництві електроенергії, но і поліпшити питання екології.

Робота має практичну значимість та наукову цінність.

Графічна частина роботи виконана відповідно до норм та вимог. Всі елементи схем в записці і кресленнях відповідають вимогам ЕСКД до розмірів умовних графічних позначень в електричних системах.

Робота виконана на актуальну тему і відбиває високу інженерну підготовку автора.

Па роботі є наступні зауваження:

Бажано провести порівняльне дослідження хмарних систем керування водопідготовчими установками

У цілому робота виконаний акуратно, грамотно та заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент

__к.т.н., доцент__

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

__Буданов П.Ф.__

(ім'я, прізвище)