

(повна назва факультету)

(повна назва кафедри)

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи управління процесом попередньої очистки стічних вод на базі контролера Simens

(шифр і назва спеціальності)

_____ Теслюк Н.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Чихіра І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Чихіра І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Голотенко О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Дмитрів О.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Голотенко О.С

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 12 » листопада 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 174 - «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Теслюк Назар Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи управління процесом попередньої очистки стічних вод на базі контролера Siemens

Керівник роботи Чихіра Ігор Вікторович к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 12 » 11 2025 року № 4/7-962

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.12.2025

3. Вихідні дані до роботи технічна документація

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина 2. Технологічна частина 3. Конструкторська частина 4. Науково-дослідницька частина 5. Спеціальна частина 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Основні висновки.

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

1. Актуальність роботи. 2. Мета роботи. 3. Схематичне предст. способів очищення стічних вод.

4. Схема вертикальн. відстійника. 5. Схема магніт. обробки води. 6. Метод термічного очищення. 7. Техн. схема процесу отрим. демінералізованої води. 8. Спрощена техн. схема ділянки. 9. Секція попередн. очистки. 10. Організація інформ. потоків. 11. Вибір датчика. 12. Інтерфейс з'єднання контролера. 13. Вікна "LoadPreview" та "S7-PLCSIM". 14. Вікно входу в систему. 15. Автоматичн. режим роботи процесу. 16. Інтерфейс вибору графіка. 17. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзв.ситуаціях	доц. Тотосько О.В.		
	ст.викл Теслюк В.М.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	12.11-17.11.2025	
2	Технологічна частина	18.11-27.11.2025	
3	Конструкторська частина	28.11-05.12.2025	
4	Науково-дослідна частина	06.12-10.12.2025	
5	Спеціальна частина	11.12-15.12.2025	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.12-20.12.2025	
7	Основні висновки	21.12-22.12.2025	

Студент

(підпис)

Теслюк Н.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Чихіра І.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить 18 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 89 друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – 1 -друкованих сторінок формату А4.

Кваліфікаційна робота складається з шести розділів, в яких нараховується 39 рисунків та 9 таблиць з даними.

В роботі використано 21 літературних джерел.

Метою роботи є розробка та дослідження автоматизованої системи управління системою очистки стічних вод на базі контролера Simens Simantics S7-1200. Актуальність кваліфікаційної роботи магістра зумовлена потребою створення системи контролю та управління процесами очищення стічних вод, ефективність яких підвищується завдяки зменшенню вмісту промислових шламів шляхом використання додаткових резервуарів. У межах роботи також розроблено інтерфейс програмного забезпечення із застосуванням пакету TIA Portal. Окрім цього, приділено увагу питанням охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: автоматизована система керування, контролер, процес очищення, давач.

Теслюк Н.І. Розроблення автоматизованої системи управління процесом попередньої очистки стічних вод на базі контролера Simens. 174 — Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка / Н.І. Теслюк, — Тернопіль : ТНТУ, 2025. — 87 с.

ЗМІСТ

ВСТУП	07
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	09
1.1. Актуальність проблеми забруднення.....	09
1.2 Методи очищення	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	28
2.1 Метод, заснований на фізичних принципах	17
2.2 Хімічний метод очищення	18
2.3 Біологічний метод очищення.....	19
2.4 Метод фізико-механічного очищення.....	19
2.5 Метод фізико-хімічного очищення	20
2.6 Метод термічного очищення.....	20
2.7 Метод плазмохімічного очищення.....	22
2.8 Опис системи демінералізованої води	24
2.9 Характеристика готової продукції	25
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	27
3.1 Короткий опис установки попереднього очищення.....	27
3.2 Технологічний процес попереднього очищення води	28
3.3 Постановка задачі.....	36
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	38
4.1. Дослідження системи стабілізації	38
4.2 Пристрій та принцип роботи системи стабілізації	39
4.3 Вивчення системи стабілізації частоти насоса	39
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	46
5.1 Опис технологічного процесу.....	46
5.2 Автоматизовані процеси секції попереднього очищення.....	47
5.3 Розробка структурної схеми АС	47
5.4 Розробка схеми інформаційних потоків	50
5.5 Огляд і порівняльний аналіз контролерів.....	51
5.6 Вибір датчика та порівняльний аналіз	56
5.7 Розробка системи контролю та керування попереднього очищення води.....	62

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	74
6.1 Аналіз робочого середовища працівника	74
6.2 Проектування системи штучного освітлення приміщення	81
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	85
БІБЛІОГРАФІЯ	86

ВСТУП

Хімічна, целюлозно-паперова промисловість, а також чорна й кольорова металургія споживають значні обсяги водних ресурсів. Оскільки більша частина стічних вод надалі скидається у водойми, проблема очищення промислових стоків набуває особливої актуальності.

Вода є ключовою складовою формування екосистеми. Вона слугує основою, що забезпечує існування та розвиток мікроорганізмів, рослин і тварин. Розширення міських територій, розвиток енергетики, тваринництва та задоволення природних потреб населення спричиняють швидке зростання споживання водних ресурсів. Серйозну загрозу становлять різноманітні хімічні речовини, які широко використовуються в сучасному виробництві. Постійний розвиток промислових процесів поглиблює проблему забруднення, змінюючи склад стічних вод, що зумовлює потребу у створенні нових та вдосконаленні наявних методів очищення.

Замкнутий водообіг може стати ефективним рішенням цієї проблеми. Проте його впровадження потребує розробки спеціальних схем і обладнання, а також значних фінансових витрат. Перспективним напрямом у створенні нових технологій вважається застосування деструктивних методів, що ґрунтуються на глибокому перетворенні органічних речовин. Окисно-відновні реакції, активовані різними фізико-хімічними реагентами, дають змогу повністю розщеплювати складноокиснювані органічні сполуки та перетворювати їх на легкоокиснювані.

Існує два основні напрями дослідження та вдосконалення процесу знезараження стічних вод:

1. Створення принципово нових методів глибокого очищення із застосуванням фізико-хімічних технологій та їх поєднання з біологічними способами;
2. Розробка методів доочищення, спрямованих на підвищення ефективності вже існуючих систем видалення забруднень.

Основним способом скорочення обсягів скидання стічних вод і запобігання забрудненню водойм є впровадження замкнених водогосподарських систем. Замкнена система водопостачання промислового підприємства — це така система, у якій вода використовується у виробництві багаторазово, без очищення або після відповідної підготовки, що дозволяє уникнути утворення відходів і потрапляння стічних вод у природні водойми.

Створення оборотних і замкнених систем водопостачання є найефективнішим способом скорочення споживання прісної води. Для запобігання забрудненню водного середовища використовують різноманітні способи очищення побутових та промислових стічних вод, які поділяються на п'ять груп: механічні, біохімічні, фізико-хімічні, хімічні та термічні

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Актуальність проблеми забруднення

Промислові стоки включають у себе відпрацьовані розчини, виробничі та промивні води, рідини систем охолодження, води після хімічного очищення, миття обладнання й виробничих приміщень, а також рідини, що утворюються під час очищення та транспортування відходів. Через різноманітність забруднювальних речовин, які містяться у цих стоках, особливо важливим є виділення та аналіз груп компонентів, склад яких визначає доцільність і ефективність використання коагулянтів і флокулянтів. Концентрація та склад забруднень істотно відрізняються на різних підприємствах і залежать від типу промисловості, режиму роботи, частоти залпових скидів, обсягів споживання води, виду сировини та способів утилізації відходів.

Залежно від характеру та походження забруднень промислові стічні води поділяються на кілька категорій:

- стічні води підприємств важкої металургії та виробництв мінеральних добрив;
- стічні води харчової, мікробіологічної та целюлозно-паперової промисловості;
- стічні води нафтохімічної та фармацевтичної промисловості.

Такий поділ дозволяє враховувати специфіку складу забруднень та підбирати оптимальні методи їхнього очищення.

Виробничі стічні води класифікують за загальним вмістом забруднюючих речовин наступним чином:

- слабко концентровані - із вмістом забруднень до 500 мг/л;
- середньо концентровані - від 500 до 5 000 мг / л;
- концентровані - від 5 000 до 30 000 мг/л;
- висококонтентровані - понад 30 000 мг/л.

На рисунку 1.1 представлено інформацію, що відбиває рівень забруднення водних об'єктів в Україні.

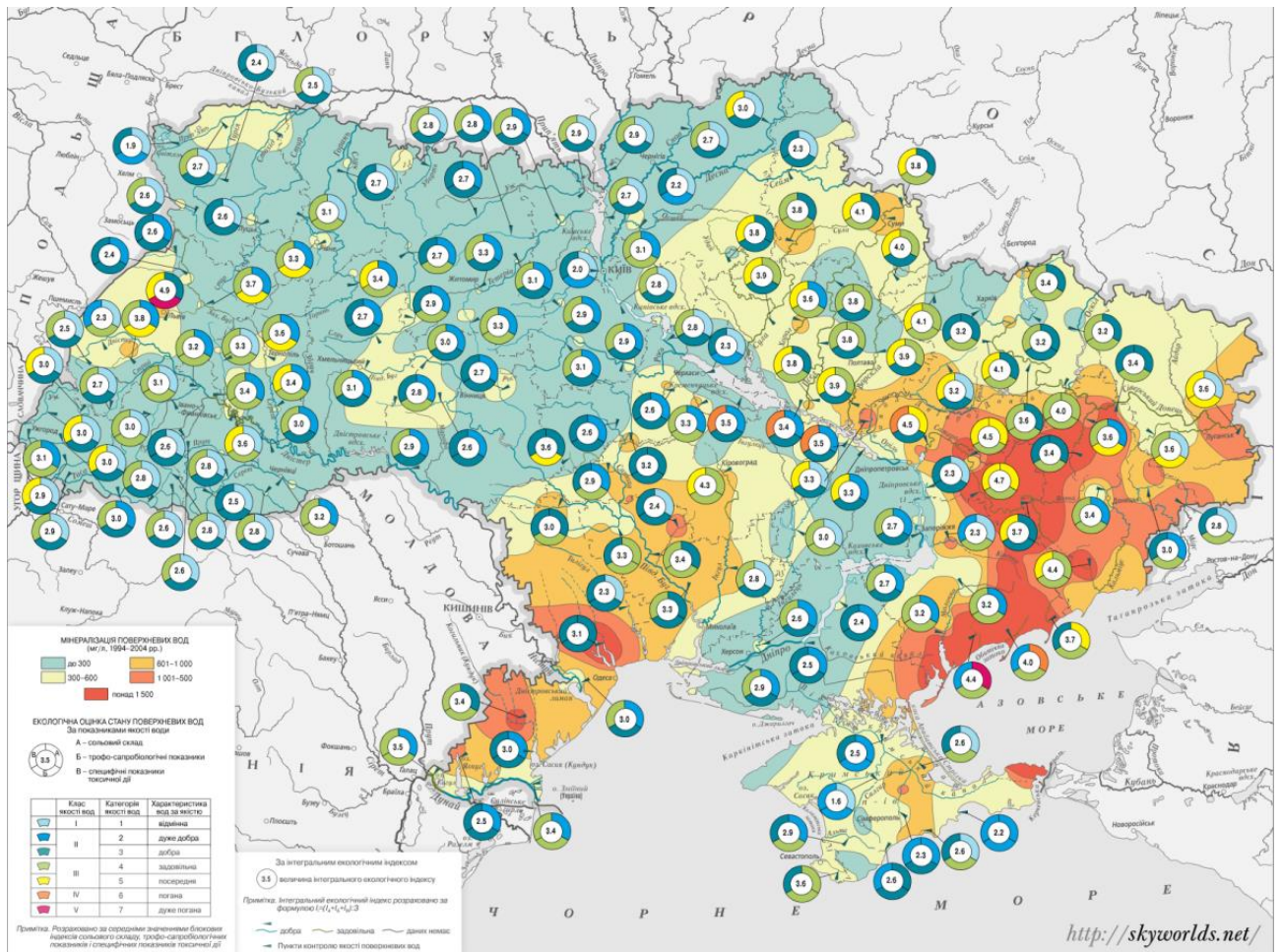


Рисунок 1.1 – Дані, що характеризують рівень забруднення водних об'єктів.

До найбільш значущих чинників, які негативно впливають на довкілля і здоров'я людини, ставляться забруднення водних об'єктів промисловими і комунально-побутовими стічними водами. З кожним роком проблема забезпечення високої якості очищення стічних вод стає все більш актуальною та потребує впровадження ефективних методів водопідготовки та контролю.

Промислові, господарсько-побутові та зливові стічні води включають у себе широкий спектр забруднювачів, серед яких нафтопродукти, олії, поверхнево-активні речовини, феноли, пестициди, гербіциди, важкі метали та різні органічні сполуки, що становлять серйозну небезпеку для людини та екосистем. Особливу загрозу становлять хлорорганічні сполуки та іони важких металів, що мають мутагенні властивості і здатні викликати порушення процесів ембріонального розвитку.

Вплив цих забруднювачів на водні екосистеми та гідробіонтів прямо пропорційний їх концентрації. Забруднення можуть викликати пряму токсичну дію на живі організми, призводити до порушення їх фізіологічних функцій, а також змінювати фізико-хімічні властивості довкілля. Негативні наслідки виявляються і при надходженні хлорорганічних сполук та солей важких металів із водних екосистем у ґрунтовий шар. У зв'язку з цим забезпечення ефективної та доступної очистки стічних вод виробничих об'єктів розглядається як один із ключових напрямів екологічної безпеки. Вирішення цього завдання сприяє поліпшенню стану довкілля та підвищенню якості життя населення.

Річки традиційно служили джерелом прісної води, проте нині вони нерідко стають каналами транспортування відходів. Забруднюючі речовини з водозбірних територій руслами річок надходять у моря та океани. Більшість використаної річкової води повертається у водні об'єкти як стічних вод. При цьому темпи зростання споживання води значно випереджають розвиток очисних споруд, що є одним із ключових факторів, що сприяють забрудненню водних ресурсів. Навіть при застосуванні сучасних методів очищення, включаючи біологічну обробку, частина забруднюючих речовин зберігається: всі розчинені неорганічні сполуки та до 10% органічних домішок залишаються у очищеній воді.

В даний час ключовою проблемою є забруднення прісних вод різними речовинами, включаючи пестициди та отрутохімікати, нафту та нафтопродукти, а також поверхнево-активні сполуки.

Крім хімічного забруднення, істотне значення мають також механічне, теплове, радіоактивне та біологічне забруднення. Згідно з санітарними правилами та нормами охорони поверхневих вод, скидання стічних вод у водойми не дозволяється, якщо існують більш раціональні технології, безводні процеси, системи повторного чи оборотного водопостачання, або можливість утилізації цінних компонентів стічних вод.

Широке поширення набуло послідовне використання водних ресурсів, при якому вода застосовується послідовно в декількох виробничих процесах або обладнанні або без додаткової обробки, або після відповідного очищення.

Особливо часто така система використовується у оздоблювальних виробництвах при промиванні чи фарбуванні продукції.

У ряді галузей промисловості 90–95% стічних вод використовують у системах оборотного водопостачання, призначених для багаторазового повторного застосування води у технологічних процесах. Використання систем оборотного водопостачання, де стічна вода очищується, охолоджується та повторно використовується, дозволяє знизити витрати природної води від 10 до 50 разів.

Водоканал щотижня відбирає проби води з 16 точок забірної річки і проводить аналіз за 20 показниками якості, серед яких основні іони, біогенні елементи, органічні речовини та важкі метали.

Таблиця 1.1 Ступінь забруднення річки

№	Найменування показників якості води	Одиниці виміру	Норма ГДК	Фактичні дані	
				Фактична концентрація	Кратність перевищення ГДК
1	Температура води	Градус Цельсія		26,0	
2	Водний показник			7,8	
3	Розчинений кисень	мг/дм ³		6,5	
4	ВЛК			2,3	
5	Хімічне споживання кисню	мг/дм ³		15	
ГОЛОВНІ ІОНИ					
6	Хлориди	мг/дм ³	300	311	0,4
7	Сульфати	мг/дм ³	100	86	0,9
8	Гароксиди	мг/дм ³	180	32	0,2
9	Магній	мг/дм ³	40	38	1,0
10	Мінеральні речовини	мг/дм ³			
БІОГЕННІ ТА НЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ					
11	Аммоній азот	мг/дм ³	0,39	0,08	0,2
12	Фосфор загальний	мг/дм ³		0,2	
13	Залізо загальне	мг/дм ³	0,1	0,09	0,9
14	Біор	мг/дм ³	0,017	0,012	0,7
МІКРОЕЛЕМЕНТИ					
15	Нікель	мг/дм ³	0,001	0,001	1,0
16	Цинк	мг/дм ³	0,01	0,001	0,1
17	Хром (6+)	мг/дм ³	0,02	0,002	0,1
18	Марганець	мг/дм ³	0,01	0,003	0,3
19	Мідь	мг/дм ³	0,01	0,002	0,2
ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ					
20	нафтопродукти	мг/дм ³	0,05	0,03	0,6

1.2 Методи очищення.

Очищення стічних вод — це процес їхньої обробки, спрямований на видалення або нейтралізацію шкідливих речовин. Звільнення стічних вод від забруднень є технологічно складним процесом виробництва. Подібно до будь-якого іншого виробництва, воно має свою «сировину» (стічні води) та «готову продукцію» (очищену воду). Складність цього процесу зумовлена тим, що вихідна сировина має не лише складну та змінну хімічну структуру, а й може

змінювати свої властивості з часом. Саме тому вибір найбільш ефективного методу очищення стічних вод є непростим завданням, адже воно потребує врахування різноманітних домішок у воді та суворих вимог до якості кінцевого продукту — очищеної води [5].

Для ефективного очищення стічних вод важливо враховувати класифікацію наявних у них домішок.

Перша група — це грубодисперсні домішки, до яких належать частинки ґрунту, піску, глини, емульсії, що потрапляють у водойми з промислових підприємств або внаслідок змивання ґрунтів. На поверхні таких частинок можуть знаходитися патогенні мікроорганізми, віруси чи радіоактивні речовини. Для видалення забруднень цієї групи застосовують фізико-хімічні методи, які дають змогу укрупнювати частинки за допомогою спеціальних реагентів із подальшим їх осадженням, проводити процес адгезії (прилипання частинок до поверхні інертних матеріалів), а також використовувати метод флотації, тобто видалення домішок разом із піною, що утворюється в очисних спорудах.

Друга група — колоїдні домішки, які перебувають у воді у вигляді дрібнодисперсних частинок (золів або високомолекулярних сполук). Такі речовини здатні змінювати колір води. Для їхнього видалення використовують коагулянти — спеціальні речовини, що сприяють злипанню та укрупненню частинок, полегшуючи їх подальше осадження.

Третя група — містяться гази та органічні сполуки, що розчинені у воді. Саме вони надають воді неприємних запахів, присмаків і забарвлення. Найефективнішими методами очищення від таких домішок є аерація — насичення або продування води повітрям; введення окисників, під дією яких руйнуються більшість органічних речовин; а також адсорбція — процес видалення домішок за допомогою активованого вугілля, що поглинає значну кількість забруднювальних речовин.

Четверта група — це домішки з іонним ступенем дисперсності. Солі, кислоти та основи, потрапляючи у воду, розпадаються на катіони й аніони. Очищення води від таких домішок полягає у зв'язуванні цих іонів за допомогою різноманітних методів.

Як, видно для кожної з наведених груп домішок існує широкий спектр методів очищення стічних вод. Вибір конкретного способу залежить як від характеру забруднень, так і від вимог, що висуваються до якості очищеної води. Окрім того, зазначені методи поділяються на рекупераційні та деструктивні (рисунок 1.2).

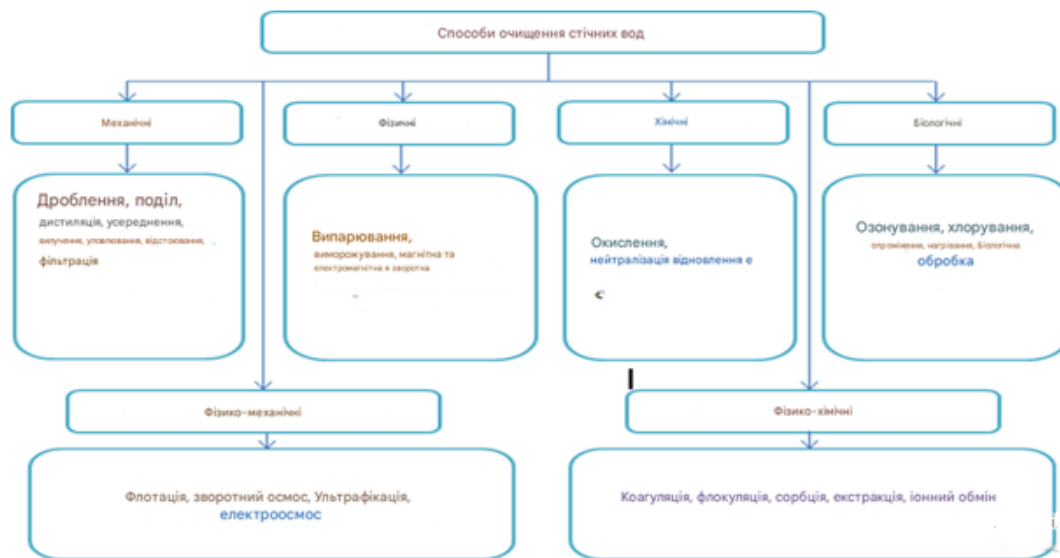


Рисунок 1.2 – Схематичне представлення способів очищення стічних вод

1.2.1 Механічний метод

Механічний метод передбачає усунення нерозчинних мінеральних і органічних домішок зі стічних вод. Основна мета такого очищення — підготувати воду до подальшої обробки біологічними, фізико-хімічними чи іншими методами глибокого очищення. Зазвичай механічне очищення виступає початковим етапом у процесі очищення виробничих стічних вод, хоча в окремих випадках може бути й завершальним.

Для здійснення механічного очищення використовують різноманітні споруди та обладнання, зокрема механізовані решітки, відстійники, пісколовки, жирословки, нафтовловлювачі та центрифуги.

Механізовані решітки.

Призначення цих споруд полягає у видаленні з стічних вод великих твердих забруднень із подальшим вивантаженням їх у сміттєзбірники. Для подальшого очищення застосовуються відстійники — споруди, які забезпечують осадження основної маси зважених і колоїдних частинок. Суть процесу відстоювання полягає у осіданні частинок нерозчинених речовин у стічних водах під дією гравітації. Залежно від конструкції відстійники поділяють на вертикальні, горизонтальні та радіальні.

Відстоювання

Процес відстоювання передбачає поділ дисперсного середовища на шари: верхній — плаваючі плівки, середній — водне середовище, нижній — осаджені важкі частки. Для виділення основної маси зважених і колоїдних частинок використовують вертикальні та горизонтальні відстійники. На малюнку 1.3 зображено вертикальний відстійник.

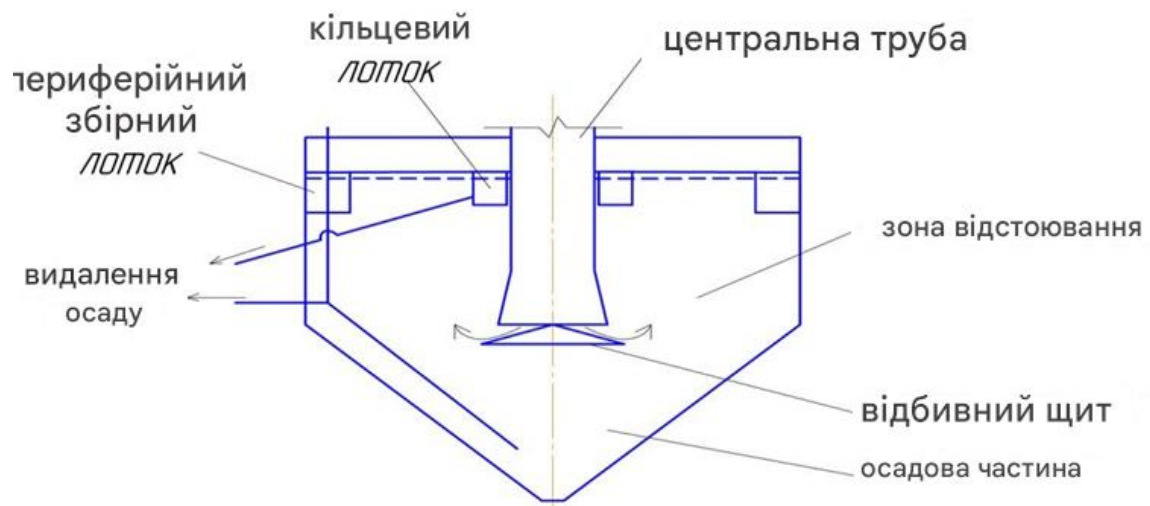


Рисунок 1.3 – Схема вертикального відстійника

Осадження та видалення механічних включень на етапі відстоювання запобігає їхньому гідролітичному розкладанню, загниванню та додатковому забрудненню води розчиненими і колоїдними речовинами на наступних стадіях очищення. Часто відстійні резервуари вдосконалюють шляхом встановлення тонкошарових модулів, які спрямовують утворені осади-пластівці під дією сили тяжіння в міжплощинному просторі до кінцевого днища. Осад, що накопичується, відкачується насосним обладнанням для подальшого механічного зневоднення.

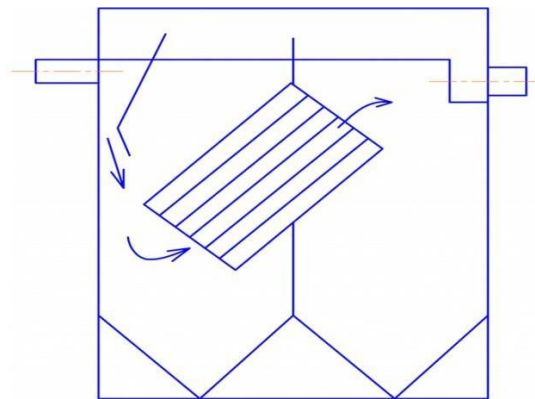


Рисунок 1.4 – Відстійник із встановленими тонкошаровими модулями

Видалення нафти, жирів та олій здійснюється у спеціальних відстійниках. Їхній принцип роботи базується на різниці питомих мас та коалесцентному ефекті: у відстійниках встановлюють пластини зі спеціальних олеофільних матеріалів, на яких зважені частки нафти накопичуються, тоді як вода відштовхується. Для підвищення ефективності очищення доцільно вводити коагулянт, який створює оптимальні умови для видалення більшості нерозчинних компонентів. Разом з осадом також видаляється частина нафтопродуктів. Гравітаційний принцип поділу фаз, при якому частки олії та жиру піднімаються на поверхню, застосовується в жироловлувачах. Вони зазвичай мають кілька відсіків: у першому осідають важкі частки, а в другому відбувається спливання легких мас.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Метод, заснований на фізичних принципах.

Основою фізичних методів очищення води є використання фізичних процесів, які впливають на воду або на домішки, що знаходяться в її складі. У процесі очищення великих об'ємів води такі методи використовують головним чином для вилучення значних твердих включень; вони є початковою стадією грубого очищення, яка дозволяє зменшити навантаження на наступні етапи тонкого очищення. Разом із тим, існують фізичні способи, здатні забезпечити глибоке очищення води, але їх ефективність у плані продуктивності, як правило, обмежена.

МАГНІТНА ОБРОБКА

Магнітна дія на воду пришвидшує кристалізацію солей, які формують накип, знижує концентрацію кальцієвих і магнієвих іонів і стимулює коагуляцію, результатом якої є випадання дрібнодисперсного осаду. Унаслідок такого впливу запобігається появі накипу в трубопроводах та апаратах, що покращує їхню роботу й зменшує кількість органічних відкладень, зокрема парафінових. Магнітна обробка промислових стічних вод сприяє швидкому й ефективному осадженню дрібнодисперсних частинок.

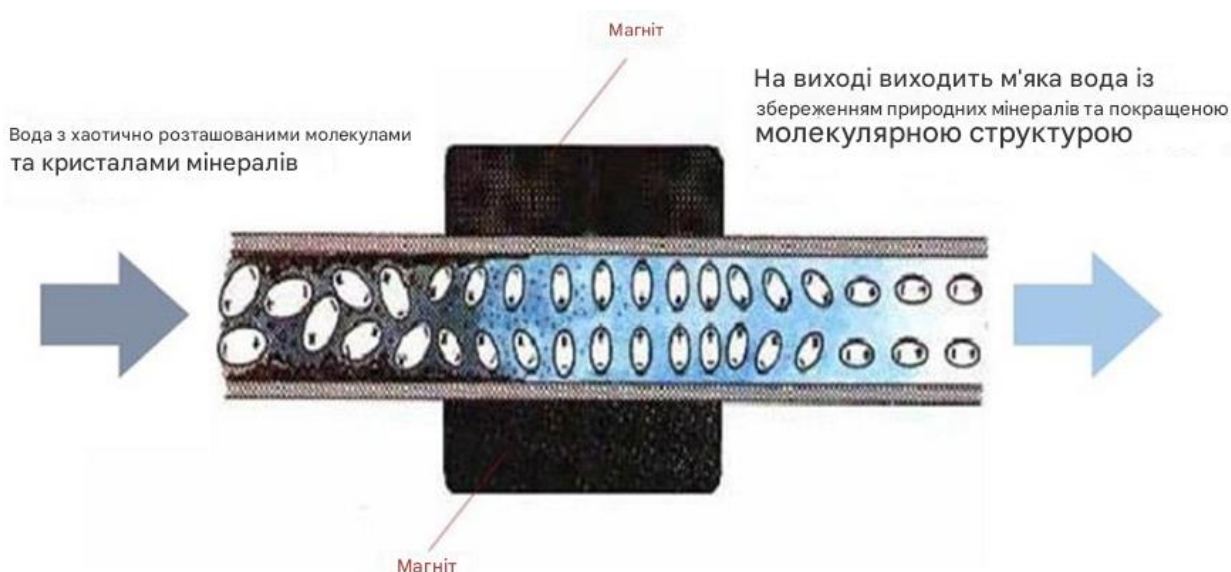


Рисунок 2.1 – Схема магнітної обробки води.

2.2 Хімічний метод очищення.

Хімічні методи очищення ґрунтуються на взаємодії реагентів із забруднювачами, унаслідок чого відбувається їх розклад на безпечні продукти або утворення нерозчинних сполук, які осаджуються й видаляються з води. Попри обмежену кількість можливих забруднювачів і хімічних реакцій, у яких вони можуть брати участь, існує кілька основних методів очищення, що відрізняються за характером хімічної взаємодії:

- нейтралізація;
- окиснення;
- відновлення.

НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ

Цей спосіб застосовують для видалення кислот і лугів під час очищення.

Найбільш поширеним методом є змішування стічних вод з кислотним і лужним середовищем.

Крім того, застосовують фільтрацію кислих вод із використанням нейтралізувальних реагентів.

Для проведення нейтралізації зазвичай використовують гідроксид кальцію (вапняне молоко), гідроксид натрію, доломіт та інші лужні сполуки.

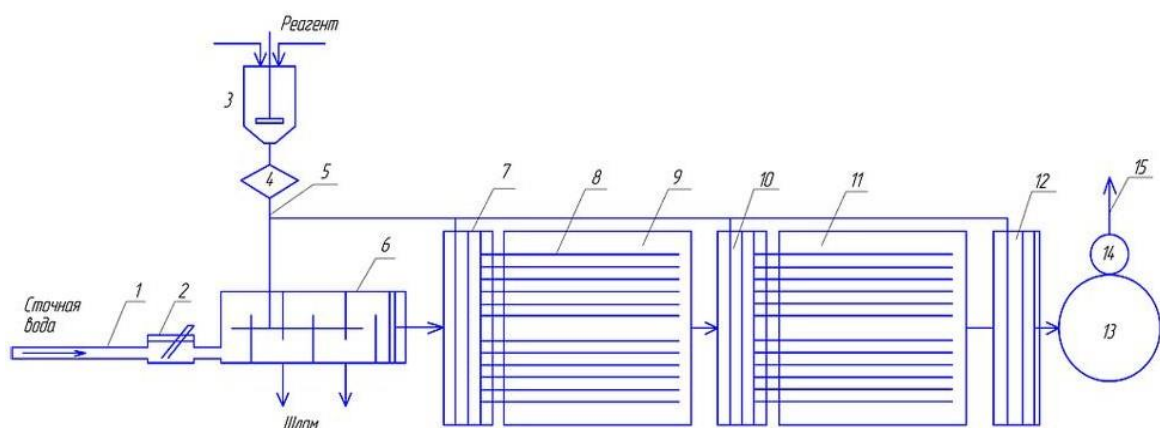


Рисунок 2.2 – Процес нейтралізації стічних вод

1 - колектор; 2 - ручні ґрати; 3 – мішалка; 4 – дозатор; 5 – центральний подаючий трубопровід; 6 – нейтралізатор; 7, 10, 12 – проміжні відстійники; 8 – мережа труб для подачі стічних вод; 9 – поверхнєве біоплато; 11 - біологічна ділянка очищення; 13 – резервуар для очищених вод; 14 – насосна станція; 15 - труба для подачі очищених вод

2.3 Біологічний метод очищення.

Біологічні (біохімічні) способи очищення є основними методами знешкодження стічних вод від органічних забруднень, що піддаються окисненню мікроорганізмами. Основу методу становить біологічне окиснення, яке дає змогу видалити з стічних вод значну частину органічних забруднень. Процес біологічного окислення є природним і протікає однаково як у водоймах, так і в очисних спорудах. Біологічне окиснення здійснюється завдяки спільноті мікроорганізмів (біоценозу), яка включає різноманітні бактерії, найпростіші, а також більш складні організми — водорості, гриби тощо.

Усі споруди для біологічного очищення можна умовно поділити на три групи залежно від розташування активної біомаси:

- біомаса перебуває у воді у вільному (зваженому) стані;
- мікроорганізми, прикріплені до нерухомого субстрату, по якому стічна вода ковзає тонким шаром;
- комбіноване розташування біомаси, поєднуючи обидва попередні варіанти.

До першої групи споруд відносять аеротенки, циркуляційні окисні канали та окситенки; до другої — біофільтри; до третьої — занурювальні біофільтри, біотенки та аеротенки із заповнювачами.

2.4 Метод фізико-механічного очищення

Флотація — це спосіб очищення стоків від твердих частинок, який базується на здатності цих часток за певних умов утримуватися на межі

розділу фаз «рідина — газ» (на поверхні повітряних бульбашок). Флотаційні установки застосовують для очищення стічних вод від масел, органічних домішок, таких як нафтопродукти, жири, смоли, гідроксидні з'єднання та поверхнево-активні речовини, дрібнодисперсних твердих частинок (менше 0,01 мм), полімерів, матеріали на основі волокон, а також для розділення мулових сумішей. Процес очищення стічних вод флотацією полягає у формуванні механічних сполук «частинка — бульбашка», підйомі цих сполук на поверхню та видаленні утвореного пінистого шару з рідини. Зворотний осмос (гіперфільтрація) — це безперервний процес молекулярного розділення розчинів, при якому їх пропускають під тиском через напівпроникні мембрани, що повному обсязі або локально затримують молекули та розчинені іони. При прикладанні тиску, що перевищує осмотичний (рівноважний), розчинник переміщується у зворотному напрямку — від розчину до незабрудненого реагента через мембрану, забезпечуючи високу селективність очищення. Ультрафільтрація — це мембранний процес розділення розчинів із недостатнім осмотичним тиском. Метод застосовують для відділення речовин з порівняно високою молекулярною масою, завислих частинок та колоїдів. У порівнянні зі зворотним осмосом ультрафільтрація є більш продуктивною, оскільки висока проникність мембран реалізується при тиску 0,2–1 МПа.

2.5 Метод фізико-хімічного очищення

Фізико-хімічні методи мають важливе значення для очищення стічних вод і використовуються як окремо, так і у комбінації з механічними, хімічними та біологічними способами. Основна ідея фізико-хімічних методів полягає в тому, що вони дозволяють видаляти з стічних вод тонкодисперсні та розчинені неорганічні домішки, а також розкладати органічні та важко окислювані речовини. У останні роки застосування цих методів значно розширилося, і їхня частка серед інших способів очищення постійно зростає.

Сучасні методи очищення стічних вод.

2.6 Метод термічного очищення

Термічні методи набувають застосування для очищення як мінералізованих стічних вод, так і стоків, що містять розчинені та нерозчинні органічні сполуки. До термоокислювальних методів очищення стічних вод з органічними домішками належать парофазне окиснення (вогневий метод), рідкофазне окиснення та парофазне каталітичне окиснення. Суть цих методів полягає в окисненні домішок киснем повітря при підвищених температурах з утворенням нетоксичних сполук. За теплотворною здатністю стічні води поділяють на ті, що можуть самостійно горіти, і ті, для термоокисного очищення яких потрібне додаткове паливо. До останніх належать води з ентальпією нижче 8400 кДж/кг. Установки для термічного очищення стічних вод повинні забезпечувати зниження концентрації шкідливих речовин у очищеній воді до рівня нижче ГДК, бути малочутливими до змін складу стоків, відзначатися надійністю та економічністю, а також мати високу продуктивність. Вибір методу визначається обсягом стічних вод, їхнім складом, теплотворною здатністю, корозійною активністю, економічністю процесу та вимогами до очищеної води. Термічні методи є енергоємними, тому їх зазвичай використовують для знешкодження невеликих обсягів концентрованих стоків.

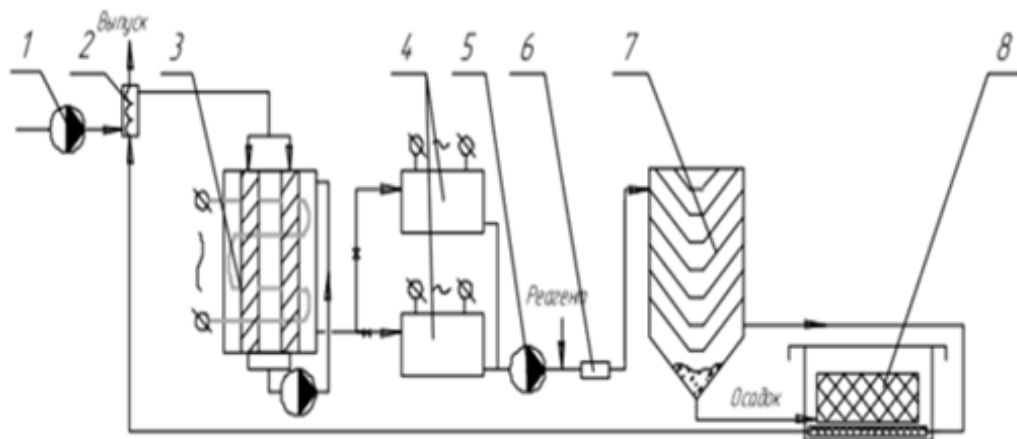


Рисунок 2.3 – Процес термічного очищення стічних вод

1-насосна станція; 2 – теплообмінний пристрій; 3- автоклав; 4 – електролізер; 5 – насосна станція; 6 – змішувач ; 7 – відстійник з дрібношаровими модулями; 8 – згущувач осаду зі вбудованим теплообмінним пристроєм

2.7 Метод плазмохімічного очищення

Плазмові технології застосовують для очищення промислових, спеціальних та побутових стічних вод, відновлення забруднених водойм, підготовки питної води та очищення води для технологічних потреб, особливо в умовах надзвичайних ситуацій. Крім того, їх застосовують у медичній, фармакологічній, харчовій, мікробіологічній та хімічній промисловості. Застосування плазмових технологій для очищення промислових і побутових стічних вод дає змогу реконструювати очисні споруди діючих підприємств без додаткових економічних витрат та обладнати ними нові об'єкти, що суттєво покращує стан навколишнього середовища та підвищує екологічну безпеку виробництва. Використання цих технологій також ефективно для відновлювальних заходів, що дозволяє повернути до господарського обороту значну частину втрачених водойм. Запропоновані технології здатні ефективно очищати стічні води від гірничорудних, електронних, механічних, нафтохімічних, мікробіологічних, фармацевтичних та агропромислових виробництв, а також гальванічні, хімічні, харчові стоки та стоки тваринницьких і птахівницьких комплексів. Технологія забезпечує очищення промислових стоків зі вхідною концентрацією забруднюючих речовин до кількох грамів на літр, досягнувши рівня очищення, що дозволяє скидати воду у відкриті водойми (річки, озера тощо) або в каналізаційну систему.

Технологія плазмового очищення промислових стічних вод має значні конкурентні переваги порівняно з іншими методами, серед яких:

- модульна конструкція;
- мобільність;

крекінгу та матриці. За плазмохімічною технологією проводять глибоку переробку нафти, газового конденсату, вакуумного газойлю, мазуту та інших видів вуглеводневої сировини. У цьому випадку вуглеводнева сировина, на відміну від традиційного багатоступеневого процесу, переробляється за одну стадію, і при цьому для переробки нафти не використовується водень. Вміст загальної сірки у вуглеводневій сировині не обмежується, при цьому в готових продуктах він не перевищує 0,01 %. Плазмохімічна технологія переробки нафти та інших видів вуглеводневої сировини є універсальною, оскільки дозволяє повністю переробити нафтову сировину у високоякісний набір вуглеводнів, що служить сировинною базою для нафтохімічної промисловості.

2.8 Опис системи демінералізованої води

Початковим етапом процесу перетворення вхідного потоку неочищеної води на демінералізовану є секція попереднього очищення. У цій секції здійснюється видалення твердих частинок, що можуть осідати в результаті фізико-хімічних процесів.

Після цього освітлена вода подається на передфільтри секції зворотного осмосу, де відбувається багатошарова фільтрація з метою вилучення дрібних завислих речовин, які не були усунуті на попередньому етапі. Далі проводиться хімічне очищення шляхом дозованого введення реагентів, після чого вода надходить до установки зворотного осмосу. На цій стадії відбувається поділ потоку на концентрат (розсіл) та фільтрат.

Отриманий фільтрат спрямовується до декарбонізатора, де з води видаляється вуглекислий газ. Потім, за допомогою насосів, вода подається до секції електродеіонізації, де здійснюється остаточне доочищення демінералізованої води за рахунок подальшого зниження концентрації іонів. Альтернативно може застосовуватись фільтрація у фільтрах змішаної дії (ФСД) [16].

Система демінералізації функціонує у такій послідовності етапів: попереднє очищення, фільтрація, процес зворотного осмосу та остаточна демінералізація.

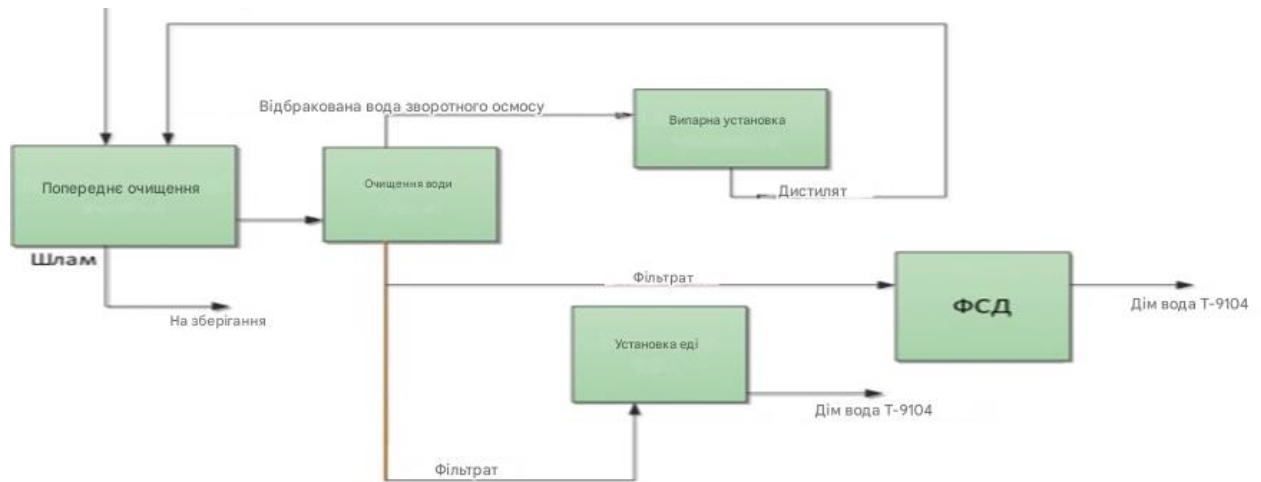


Рисунок 2.5 – Технологічна схема процесу отримання демінералізованої води

2.9 Характеристика готової продукції

Демінералізована вода застосовується для таких потреб:

- підживлення парових котлів;
- приготування лужних розчинів у резервуарах;
- забезпечення вимог до промивної води газових турбін;
- початкового заповнення системи охолодження (розчин, що містить 50% демінералізованої води та 50% моноетиленгліколю) у замкнутому контурі.

Вироблена демінералізована вода повинна відповідати вимогам, наведеним у Таблиці 2.1

Таблиці 2.1 – Характеристика демінералізованої води.

Параметр	Од.вим.	Значення
Електропровідність	мкс/см	<0.0625

рН	-	6.5-7.5
Розчинений органічний вуглець	мг/л	<0.2
Залізо, всього	мг/л	<0.01
Мідь, всього	мг/л	<0.003
Кремнезем	мг/л	<0.02
Натрій	мг/л	<0.01

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Короткий опис установки попереднього очищення

Система демінералізованої води використовує утилізовані водні потоки з виробництва для отримання демінералізованої води та її подальшого повторного використання на підприємстві. У разі запуску системи або нестачі утилізованої води застосовується сира вода як додаткове джерело.

Процес попереднього очищення сирі води включає етапи коагуляції, нейтралізації, флокуляції та освітлення. На цій ділянці здійснюється хімічне очищення повернених потоків утилізованої води з метою отримання освітленої води.

Як показано на рисунку 3.1, побічним продуктом процесу очищення є шлам, який направляється на тимчасове зберігання, а згодом — на утилізацію.



Рисунок 3.1 – Спрощена технологічна схема ділянки

Наведені нижче технологічні потоки проходять хімічне очищення в коагуляційній ємності T-9123 із застосуванням хлориду заліза. Цей реагент виконує функцію коагулянта, який сприяє об'єднанню зважених частинок із подібним електростатичним зарядом у мікрофлокули — дрібні агрегати частинок, що утворюються в процесі коагуляції.

Технологічні потоки утилізованої води самопливом із коагуляційної ємності надходять у ємність нейтралізації Т-9124, куди додаються сірчана кислота та гідроксид натрію для підтримання рівня рН у межах 6,5–8,0.

Далі вода самопливом потрапляє до ємності флокуляції Т-9125, куди дозується поліелектроліт. Під дією флокулянтів у цій ємності мікрофлокули з'єднуються у більші пластівці. Поліелектроліт, як флокулянт, сприяє осіданню механічних домішок у резервуарах статичного відстоювання. Його введення забезпечує зростання утворених раніше мікрофлокул у великі пластівці, які згодом осідають на дні відстійника.

Резервуари статичного відстою Т-9126 А–D виконують функцію сепараторів із похило розташованими пластинами, призначених для освітлення вхідних водних потоків шляхом осадження зважених механічних частинок. На виході з резервуарів освітлена вода піддається обробці гіпохлоритом натрію, після чого надходить на ділянку подальшого очищення.

Шлам, вилучений із резервуарів статичного відстою, направляється до загусника шламу F-9125 для додаткового відстоювання з метою зменшення вмісту води. До загусника додається поліелектроліт для підвищення ефективності процесу згущення. Надлишкова вода, що відділяється у верхній частині загусника, відводиться назад до коагуляційної ємності.

3.2 Технологічний процес попереднього очищення води

Надалі детально розглядається технологічний процес попереднього очищення води, який здійснюється з використанням такого обладнання [16]:

- ємність коагуляції Т-9123;
- ємність нейтралізації Т-9124;
- ємність флокуляції Т-9125;
- розподільна ємність Т-9138;
- резервуари статичного відстою Т-9126 А–D;
- згущувач шламу F-9125;

- буферна ємність освітленої води T-9127.

3.2.1. Ємність коагуляції

На ділянці попереднього очищення проводиться хімічна обробка потоків утилізованої води з заводу для отримання освітленої води. У ємності коагуляції T-9123 збираються та перемішуються різні водні потоки. У цю ємність також додається коагулянт, що ініціює процес очищення надходячої води.

Коагуляція являє собою процес дестабілізації колоїдів шляхом нейтралізації сил, які перешкоджають їх об'єднанню. Катіонні коагулянти, такі як Fe^{3+} (розчин хлориду заліза), надають колоїдам позитивний заряд, зменшуючи їхній негативний електрокінетичний потенціал. Це сприяє зіткненню частинок і формуванню більших агрегатів — пластівців.

Для рівномірного розподілу коагулянту у воді необхідне інтенсивне перемішування. Також важливо контролювати дозування коагулянту, оскільки його надлишок може змінити знак заряду частинок і відновити стабільність колоїдної системи.

Ключовим параметром процесу є рН. Оптимальний рівень рН залежить від властивостей оброблюваної води, типу коагулянту та його концентрації [12].

Якщо потреба у демінералізованій воді перевищує потік, що виробляється установками, додається сира вода. Датчик рівня регулює подачу сирової води до ємності T-9123 відповідно до необхідності підтримки рівня в буферній ємності освітленої води T-9127. Невелика частина освітленої води, що рециркулює від згущувача шламів F-9125, також подається до коагуляційної ємності. За потреби шлам, який зазвичай спрямовується в згущувач, може повертатися на повторну обробку в ємність коагуляції. Вміст ємності T-9123 самопливом перетікає в ємність нейтралізації T-9124.

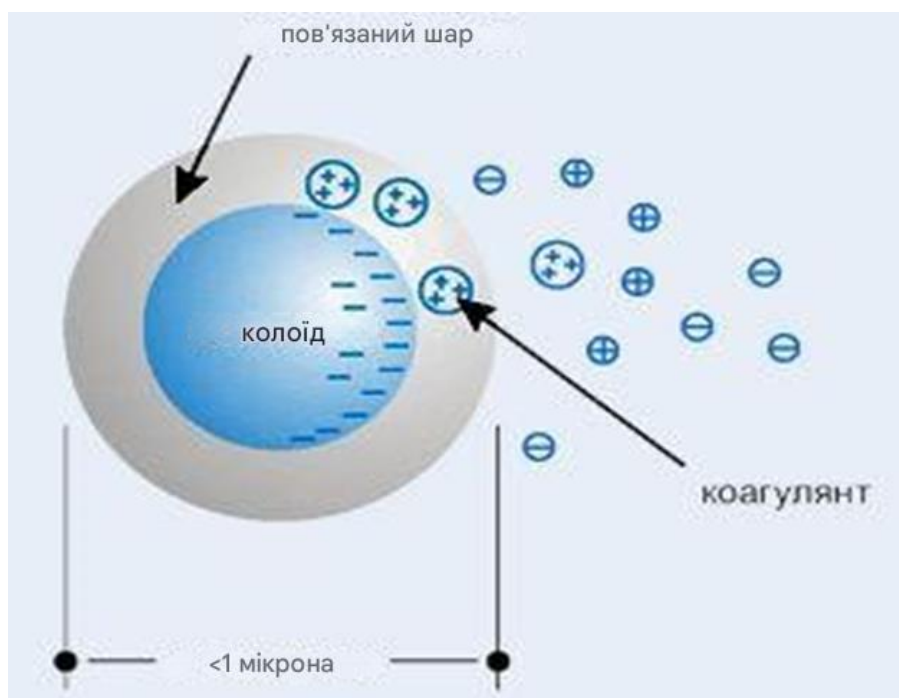


Рисунок 3.2 – Процес коагуляції

Подача хлориду заліза в ємність T-9123

Хлорид заліза виступає коагулянтом, який сприяє з'єднанню дрібних розчинених частинок у невеликі агрегати — мікропластівки. У подальшому ці мікропластівки, під дією флокулянту, об'єднуються у більші пластівці нижче за технологічним потоком.

Розчин хлориду заліза містить близько 40% FeCl_3 за масою, що відповідає приблизно 195 г/л у перерахунку на Fe. Дозування за допомогою насоса-дозатора G-9129 А/В становить 10–15 ppm за вмістом Fe.

Максимальна витрата насосів для подачі коагулянту — 22 л/год. Рекомендовано підтримувати мінімальну витрату на рівні не менше 15% ходу поршня насоса, що приблизно відповідає 3,3 л/год.

Подача натрію гіпохлориту в ємність T-9123

До ємності T-9123 додається натрію гіпохлорит, який застосовується для контролю окисно-відновного потенціалу (rH) за допомогою приладу QC91169. Цей прилад регулює подачу гіпохлориту для підтримання концентрації

вільного хлору в ємності на рівні приблизно 2–4 ppm, що відповідає 300–400 мВ.

Натрію гіпохлорит запобігає розмноженню та накопиченню мікроорганізмів на обладнанні, розташованому нижче за технологічним потоком. Він також використовується в процесі водоочищення для хлорування та дезінфекції води.

3.2.2. Місткість нейтралізації T-9124.

Місткість нейтралізації T-9124 служить для збирання очищеної сирової води (технологічної води). Водневий показник рН в ємності T-9124 регулюється за допомогою сірчаної кислоти (H_2SO_4) або їдкого натрію (NaOH) для того, щоб витримувати його нейтральне значення в діапазоні між 6,5 і 8,0. Нейтральне значення рН необхідне відповідності технічним вимогам щодо пом'якшеної води. Значення рН технологічної води, що міститься в ємності T-9124, регулюється за допомогою аналізатора QC91170, який вимірює рН і регулює подачу сірчаної кислоти та їдкого натрію для нейтралізації рівня рН. Потім технологічна вода самопливом спрямовується в ємність флокуляції T-9125.

Необхідно здійснювати контроль за температурою ємності нейтралізації. У процесі змішування кислот виділяється кілька тепла.

У нормальних умовах експлуатації температура ємності приблизно дорівнює температурі навколишнього середовища. Нагрівання ємності, що відчувається при дотику до неї, можливо є ознакою наявності надлишкових реакцій в ємності.

3.2.3. Ємність флокуляції T-9125

Ємність флокуляції T-9125 призначена для збору технологічної води, що надходить. У цій ємності вода обробляється поліелектролітом — флокулюючим агентом (хлоп'єутворювачем), який сприяє об'єднанню

зважених частинок або мікропластів у більшій пластівці. Це підвищує ефективність поділу на фракції у наступних резервуарах статичного відстою Т-9126 А–D. Поліелектроліт зберігається в ємності Т-9122 і подається у Т-9125 за допомогою регулюючого пристрою FC91217.

Флокуляція — це процес, під час якого полімери утворюють містки між пластівцями, об'єднуючи частинки у великі агломерати. Містки формуються тоді, коли сегменти полімерного ланцюга адсорбуються на різних частинках, сприяючи їх з'єднанню.

Поліелектроліт подається до ємності Т-9125 за допомогою дозуючого насоса G-9133C/D. Після цього технологічна вода самопливом спрямовується до резервуарів статичного відстою Т-9126 А–D. Міксер у ємності флокуляції А-9109 запускається через селекторне реле при запуску установки і працює безперервно протягом усього періоду експлуатації.

Приготування розчину поліелектроліту є автоматичним, і оператору необхідно лише періодично поповнювати порошок у завантажувальний бункер. Поплавковий рівнемір у ємності Т-9122 встановлює верхній та нижній граничні рівні для контролю подачі води, що використовується для розчинення поліелектроліту.

Автоматичний двопозиційний клапан відкривається або закривається залежно від рівня води:

- Клапан відкривається, коли рівень води опускається нижче нижнього граничного значення.
- Клапан закривається, коли рівень води перевищує верхній граничний рівень.

Ця система забезпечує постійне та стабільне розчинення поліелектроліту при підтримці необхідного рівня води та тиску в ємності.

Подача розчину поліелектроліту в флокуляційну ємність Т-9125

Порошок поліелектроліту характеризується високою гігроскопічністю, тобто швидко поглинає і утримує вологу. Тому його необхідно зберігати в сухих умовах, щоб уникнути утворення згустків і грудок. Для підтримання порошку в сухому стані застосовується протиконденсаційний обігрівач E-9122.

Необхідна кількість поліелектроліту для дозування становить приблизно 0,5 ppm при концентрації розчину близько 1 г/л.

Для визначення оптимальної дози флокулюючого агента рекомендується додавати його до проб сирової води у різних кількостях і спостерігати за інтенсивністю утворення пластівцевого осаду. Під час цього процесу реєструються дози, при яких спостерігається найбільш ефективне осадження без надлишкового використання продукту. На основі отриманих даних налаштовуються дозуючі насоси для підтримки оптимальної величини подачі.

Тест слід періодично повторювати, оскільки вміст органічних речовин у воді змінюється. Ці зміни зазвичай залежать від пори року, але проведення тесту приблизно один раз на тиждень вважається оптимальним.

3.2.4. Резервуари статичного відстою T-9126A-D.

Резервуари статичного відстою T-9126A-D використовують ряди розташованих під нахилом пластин, званих «пластинчасті (ламельні) блоки» F-9126 A-D, для первинного очищення технологічної води, що надходить методом осадження зважених частинок. Похилі пластинчасті блоки значно збільшують площу зіткнення всередині резервуарів статичного відстою, підвищуючи ефективність поділу на фракції.

Технологічна вода, що містить механічні домішки у зваженому стані, надходить на вхідний жолоб сепараторів і стікає вниз. У середній частині сепараторів потік прямує у протилежний бік і технологічна вода проходить між пластинами.

Більш важкі зважені механічні частинки осідають на пластинах, у той час як технологічна вода, вільна від механічних домішок, продовжує надходити нагору між пластинами і виходить з Т-9126 А-D, як освітлена (первинно очищена) вода. Більш важкі частинки, обложені на пластинах, поступово зісковзуючи з пластин, осідають у бункері прийому шламу резервуару відстою.

Двопозиційні клапани, розташовані на дні резервуара відстою, періодично відкриваються згідно попередньо заданої послідовності.

Поліелектроліт сприяє згущенню шламу, підвищуючи ефективність процесу поділу рідини та твердих домішок у загуснику шламу.

Загущувач шламу F-9125 забезпечує для шламу, що надходить, додатковий час перебування з метою його осадження під дією сили тяжіння, в той час як нагорі утворюється шар освітленої води.

Надлишкова вода видаляється з верхнього шару загусника шламу і переливається в дренажну систему

F-9125 оснащений лопаткою з приводом, яка служить для згущення, ущільнення та подачі шламу на дно F-9125. Освітлена вода переливається з F-9125 і самопливом слід в ємність коагуляції Т-9123 як повторний цикл освітленої води.

Освітлена вода на виході з резервуарів статичного відстою самопливом спрямовується в буферну ємність освітленої води Т-9127, де в неї за допомогою аналізатора-регулятора рН закачується натрію гіпохлорит. Освітлена вода перекачується з буферної ємності освітленої води Т-9127.



Рисунок 3.3 – Відстійник

3.2.5. Буферна ємність освітленої води T-9127

Буферна ємність T-9127 призначена для збору освітленої води з резервуарів статичного відстою T-9126 A–D. Вона також забезпечує підтримання стабільного об'єму води, необхідного як сировина для установок зворотного осмосу. Перед надходженням у ємність T-9127 у воду додається натрію гіпохлорит для запобігання росту та накопиченню мікроорганізмів в обладнанні, розташованому після резервуарів.

З ємності T-9127 освітлена вода відкачується насосом у ємність зберігання освітленої води T-9128 для подальшого очищення до демінералізованої води. Регулятор рівня T-9127 контролює загальний баланс води в установці.

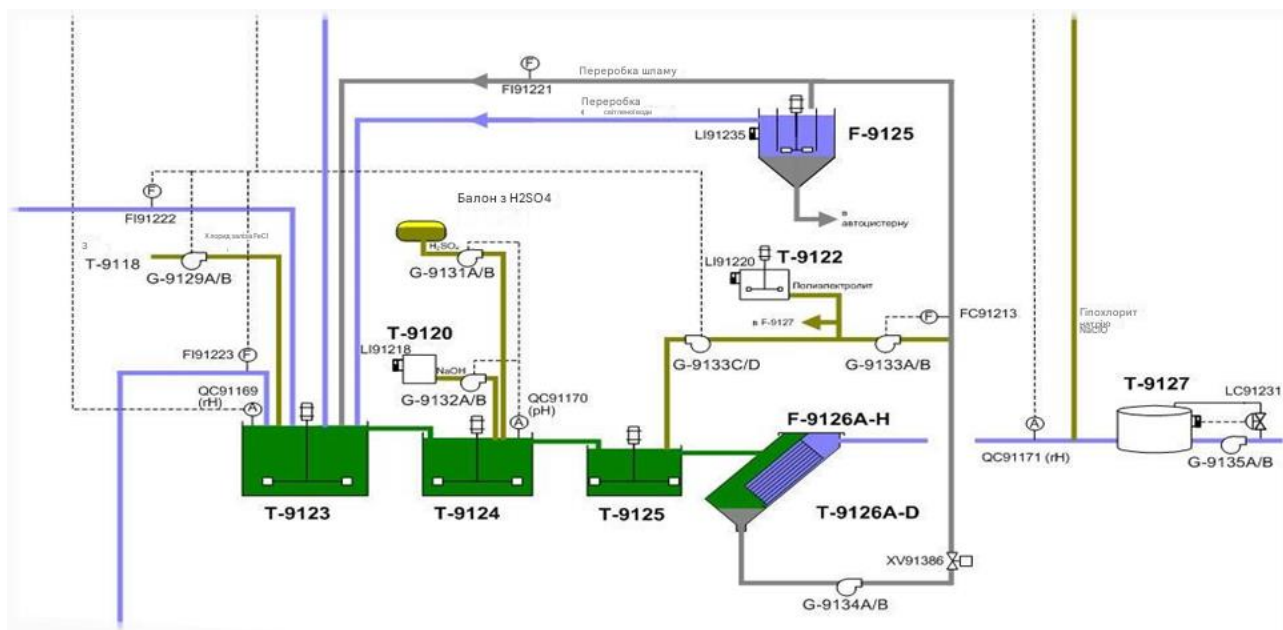


Рисунок 3.4 – Секція попередньої очистки

Таблиця 3.1 – Характеристика хімреагентів

Тип хімікату	Призначення	Щільність, г/см ³	Температур а застигання, °C	Вязкість, сП
Поліелектроліт BakerHughes	Аніонактивний флоккулянт (очистка сирової води)	1-1.25	0	1200 при 25°C
Хлорид заліза (40% FeCl ₃)	Коагулянт(очистка сирової води)	1.45 при 40°C	(-)5	1.3 при 40°C
Бісульфат натрія (35- 40%NaHSO ₃)	Видалення надлишку хлору (очистка сирової води)	1.30 – 1.37 при 20°C	<0	4.0 при 20°C
Гіпохлорит натрія (14-15% NaClO)	Хлорування (очистка сирової і питної води)	1.07 при 40°C	(-)6	3.5 при 20°C
Гідроксид натрія (25% NaOH)	Регулювання рН (очистка сирової води і випарник)	1.28 при 30°C	(-)20	5 при 30°C

3.3 Постановка задачі

На сьогодні, як зазначалося раніше, на підприємствах обробка води з метою покращення її якості шляхом видалення забруднень застосовуються різні методи: фізичні, хімічні, біологічні та фізико-хімічні. Кожен із цих методів має певну ефективність, яка залежить від складу оброблюваної рідини.

Метою даного кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої системи контролю та управління установкою попереднього очищення для подальшої обробки стічних вод.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати такі завдання:

1. Провести огляд і порівняльний аналіз методів очищення стічних вод та існуючих очисних установок.
2. Вибрати оптимальний метод очищення та визначити вимоги до автоматизації установки.
3. Виконати проектування системи управління установкою.
4. Здійснити підбір технічних засобів автоматизації для установки.
5. Розробити алгоритм роботи системи управління та реалізувати систему контролю і керування.
6. Виконати розрахунки у розділі «Безпека життєдіяльності та охорона праці»

тобто фактична частота обертання відхиляється від заданого значення, встановленого задатчиком [20].

Тахогенератор, який вимірює фактичну кутову швидкість насоса, подає електричний сигнал до елемента порівняння. Роль елемента порівняння виконує операційний підсилювач, що має два входи. За допомогою своїх обчислювальних можливостей операційний підсилювач визначає сигнал помилки U_{ε} .

Отриманий сигнал помилки подається на електромашинний підсилювач, у якому здійснюється підсилення потужності сигналу. Підсилений сигнал надходить на обмотку збудження генератора — статорну обмотку полюсів. Роботу трифазного двигуна забезпечує генератор, завдяки чому ротор двигуна обертається з постійною частотою.

4.3 Вивчення системи стабілізації частоти насоса.

Для подальшого аналізу сформуємо структурну схему системи стабілізації частоти обертання насоса, представлену на рисунку 4.2.

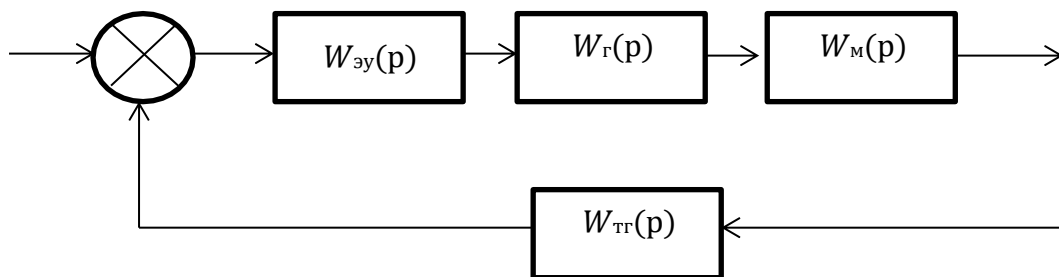


Рисунок 4.2- Структурна схема

$$W_{\text{эв}}(p) = k_{\text{эв}} = 60,$$

$$W_{\text{г}}(p) = \frac{K_1}{T_1 \cdot p + 1} = \frac{1.5}{1.01p + 1},$$

$$W_{\text{м}}(p) = \frac{K_{\text{д}}}{(T_{\text{мТя}} \cdot p^2 + T_{\text{м}} \cdot p + 1)} = \frac{0.91}{(0.046 \cdot 0.555 \cdot p^2 + 0.404 \cdot p + 1)} = \frac{0.91}{0.02553 \cdot p^2 + 0.555 \cdot p + 1}$$

$$W_{mz}(p) = K_{mz} = 1.1$$

Передаточна функція розімкнутої системи має вигляд:

$$W_{роз} = W_{зх}(p) \cdot W_{\varepsilon}(p) \cdot W_{\partial}(p) \cdot W_{m,\varepsilon}(p) \cdot \underline{1}$$

$$W_{роз} = \frac{K_{зх} \cdot K_1 \cdot K_{\partial} \cdot K_{\Gamma\Gamma}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_{мТя} \cdot p^2 + T_{м} \cdot p + 1)} = \frac{90.09}{0.0257853 \cdot p^3 + 0.58608 \cdot p^2 + 1.565 \cdot p + 1}.$$

4.3.1 Аналіз стійкості системи за критерієм Гурвіца. Суть цього методу полягає у побудові матриці Гурвіца, на основі якої обчислюється визначник $\Delta 1$. Система вважається стійкою лише тоді, коли цей визначник має додатне значення ($\Delta 1 > 0$).

$$D(p) = 0.0257853 \cdot p^3 + 0.58608 \cdot p^2 + 1.565 \cdot p + 1 + 90.09$$

Для застосування критерію Гурвіца необхідно використати передатну функцію замкнутої системи, тому визначаємо $W_{зам}$:

$$W_{зам} = \frac{W_{роз}}{1 + W_{роз}} = \frac{\frac{90.09}{0.0257853 \cdot p^3 + 0.58608 \cdot p^2 + 1.565 \cdot p + 1}}{1 + \frac{90.09}{0.0257853 \cdot p^3 + 0.58608 \cdot p^2 + 1.565 \cdot p + 1}}$$

$$= \frac{90.09}{0.0257853 \cdot p^3 + 0.58608 \cdot p^2 + 1.565 \cdot p + 91.09},$$

$$D(p) = 0.0257853 \cdot p^3 + 0.58608 \cdot p^2 + 1.565 \cdot p + 91.09.$$

Усі коефіцієнти характеристичного рівняння мають додатні значення, отже, виконується необхідна умова стійкості, і система може бути

стійкою: $a_0, a_1, a_2, a_3 > 0$ $a_0, a_1, a_2, a_3 > 0$.

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} a_0 &:= 0.0257853 & a_1 &:= 0.58608 & a_2 &:= 1.565 & a_3 &:= 91.09 \\ A &:= \begin{pmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{pmatrix} & & & & + \\ |A| &\rightarrow -130.40150880693 \end{aligned}$$

Коефіцієнти характеристичного рівняння у середовищі Matlab.

Оскільки визначник Гурвіца має від'ємне значення ($\Delta < 0$), система вважається нестійкою.

4.3.2 Аналіз стійкості системи за критерієм Михайлова

$$D(p) = 0.0257853 * P^3 + 0.58608 * P^2 + 1.565 * P + 91.09 .$$

Підставимо $p=j\omega$ і розділимо отриманий поліном на дійсну та уявну частини за методом Михайлова.

Побудуємо годограф функції:

$$-j0.0257853\omega^3 - 0.58608\omega^2 + j1.565\omega + 91.09 = 0.$$

Уявна складова рівняння:

$$V(\omega) = j(1.565\omega - 0.0257853\omega^3).$$

$\omega=0:0.1:12$; зміна частоти від 0 до 12 з кроком 0,1

$V = 1.565 \cdot \omega - 0.0257853 \cdot \omega.^3$; уявна частина Михайлова

$U = 91.09 - 0.58608 \cdot \omega.^2$; дійсна частина Михайлова
`plot(U,V)`

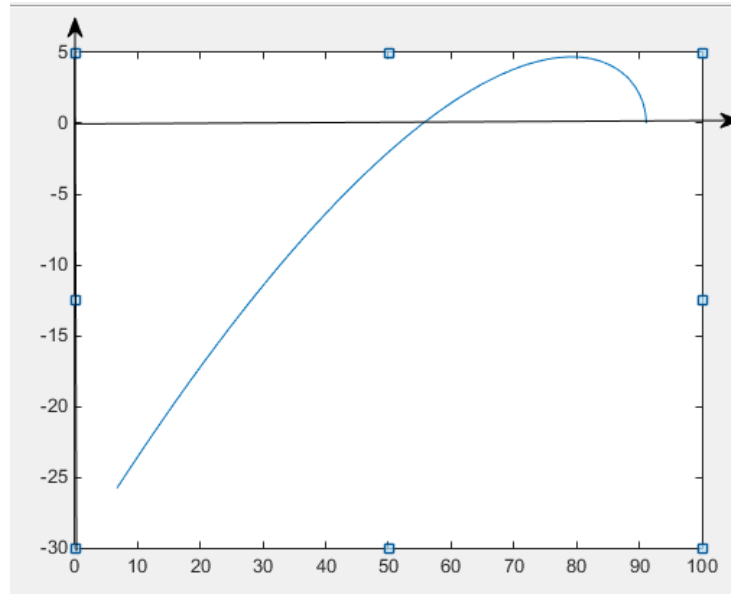


Рисунок 4.3 – Годограф Михайлова

Крива Михайлова не проходить послідовно три квадранти у напрямку проти годинникової стрілки при зміні частоти від 0 до нескінченності, що відповідає порядку полінома замкнутої системи.

Оскільки годограф Михайлова переходить із першого квадранта одразу в четвертий, минаючи другий і не прямує в нескінченність у третьому квадранті, система вважається нестійкою за критерієм Михайлова.

4.3.4 Аналіз стійкості системи за критерієм Найквіста. Потрібно дослідити розімкнуту систему з метою визначення стійкості замкнутої. Замкнута система буде стійкою тоді й лише тоді, коли амплітудно-фазова характеристика (АФЧХ) розімкнутої системи не охоплює точку $(-1; j0)$.

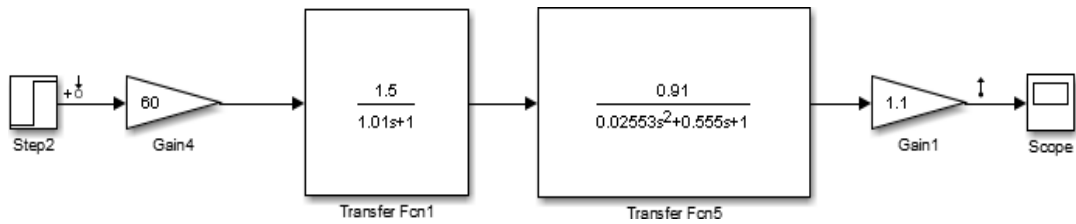


Рисунок 4.4 – Алгоритм в MatLab

Амплітудно-фазово частотна характеристика (АФЧХ) розімкнutoї системи охоплює точку $(-1; j0)$, тому замкнута система є нестійкою.

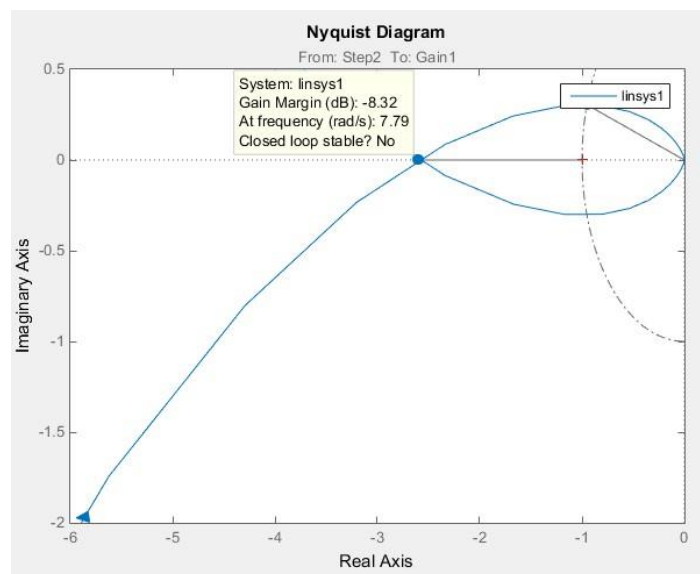


Рисунок 4.5 – Годограф Найквіста

Замкнена система є нестійкою та не має запасу стійкості за фазою і амплітудою. ЛАЧХ перетинає вісь частот після того, як ЛФЧХ перетнула лінію -180° , що свідчить про нестійкість системи в замкненому стані.

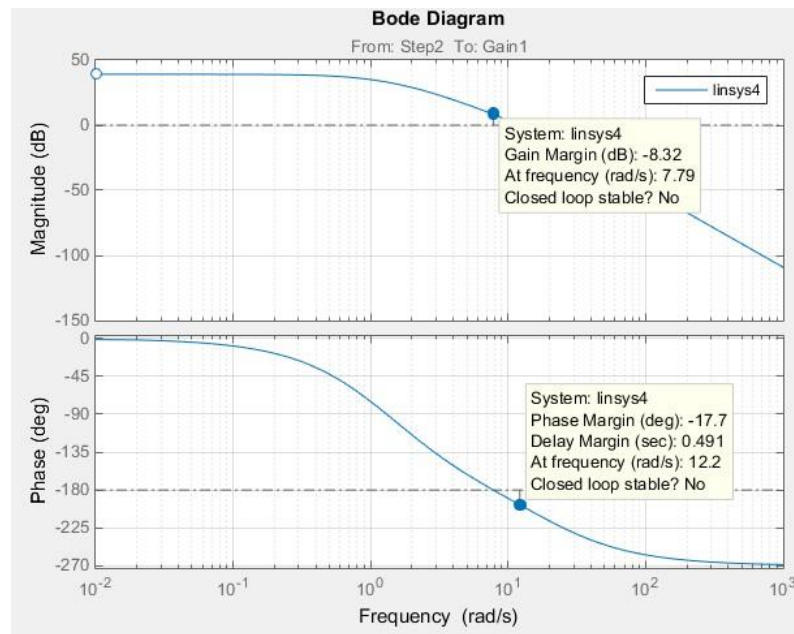


Рисунок 4.6 – ЛАЧХ и ЛФЧХ

4.3.5 Аналіз заданої системи стабілізації частоти обертів насоса в програмному середовищі Simulink. На рисунку 4.7 представлено схему системи стабілізації частоти обертання насоса.

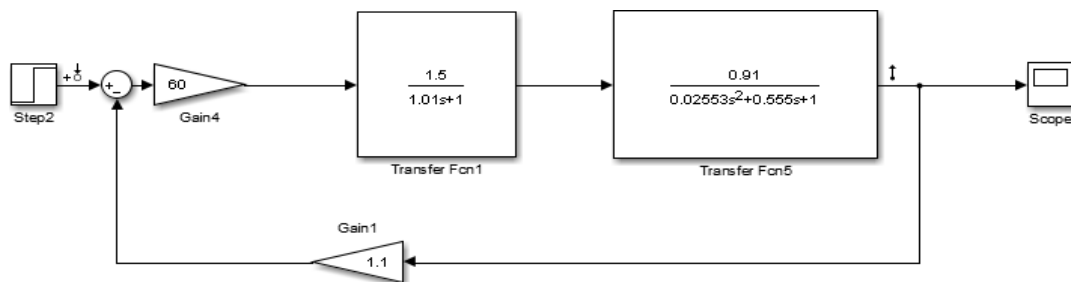


Рисунок 4.7 – Схематичне зображення системи стабілізації частоти обертання насоса.

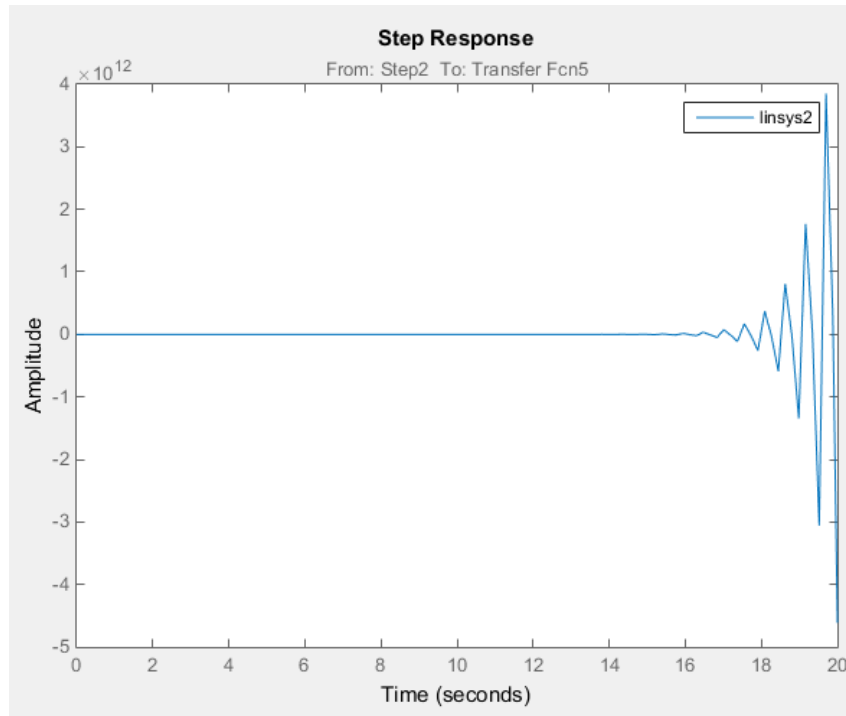


Рисунок 4.8 – Перехідний процес у нестійкому режимі.

Висновок: Було виконано структурне перетворення системи стабілізації частоти обертання насоса. Аналізуючи систему за критеріями Гурвіца, Михайлова, логарифмічному та Найквіста, визначено її стійкість — система виявилася стійкою. Перевірка стійкості у програмному середовищі MATLAB з використанням компонента Simulink підтвердила результати математичного розрахунку, що свідчить про їхню достовірність.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Розробка автоматизованої системи контролю та управління установкою попереднього очищення

5.1 Опис технологічного процесу

Впровадження автоматичних та автоматизованих систем управління дозволяє значно оптимізувати технологічні процеси, скоротити трудові витрати на обслуговування установок і зменшити чисельність персоналу. Крім того, це підвищує надійність роботи станції, знижує витрати реагентів, підвищує ефективність очищення води та забезпечує зменшення собівартості обробленої води. Максимальний ефект досягається при комплексній автоматизації всієї установки із широким використанням обчислювальної техніки [12].

На даній установці системи контролю та автоматичного управління технологічними процесами (АСУ ТП) здебільшого обмежуються контролем рівня води в резервуарах та параметрів роботи насосів, таких як витрата (Q) тощо.

Установка є комплексною спорудою, призначеною для здійснення низки технологічних процесів, кінцевою метою яких є отримання необхідного обсягу води заданої якості — демінералізованої води.

Секція попереднього очищення розглядається як типовий склад очисних споруд. До складу установки, згідно з рис. 5.1, входять наступні елементи: реагентне господарство (1), накопичувальні та очисні резервуари (2), відстійник (3), загусник шламу (4) та резервуар демінералізованої води (5).

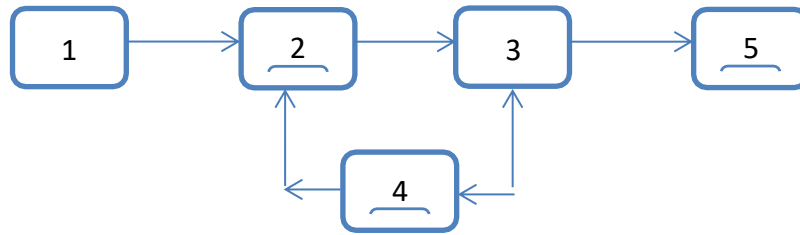


Рисунок 5.1 – Склад пристрою попередньої очистки

5.2 Автоматизовані процеси секції попереднього очищення

Таблиця 5.1 - Автоматизовані процеси основних споруд

Основні споруди установки	Автоматизовані процеси
Резервуари та насосні станції	Здійснюється увімкнення та вимкнення двигунів, підтримка заданих технологічних параметрів обладнання (швидкість обертання міксерів, рівень води в резервуарах, тиск та витрата води у водопроводах), автоматичний контроль якості вихідної води, а також керування роботою двигунів мішалок.
Реагентне господарство	Виконуються вимірювання параметрів розчинів реагентів (щільність, концентрація), дозування реагентних розчинів, керування роботою насосів для їх перекачування, а також відкриття та закриття засувки.
Відстійник	Моніторинг технологічних процесів та хімічних реакцій, а також контроль

	показників якості води.
Ємність для демінералізованої води	Моніторинг рівня води та показників її якості.

5.3 Розробка структурної схеми АС

Робота всіх споруд водоочисної станції спрямована на досягнення єдиної мети — підготовку води необхідної якості при мінімальних витратах. З цього випливає, що функціонування автоматичних систем управління всіх споруд має бути скоординованим, узгодженим та підпорядкованим загальній меті.

Структурний аналіз водоочисної станції дозволяє виділити окремі взаємозалежні споруди та пристрої, кожен з яких вирішує власні завдання. Основний принцип організації попереднього очищення є ієрархічним, тобто всі елементи установки підпорядковані певній послідовності відповідно до умов їх роботи.

Відповідно, автоматизована система управління установкою також будується за ієрархічним принципом. Система автоматизації очищення води включає три рівні управління (рис. 5.2):

Перший (нижній) рівень включає виконавчі механізми — насоси, засувки, затвори, клапани та вентилі — а також прилади збору інформації, такі як датчики тиску, витрати, температури, рівнеміри та датчики контролю показників якості води.

Другий рівень становлять локальні системи управління (ЛСУ) окремими спорудами. На цьому рівні спостерігається велика різноманітність через суттєві відмінності технологічних процесів. На сьогодні такі системи активно впроваджуються у виробництво. Вони автоматизують роботу окремих споруд

та забезпечують оптимальний перебіг технологічних процесів у кожній з них. Для зв'язку ПЛК з АРМ оператора використовується протокол Ethernet із передачею даних по витій парі.

На третьому (верхньому) рівні здійснюється відображення для персоналу інформації про роботу установок, збір і статистична обробка даних, підготовка звітів, а також реалізація попереджувальної та аварійної сигналізації. Передбачена також можливість взаємодії з іншими автоматизованими системами. Кожен рівень пов'язаний з іншими інформаційними каналами відповідно до ієрархічної структури: верхній рівень отримує дані з нижчого лише через другий рівень, і навпаки. Це забезпечує функціональну самостійність кожного рівня та їхню узгоджену роботу в межах системи.

Інформація від датчиків польового рівня надходить на середній (контролерний) рівень управління, де ПЛК виконує такі функції:

- збір, первинну обробку та зберігання даних про стан обладнання та параметри технологічного процесу;
- автоматичне логічне керування та регулювання;
- виконання команд, отриманих від ПУ;
- обмін інформацією з ПУ.

Далі інформація з локального ПЛК передається до диспетчерського пункту управління (ДПУ) через концентратор (комунікаційний контролер верхнього рівня), який виконує такі функції:

- збір сигналів/даних з місцевих програмованих контролерів;
- опрацювання даних, включаючи зміну масштабу;
- збереження єдиного режиму часу роботи системи;
- синхронізація роботи підсистем;
- систематизація архівів за вибраними ознаками;
- забезпечення обміну інформацією на лінії конкретного вузла ПЛК та верхнім рівнем.

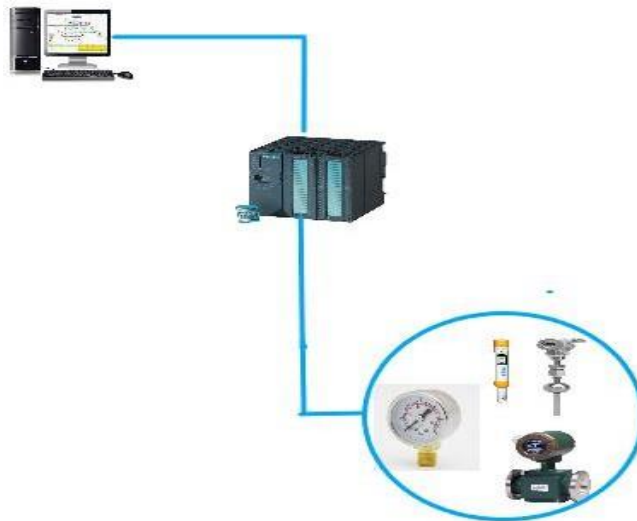


Рисунок 5.2 – Структурна схема

5.4 Розробка схеми інформаційних потоків.

Модель обміну інформацією, наведена на рисунку 2.3, включає три рівні збору та зберігання інформації:

- нижній рівень — рівень збору та обробки даних з польових пристроїв;
- середній рівень — рівень поточного зберігання та контролерний;
- верхній рівень — рівень архівного зберігання та інформаційно-обчислювальний.

На нижній ланці представлені дані фізичних пристроїв введення та виведення. Вони охоплюють сигнали про хід техпроцесу, отримані з аналогових та дискретних приладів, а також інформацію про їх перетворення.

Проміжний рівень виконує роль буферної бази обміну даними: він приймає інформацію як із зовнішніх систем, так і з локальних джерел, забезпечуючи розподіл інформаційних потоків між системою автоматики та робочою станцією. На цьому рівні ПЛК створює пакетні потоки інформації для подальшої обробки та передачі.

Верхній рівень реалізований робочою станцією на базі АРМ оператора та базою даних АСУ ТП. На екрані АРМ оператора показується інформаційні та керуючі компоненти автоматизованої системи.

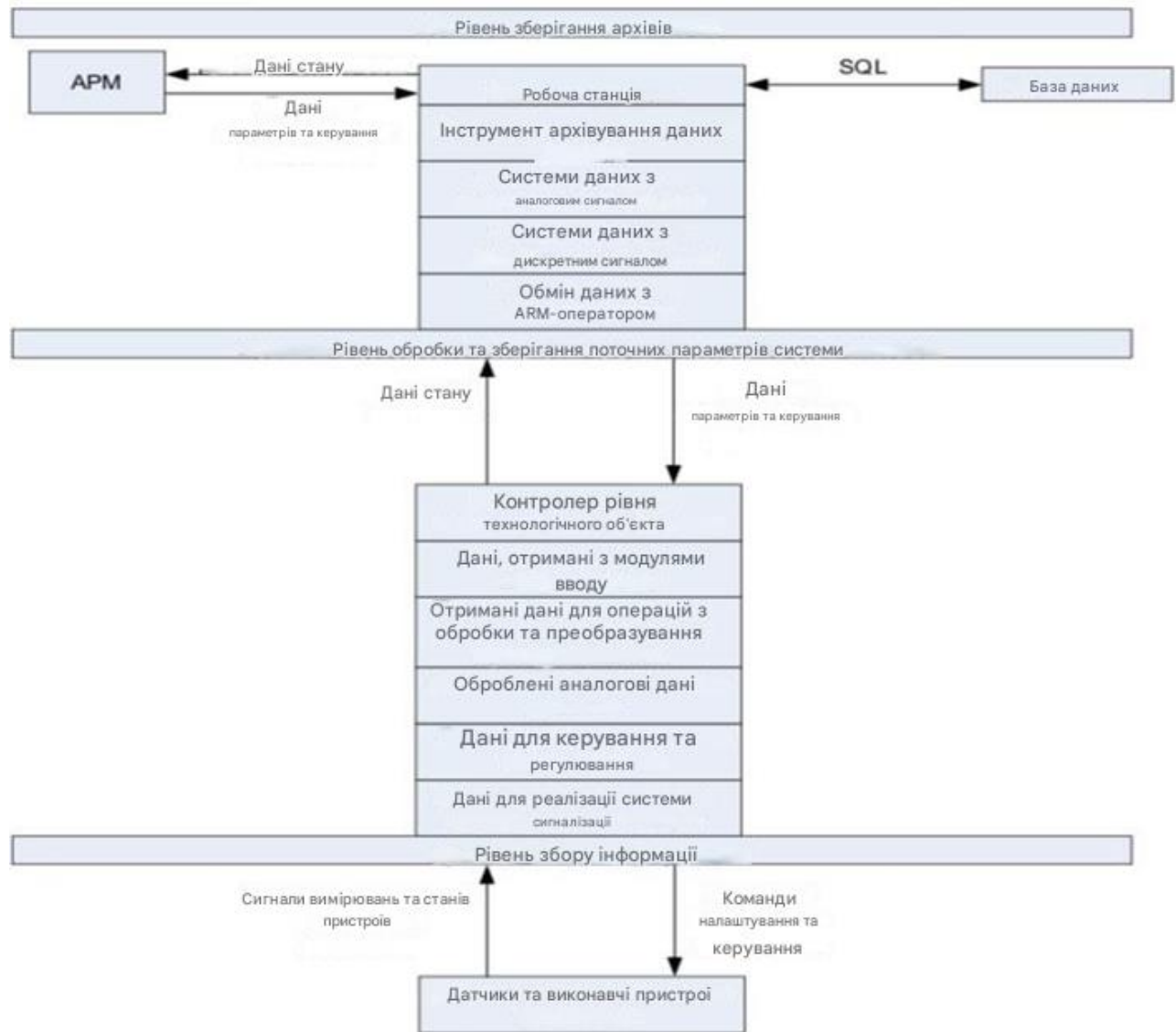


Рисунок 5.3 – Організація інформаційних потоків

5.5 Огляд і порівняльний аналіз контролерів

Вибір контролера для засобів вимірювання

Основне завдання автоматизованої системи (АС) полягає у виконанні алгоритмів автоматизованого управління технологічним процесом: прийом сигналів вимірювань, обчислення регулюючого впливу та видача команд на виконавчі механізми. Для реалізації цих функцій застосовується програмований логічний контролер (ПЛК).

До контрольного обладнання висуваються такі вимоги:

- модульність конструкції;
- достатня функціональність для управління процесами;
- сумісність із застосовуваними комунікаційними інтерфейсами (PROFIBUS, Ethernet);
- висока надійність;
- наявність широкого спектру модулів вводу/виводу;
- простота монтажу, програмування та експлуатації.

SIMATIC S7-300

Siemens SIMATIC S7-300 є модульним програмованим контролером, призначеним для створення систем автоматизації низького та середнього рівня складності (рисунок 2.4). Завдяки широкому поширенню цієї серії контролерів знижується вартість навчання персоналу та забезпечення комплектуючими протягом усього періоду експлуатації [11].



Рисунок 5.4 – Загальний вид ПЛК Siemens SIMATIC S7-300

Передбачено використання контролера з двома комунікаційними процесорами (CP): перший — для локального управління, другий — для зв'язку з верхнім рівнем.

Модульна конструкція SIMATIC S7-300, природне охолодження, можливість організації локальної та розподіленої системи вводу-виводу, розвинені можливості обміну інформацією, велика кількість функцій на рівні операційної системи, а також зручність експлуатації та обслуговування дозволяють реалізувати ефективні рішення для створення систем автоматичного керування у різних промислових галузях.

Ефективне застосування контролерів Siemens SIMATIC S7-300 забезпечує можливість використання центральних процесорів різної ефективності, широкий вибір модулів дискретного та аналогового введення-виведення, функціональних модулів і процесорів обміну інформацією.

Контролери Siemens SIMATIC S7-300 містять блочні елементи і можуть мати такі компоненти:

- модуль центрального процесора (CPU);
- модулі живлення (PS);
- сигнальні модулі (SM);
- комунікаційні процесори (CP);
- функціональні модулі (FM);
- інтерфейсні модулі (IM).

Усі модулі забезпечують роботу з природним охолодженням.

SIMATIC S7-1200

PLC SIMATIC S7-1200 – нове сімейство мікроконтролерів Siemens, призначене для виконання різноманітних задач автоматизації невеликого складу. Контролери містять блочну конструкцію та універсальне застосування. Вони підтримують роботу в реальному часі та призначені як для

реалізації нескладних елементів локальної автоматики, так і для складових частин об'єднаних систем автоматичного управління, що забезпечують інтенсивний обмін інформацією через мережі Industrial Ethernet/PROFINET або Point-to-Point (PtP) зв'язок, рисунок 5.5.

Програмовані контролери S7-1200 оснащені компактним пластиковим корпусом зі рівнем захисту IP20, здатні закріплюватися на стандартну 35 мм DIN-рейку або на макетну плату та працюють у температурному діапазоні від 0 до +50 °C. Вони спроможні надавати від 10 до 284 дискретних каналів і від 2 до 51 аналогового каналу вводу-виводу. При аналогічних конфігураціях вводу-виводу контролер S7-1200 займає на 35% менший установчий об'єм у порівнянні з S7-200.

До головного процесора (CPU) контролера S7-1200 здатні під'єднуватися комунікаційні модулі (CM), сигнальні модулі (SM) та сигнальні плати (SB) для сигналів дискретного та аналогового типу. Також сумісно використовуються 4-канальний комутатор Industrial Ethernet (CSM 1277) та модуль живлення (PM 1207) [9].



Рисунок 5.5 – Загальний вигляд ПЛК Siemens SIMATIC S7-1200

Особливості моделі S7-1200

До складу системи S7-1200 входять центральні процесори трьох типів, кожен із яких має три модифікації для різних варіантів живлення, тринадцять варіантів сигнальних модулів вводу-виводу та два типи сигнальних плат для дискретних і аналогових сигналів.

Обмін даними може здійснюватися як через два комунікаційних модулі з послідовними інтерфейсами RS232 або RS485, так і через чотирьохпортовий Ethernet-комутатор CSM 1277, що дозволяє створювати складні мережеві структури. Також підтримується робота з Profibus (ведучий і відомий варіанти), AS-i та GSM/GPRS.

Додатково система S7-1200 оснащується стабілізованим блоком живлення, картами пам'яті та імітаторами вхідних сигналів для відладки програмованих контролерів. Обмін інформацією між оператором і контролером реалізується за допомогою спеціальних базових панелей.

Таблиця 5.2 – Порівняльний аналіз ПЛК

Параметри порівняння	SIMATIC S7-1200	SIMATIC S7-300
Виробник	Siemens	Siemens
Мережа=5/24В	520 В	500 В
Кількість вхідів та виходів	256/512	256/512
ПЗ	TIA Portal V12	TIA Portal V12
Робочий температурний діапазон	-40...+70°C	-40...+70°C
Ступінь захисту	IP20 по IEC 529	IP20 по IEC 60 529
Ціна	23 500 гр.	35 600 гр.

5.6 Вибір датчика та порівняльний аналіз

5.6.1 Вибір датчика рівня

Поплавкові рівнеміри призначені для безперервного пропорційного перетворення рівня рідини та/або рівня розділу рідин, у тому числі агресивних середовищ, у стандартний вихідний струмовий сигнал: 0–5 мА, 0–20 мА або 4–20 мА.

Для контролю рівня був обраний поплавковий рівнемір УППЗ з пневматичним вихідним сигналом. Він призначений для оперативного вимірювання рівня рідини у великогабаритних резервуарах, де рідина знаходиться під атмосферним або надлишковим тиском. Вимірюваний параметр перетворюється на уніфікований пневматичний сигнал, що ілюструється на малюнку 2.5. Рівнемір УППЗ не має обмежень щодо зон з підвищеною вибухонебезпечністю. Вимірювальний пристрій розташований над монтажним фланцем.



Рисунок 5.5 – Поплавковий рівнемір УПП 3

Таблиця 5.3 - Порівняльний аналіз поплавкових рівнемірів

Датчик рівня	ДУУ10	УПП 3	ПМП-118
Маркування	0ExiallBT4/T5X		Ga/Gb Ex d IIB
Діапазон температури	-45...+75°C	-40...+100°C	-50...+100°C
Щільність середовища	430-1500 кг/м ³	700-1800 кг/м ³	500-1500 кг/м ³
Межа допустимості основної похибки	±5мм	±0,6%	±5мм
Напруга живлення	15-36 В	12-24 В	4-32В

5.6.2 Вибір витратоміра

Для вимірювання швидкості потоку води в системі розподілу передбачається використання електромагнітного витратоміра DN08 Endress+Hauser Promag 50H08, зображеного на малюнку 5.6.

Електромагнітні витратоміри Endress+Hauser призначені для визначення об'ємної витрати та загального об'єму електропровідних рідин.



Рисунок 5.6 – Втратомір

Області застосування:

- системи опалення та кондиціювання;
- водопостачання та водопідготовка;
- системи розподілу питної води;
- сільське господарство та зрошення;
- системи пожежогасіння;
- системи циркуляції та очищення води;
- водовідведення та обробка стоків.

Принцип дії електромагнітних витратомірів базується на явищі індукції електрорушійної сили (ЕРС) у провіднику, що рухається в магнітному полі вимірюваного середовища. Індукована ЕРС, величина якої пропорційна швидкості потоку рідини, сприймається електродами та надходить на електронний блок перетворення, який обробляє сигнал відповідно до заданих алгоритмів.

Конструктивно витратоміри складаються з вимірювальної ділянки, електронного блоку та зовнішнього (виносного) адаптера.

Таблиця 5.4 – Порівняльний аналіз витратоміра

Витратомір	Endress+Hauser	H250	F808
Напруга живлення, В	24±0,5	16...30	20...32
Споживана потужність, В· А	5	4	8
Температура вимірюваного середовища, °С	-20...150	-20...75	-30...60
Межа відносної похибки, %	±1	±1	±1
Середній термін служби, рік	12	8	9

5.6.3 Вибір аналізатора рН

Для розробки системи було обрано професійний водозахищений аналізатор РН200, призначений для високоточного вимірювання рівня рН (концентрації вільних іонів водню у воді). Пристрій НМ Digital РН200 (рисунк 2.7) є легким та зручним у використанні і призначений для аналізу електрохімічного складу водних розчинів. Він вимірює рівень кислотності розчину, визначає концентрацію вільних іонів водню та температуру водного середовища.

НМ Digital РН200 широко застосовується у технологічних та виробничих процесах. Важко виділити конкретну галузь, де не потрібен контроль якості води, оскільки прилад є незамінним для вимірювання рівня рН. Рівень рН є одним із ключових показників, що визначають якість води, її стабільність, схильність до накипеутворення та корозії, а також дозволяє

прогнозувати біологічні та хімічні процеси, що відбуваються у природних водах [10].



Рисунок 5.7 - HM Digital PH200

Особливості:

- водонепроникний корпус зі ступенем захисту IP67;
- цифрове автоматичне калібрування в одній точці з можливістю тонкого цифрового налаштування;
- автоматична температурна компенсація (АТС);
- функції автоматичного вимкнення, утримання даних та індикатор низького заряду батареї;
- легкочитаний РК-екран із одночасним відображенням температури;
- змінний датчик (модель SP-P2);
- заводське калібрування: триточкове та заводське калібрування до рН 7,0.



Рисунок 5.8 – HM Digital COM-300



Рисунок 5.9 – HM-500 Hydro Master

Таблица 5.5 – Порівняльний аналіз аналізаторів

Аналізатор	HM Digital COM-300	HM-500 Hydro Master	HM Digital PH-200
Виробник	США	США	США
Діапазон РН	0-14	0-14	0-14
Діапазон робочих температур	0...+55°C	0...+80°C	0...+55°C
Похибка	±2%	±0,02 рН	±0,01 рН
Корпус	Водонепроникний , Портативний	Портативний	Водонепроникний , Портативний
Термін гарантії	12 мес.	12 мес.	12 мес.
Ціна	6 450 грн.	27 850 грн.	2 500 грн.

5.7 Розробка системи контролю та керування попереднього очищення води

5.7.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації являє собою технічний документ, що показує структуру елементів контролю, керування та регулювання процесу разом із засобами автоматизації об'єкта. На такій схемі зображаються системи автоматичного контролю, корекції параметрів, дистанційного керування та сигналізації.

Усі елементи системи управління відображаються у вигляді умовних позначень та об'єднуються в єдину систему за допомогою ліній функціональних зв'язків. Функціональна схема автоматичного контролю та управління містить спрощене зображення технологічного процесу, що підлягає автоматизації, а обладнання на ній також представлено у вигляді

умовних позначень.

Під час розробки функціональної схеми автоматизації технологічного процесу були визначені наступні завдання:

- збір початкових даних про статус технологічного процесу та обладнання;
- безпосереднє впливання на технологічний процес з метою його управління та стабілізації технологічних параметрів;
- контроль і реєстрація технологічних параметрів процесу та стану обладнання.

На функціональній схемі (див. Додаток А) представлено установку попереднього очищення води, де процес очищення сирій води включає коагуляцію, нейтралізацію, флокуляцію та освітлення.

5.7.2 Опис програмного забезпечення

Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) – це єдине середовище для розробки прикладного програмного забезпечення систем промислової автоматизації дискретних виробництв від компанії SIEMENS. TIA Portal надає широкий спектр функцій, що забезпечують інтеграцію автоматизації та цифровізації процесів у максимально ефективний та легко контрольований спосіб.

TIA Portal є подальшим розвитком серії систем автоматизації Simatic і вважається втіленням концепції комплексної автоматизації. Версія TIA Portal V14, у якій реалізовувалася візуалізація для даної кваліфікаційної роботи, пропонує широкий набір функцій для вже існуючих продуктів [18]:

- Simatic WinCC V14;
- Sinamics Startdrive V14;
- Simatic Energy Suite V14;
- Simocode ES V14;

- Simatic Step 7 Professional/Basic V14;
- Simatic Step 7 Safety V14.

Не можна стверджувати, що STEP7 як основний програмний продукт для програмування контролерів SIMATIC S7 повністю застарів, проте концепції, закладені понад п'ятнадцять років тому, вже не можна вважати передовими, хоча вони й залишаються актуальними. Постійний розвиток із збереженням сумісності зі старими версіями часто призводить до надмірного ускладнення продукту, ускладнення інтерфейсу користувача та, як наслідок, зниження продуктивності. Це створює потребу в якісному стрибку — переході до нових користувацьких інтерфейсів, нових підходів до інтеграції комплексних проектів та вдосконалених методів роботи.

Результатом багаторічної роботи та значних інвестицій у розробку став новий програмний продукт, який отримав назву Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal).

Переваги TIA Portal:

Перш за все, це інтерфейс. Він оптимізований для швидкого вибору та комбінування необхідних компонентів і функцій. Хоча можливість введення команд вручну зберігається, робота за допомогою миші виявляється значно ефективнішою. Це досягається завдяки продуманій ієрархії компонентів та мінімізації рівнів вкладення: усе необхідне для роботи доступне буквально в один клік.

Друге – це єдиний підхід до всього спектру розв'язуваних завдань. Не потрібно використовувати окремі програми, графічні зображення, списки обладнання чи мережеві топології. Весь функціонал об'єднано в єдиному просторі уніфікованого проекту, що забезпечує безшовну інтеграцію різних, часто гетерогенних компонентів. Найяскравіше це проявляється під час роботи з базою змінних проекту.

Третє – це широке застосування та зручна, наочна інтеграція бібліотек і службових компонентів, як тих, що надаються виробником, так і створених користувачем. Це дозволяє не просто зберігати фрагменти машинного коду та функціональні блоки для подальшого використання, а ефективно інтегрувати їх у проект.

Програмне забезпечення TIA Portal призначене для реалізації комплексної автоматизації на базі контролерів SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400 та WinAC, включно з failsafe-додатками. Підтримується обладнання останнього та передостаннього покоління. Для програмування цих контролерів у TIA Portal доступні мови LAD, FBD, STL, SCL, GRAPH (для S7-1200 — лише LAD, FBD і SCL).

Використання HMI у TIA Portal можливе на базі панелей SIMATIC серій 70, 170, 270, 370, KP, KT та KTP, а також у вигляді Runtime-систем на базі ПК, включно з клієнт-серверними SCADA-архітектурами [17].

5.7.3 Розробка програмного забезпечення високої якості

Більшість систем автоматизації працюють за участю людини. Інтерфейс між людиною та системою називають людино-машинним інтерфейсом (HMI – Human-Machine Interface або MMI – Man-Machine Interface). У випадку, коли HMI використовується для взаємодії людини з автоматизованим технологічним процесом, його позначають як SCADA-систему (Supervisory Control And Data Acquisition). Дослівно цей термін перекладається як «диспетчерське управління та збір даних», проте на практиці сучасні SCADA-пакети мають набагато ширший функціонал, що виходить далеко за межі простого збору даних та диспетчерського контролю.

Сучасні SCADA-пакети виконують численні функції, які можна умовно поділити на кілька груп:

- налаштування SCADA під конкретне завдання, тобто розробка

програмного забезпечення для системи автоматизації;

- диспетчерське управління;
- автоматичне керування;
- збереження історії технологічних процесів;
- забезпечення функцій безпеки;
- виконання загальносистемних функцій.

Незважаючи на велику кількість функцій, які виконує SCADA, її головною відмінністю є наявність користувацького інтерфейсу. Без такого інтерфейсу перераховані функції збігаються з можливостями програмування контролерів, при цьому управління відбувається автоматично, а не в режимі диспетчерського контролю.

У даній кваліфікаційній роботі використано PLC_1 (CPU 1211C), який підключено до HMI_1 (TP1500 Comfort). Схему такого з'єднання наведено на малюнку 5.10.

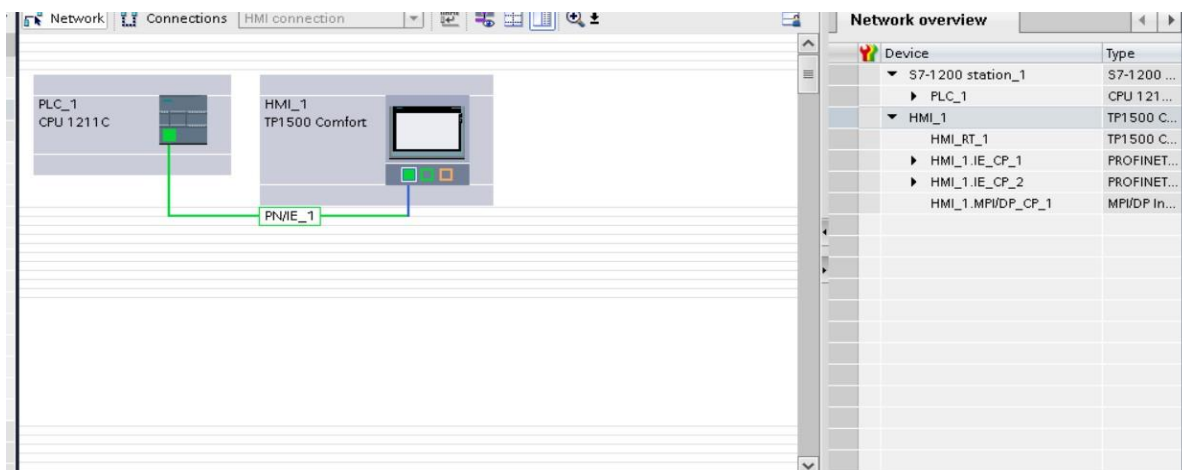


Рисунок 5.10 – Інтерфейс з'єднання контролера

CPU 1211C – це нове покоління мікроконтролерів Siemens, призначене для вирішення різноманітних завдань автоматизації малого рівня. ПЛК побудовані за блочним принципом та мають багатозадачне призначення. Вони

забезпечують роботу в реальному часі і можуть використовуватися як для створення відносно простих елементів місцевого керування, так і для складових частин комплексних систем автоматичного керування, які здійснюють активну передачу даних через сітку Industrial Ethernet/PROFINET, а також з'єднання Point-to-Point (PtP). Програмовані контролери S7-1200 оснащені компактними пластиковими корпусами зі ступенем захисту IP20. Вони можуть встановлюватися на стандартну 35 мм DIN-рейку або електронний модуль та працюють у температурному діапазоні від 0 до +50 °C. Контролери мають можливість взаємодіювати від 10 до 284 дискретних і від 2 до 51 аналогових потоків введення-виведення. При схожих конфігураціях вводу-виводу контролер S7-1200 займає на 35% менше монтажного об'єму порівняно з S7-200.

До центрального обчислювального пристрою (CPU) контролера S7-1200 можна підключати комунікаційні модулі (CM), модулі обробки сигналів (SM) та комунікаційні плати (SB) для сигналів, що охоплюють дискретний та аналоговий діапазон. Разом із ними застосовуються 4-канальний комутатор Industrial Ethernet (CSM 1277) та модуль блоку живлення (PM 1207).

Таблиця символів формується на основі списку параметрів і є складовою частиною програмного комплексу Simatic Manager. У символній таблиці (рис. 5.11) наведено всі параметри, необхідні для роботи загальної програми.

Для запуску системи візуалізації в організаційному блоці необхідно натиснути кнопку «Start Simulation», після чого відкриваються два вікна, представлені на малюнку 5.12. Одне з них відповідає за завантаження всіх даних, а друге забезпечує контроль над даними програми.

Після запуску системи відкривається вікно входу, де необхідно вказати логін та пароль для доступу до керування. У проекті передбачено чотири групи користувачів: адміністратор, начальник зміни, оператор та механік.

Default tag table							
	Name	Data type	Address	Retain	Access...	Visibl...	Comment
1	Рівень води	Real	%MD10		☒	☒	
2	Рівень води (3)	Real	%MD14		☒	☒	
3	Рівень води (2)	Real	%MD18		☒	☒	
4	Рівень води (1)	Real	%MD22		☒	☒	
5	Насос	Bool	%Q1.0		☒	☒	
6	Насос(3)	Bool	%Q1.1		☒	☒	
7	Насос(2)	Bool	%Q1.2		☒	☒	
8	Насос(1)	Bool	%Q1.4		☒	☒	
9	Клапан	Bool	%Q1.5		☒	☒	
10	Клапан(1)	Bool	%Q1.6		☒	☒	
11	Клапан(2)	Bool	%Q1.7		☒	☒	
12	Клапан(3)	Bool	%Q2.0		☒	☒	
13	Витрата	Real	%MD26		☒	☒	
14	Витрата2	Real	%MD30		☒	☒	
15	Температура	Real	%MD34		☒	☒	
16	Tag_1	Bool	%M0.0		☒	☒	
17	Tag_2	Bool	%M0.1		☒	☒	
18	Tag_3	Bool	%M0.2		☒	☒	
19	Tag_4	Bool	%M0.3		☒	☒	

Рисунок 5.11 – Теги

5.7.4 Запуск візуалізації

У цьому вікні користувач входить у програму з відповідним рівнем доступу. Вікно входу наведено на малюнку 5.13.

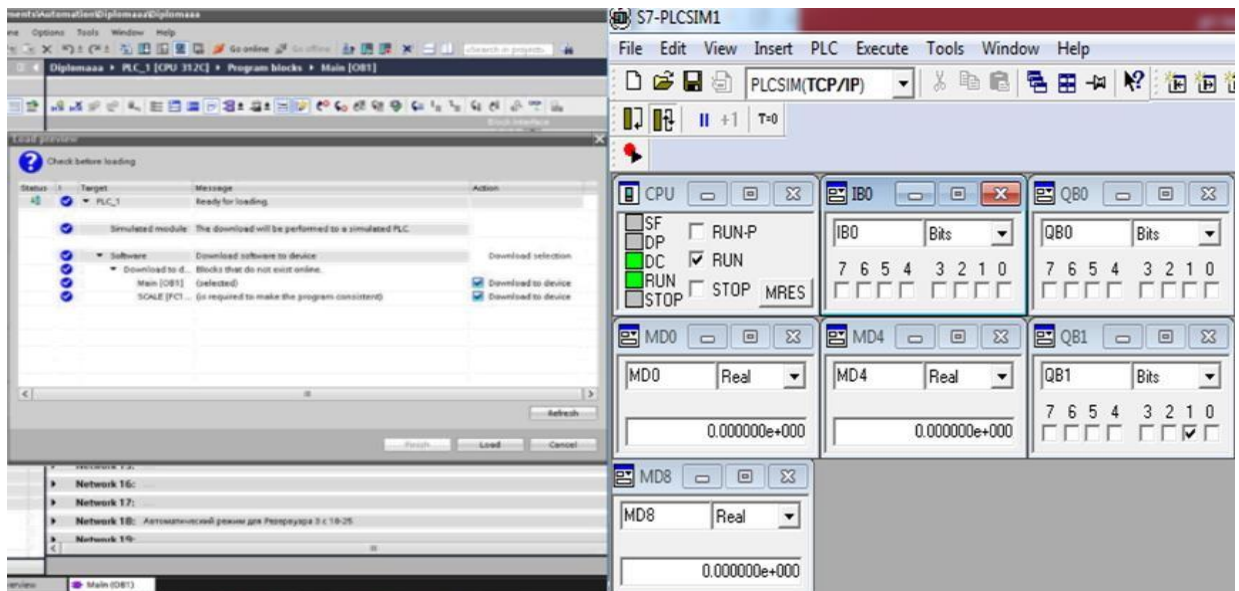


Рисунок 5.12 – Вікна «Load Preview» и «S7-PLCSIM»

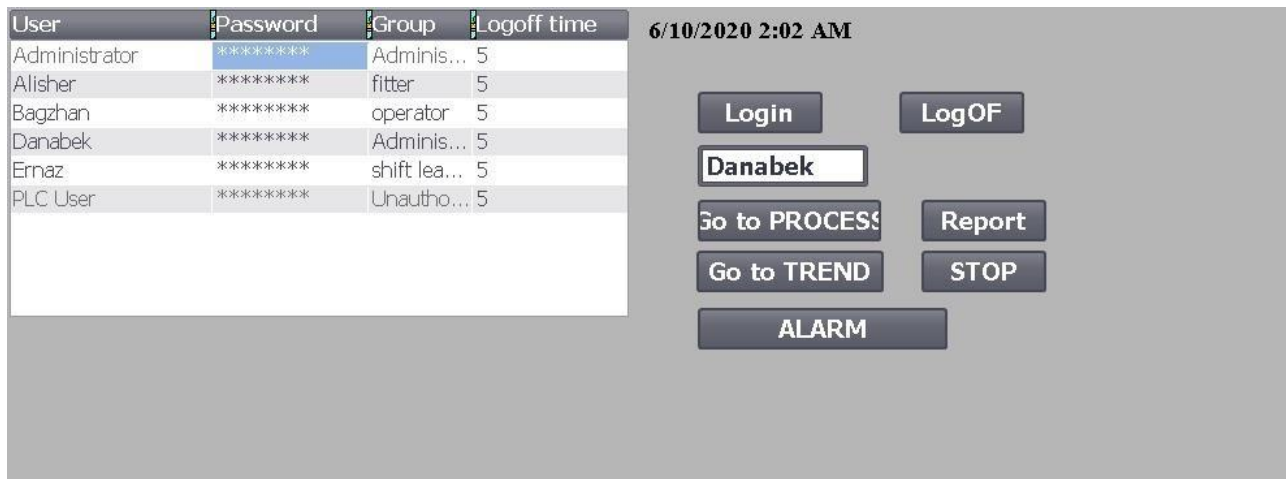


Рисунок 5.13 – Інтерфейс вхід управління

Далі відкривається вікно, у якому необхідно обрати автоматичний або ручний режим роботи (рис. 5.14).

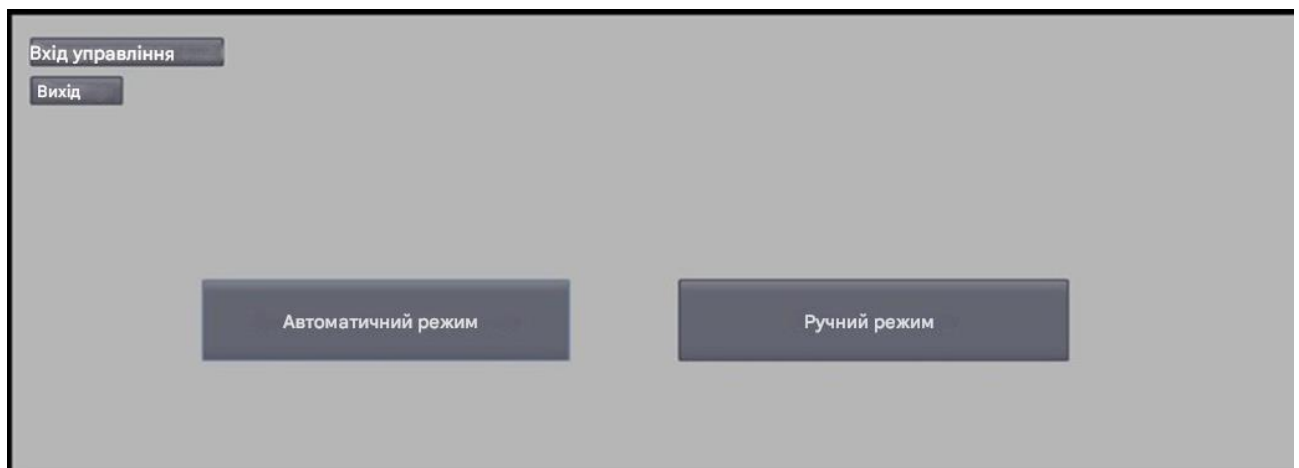


Рисунок 5.14 – Вибір режиму

Автоматичний режим

Програма візуалізації відображає стан усіх механізмів, показання датчиків для кожного резервуара, містить кнопки для виклику меню, переходу в ручний режим та зупинки процесу. Крім того, на екрані показані значення тиску та температури труб, як наведено на малюнку 5.15.

У ємності коагуляції очищення води від зважених часток здійснюється за

допомогою хлориду заліза (FeCl_3). Цей реагент виступає як коагулянт, сприяючи об'єднанню зважених частинок з подібним до електростатичного зарядом у невеликі агрегати — мікропластівці, що представляють собою компактні скупчення частинок. Далі технологічні потоки очищеної води самопливом з ємності коагуляції надходять у ємність нейтралізації, куди додають сірчану кислоту (H_2SO_4) та гідроксид натрію (NaOH) для підтримки значення рН у межах 6,5–8,0. Після цього вода самопливом подається у ємність флокуляції, куди вводиться поліелектроліт.

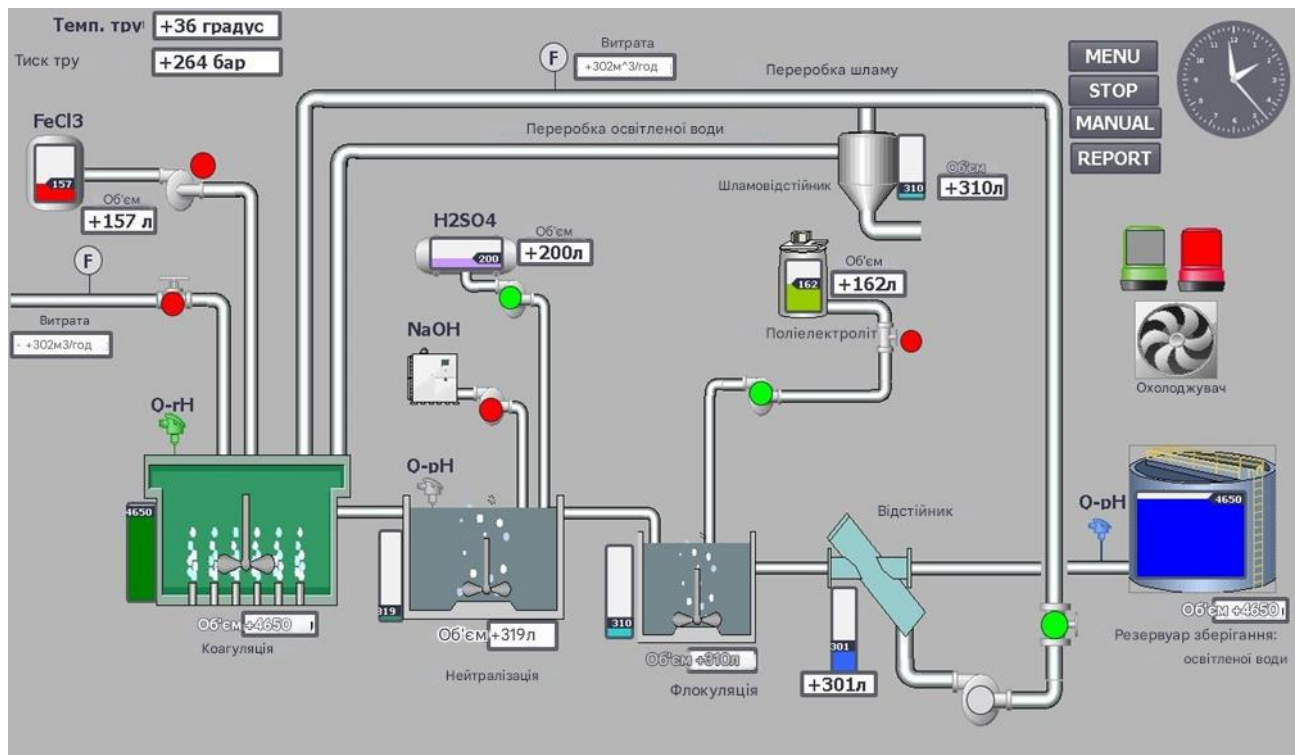


Рисунок 5.15 – Автоматичний режим процесу

За допомогою флокулянтів мікропластівці, утворені на попередньому етапі, об'єднуються у більші пластівці. Поліелектроліт сприяє осіданню механічних частинок у резервуарах статичного відстою. Таким чином, мікропластівці зростають у великі пластівці, які врешті осідають на дні відстійника.

Резервуари статичного відстою є сепараторами з нахиленими пластинами, призначеними для освітлення води шляхом осадження зважених механічних частинок. На виході з резервуарів освітлена вода обробляється гіпохлоритом натрію перед надходженням на наступну ділянку очищення для подальшої обробки.

Шлам, видалений із резервуарів статичного відстою, надходить у загусник шламу для додаткового витримування з метою видалення надлишкової води. У шлам вводиться поліелектроліт, який сприяє його згущенню. Надлишкова вода, що утворюється у верхньому шарі загусника, відводиться і переливається назад у ємність коагуляції.

Резервуар зберігання освітленої води призначений для збору води з резервуарів статичного відстою. Він також забезпечує підтримку стабільного об'єму води, яка використовується як сировина для установки зворотного осмосу. Перед потраплянням у резервуар у воду додається гіпохлорит натрію для запобігання росту та накопиченню біологічних організмів у обладнанні після резервуара.

Після виходу з резервуара вода перекачується насосом для подальшого очищення до демінералізованого стану. У разі виникнення проблем або відхилень під час автоматичного режиму можливо переключитися на ручний режим, як показано на малюнку 5.16.

На схемі присутні кнопки для перегляду трендів, при натисканні на які відкривається вікно (рис. 5.17). У цьому вікні можна спостерігати графіки змін таких параметрів, як рівень води (рис. 5.18), температура (рис. 5.19) та витрата (рис. 5.20).

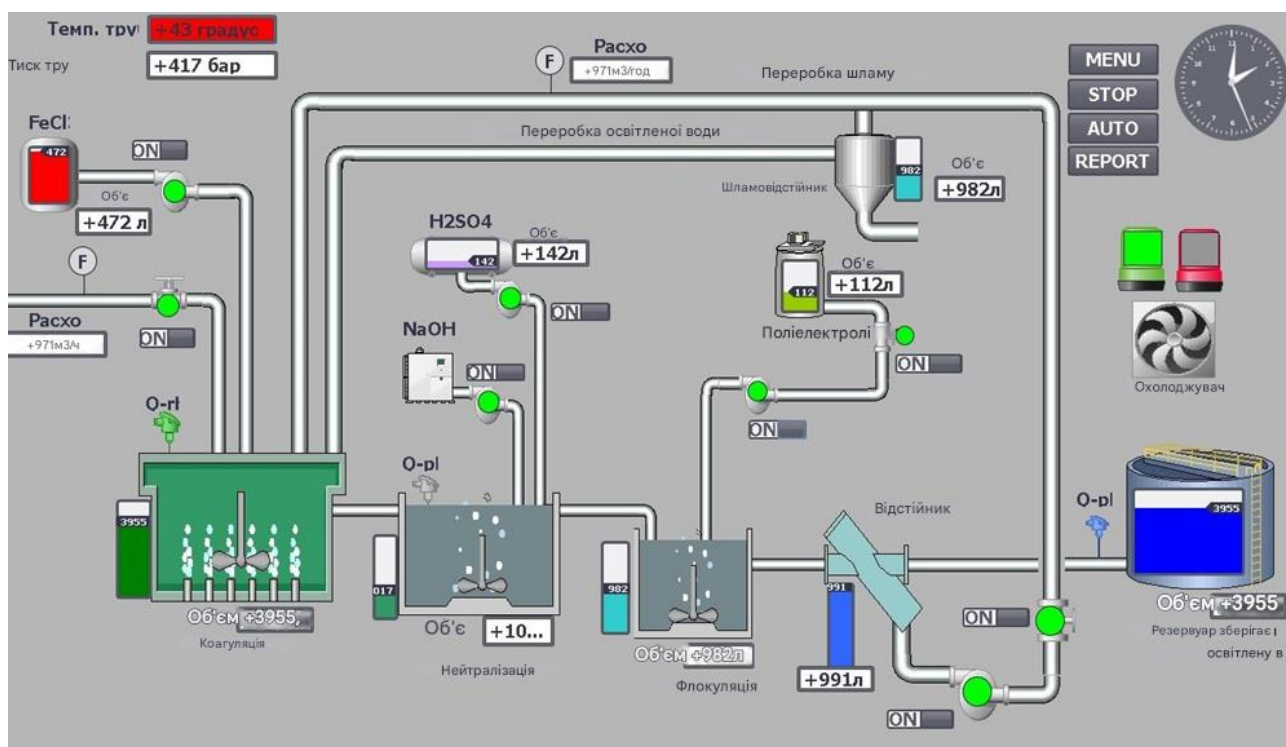


Рисунок 5.16 – Ручний режим процесу

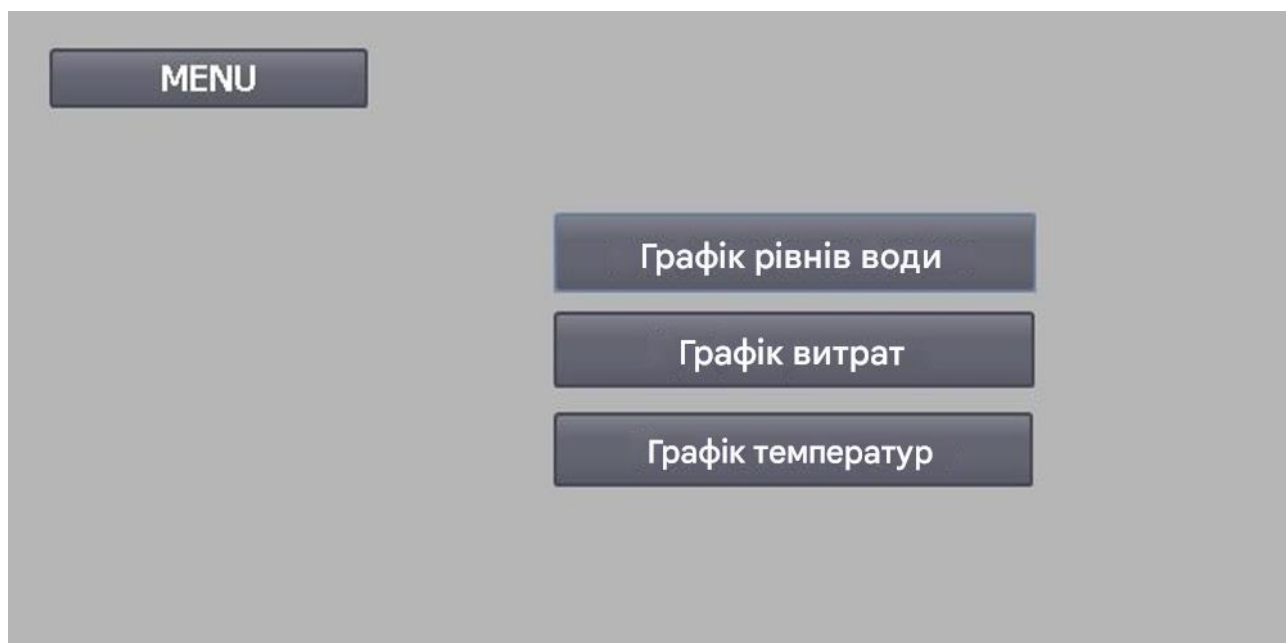


Рисунок 5.17 – Виклик трендів

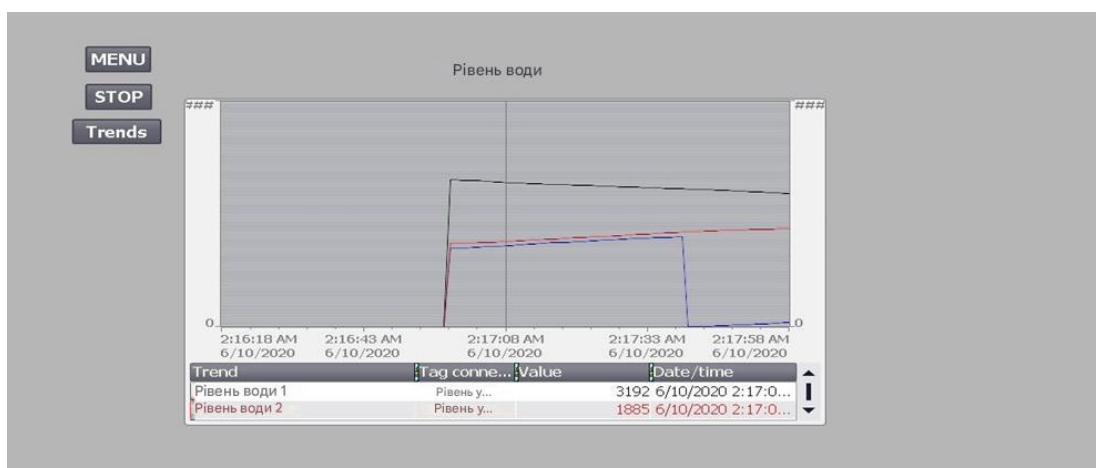


Рисунок 5.18 – Графік зміни рівня води

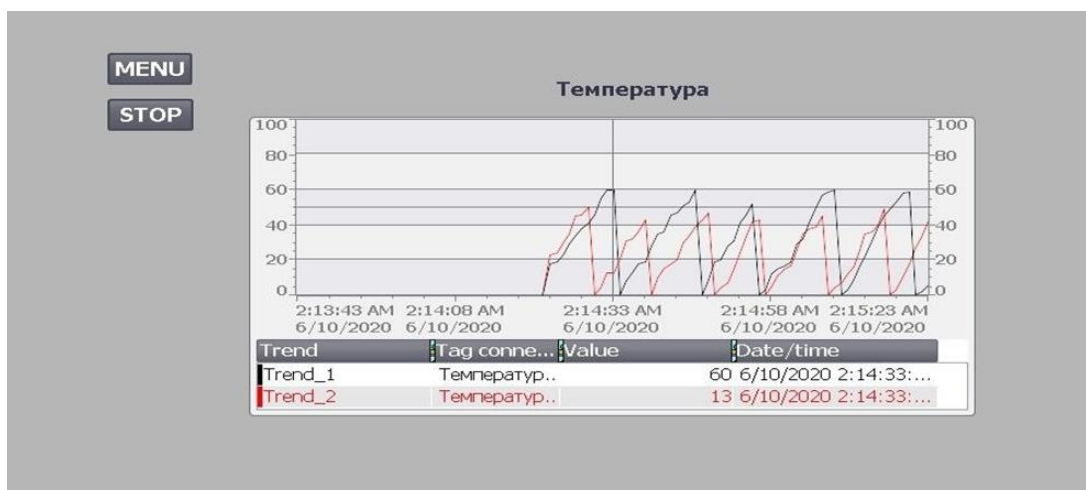


Рисунок 5.19 – Графік зміни температури

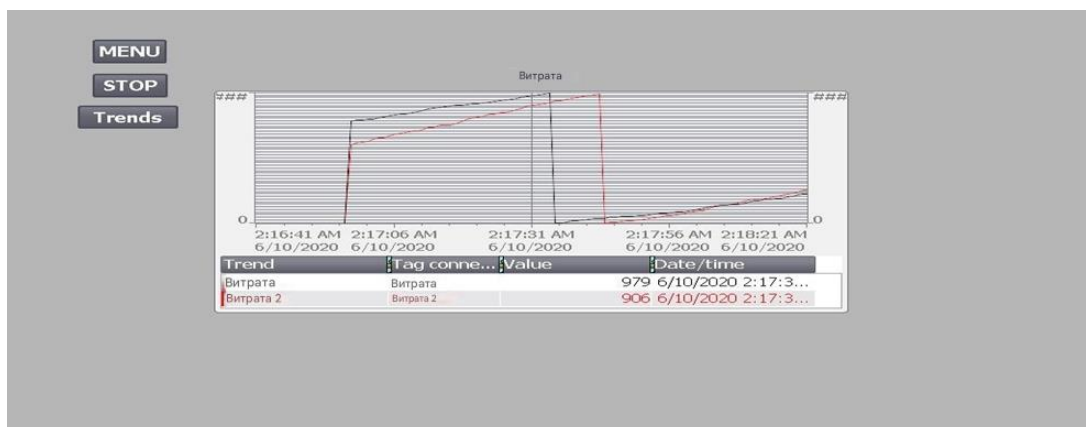


Рисунок 5.20 – Графік зміни витрати

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз робочого середовища працівника

У кваліфікаційній роботі розглянуто процес розроблення автоматизованої системи управління підприємством з очищення стічних вод, зокрема секцію попереднього очищення. Впровадження автоматизації у виробничий процес забезпечує виконання технологічних операцій без безпосередньої участі обслуговуючого персоналу. За умов повної автоматизації функції працівників зводяться до загального контролю за роботою обладнання, проведення налаштувань і налагодження апаратури. Основними обов'язками оператора АСУ є моніторинг параметрів технологічного процесу, керування обладнанням та ухвалення рішень у випадку виникнення нештатних ситуацій.

Нештатні ситуації та збої — це стани, за яких установка функціонує в умовах, що відхиляються від нормального режиму роботи. Такі обставини вимагають від оператора або чергового персоналу переведення установки в режим нестандартної експлуатації.

У разі виникнення аварійного сигналу, спричиненого нештатною ситуацією, необхідно вжити відповідних заходів реагування. При виникненні сигналу через збій приладу перевірити повний контур керування — від датчиків до контролерів.

Розділ присвячено аналізу основних факторів впливу на працівників підприємства, включаючи екологічну та виробничу безпеку, а також розробленню заходів щодо мінімізації негативного впливу проектованої діяльності.

6.1.1 Хімічні шкідливі фактори у виробничому середовищі.
Особливості впливу токсичних речовин на організм людини.

Під час виконання окремих видів професійної діяльності на працівників можуть впливати шкідливі хімічні речовини. До шкідливих належать такі речовини, які при потрапленні в організм людини здатні викликати виробничі травми, професійні захворювання або інші порушення стану здоров'я, що можуть проявлятися як безпосередньо під час роботи, так і через певний проміжок часу, у тому числі впливаючи на майбутні покоління. Проникнення шкідливих речовин в організм можливе через органи дихання, травну систему, шкірні покриви та слизові оболонки.

Виробничі отруєння поділяються на гострі та хронічні. Гострі отруєння виникають раптово за умови дії високих концентрацій шкідливих газів або парів і трапляються переважно під час аварійних ситуацій. Хронічні отруєння розвиваються поступово внаслідок тривалого накопичення токсичних речовин в організмі (матеріальна кумуляція) або в результаті накопичення функціональних змін, спричинених їх дією (функціональна кумуляція).

У санітарно-гігієнічній практиці шкідливі речовини поділяють на хімічні сполуки та виробничий пил. Вплив хімічних речовин на організм людини визначається їхніми фізико-хімічними властивостями. Залежно від характеру дії на організм, небезпечні та шкідливі хімічні фактори виробничого середовища поділяються на такі групи: загальнотоксичні, подразнювальні, канцерогенні, мутагенні та такі, що впливають на репродуктивну функцію. Згідно з вимогами ГОСТ 12.1.007-76, усі шкідливі речовини класифікуються за ступенем їх впливу на організм людини на чотири класи небезпечності:

1. надзвичайно небезпечні речовини — до них належать 3,4-бенз(а)пірен, ртуть, свинець, озон, фосген тощо;
2. високонебезпечні речовини — оксиди азоту, бензол, йод, марганець, мідь, сірководень, їдкі луги, хлор та інші;
3. помірно небезпечні речовини — ацетон, ксилол, сірчистий ангідрид, метиловий спирт тощо;

4. малонебезпечні речовини — аміак, бензин, скипидар, етиловий спирт, оксид вуглецю та інші.

Забезпечення безпеки при роботі з шкідливими речовинами.

Основним напрямом профілактики професійних захворювань є повне усунення контакту працівників зі шкідливими речовинами шляхом комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів. Велику роль відіграє також розробка нових технологічних процесів, які виключають застосування шкідливих речовин, а також заміна токсичних матеріалів менш шкідливими. Постійно проводиться робота з покращення умов виробництва, включаючи забезпечення чистоти повітря, що подається припливною вентиляцією в виробничі приміщення. Це досягається шляхом озеленення території підприємства, ефективного очищення викидів, герметизації обладнання, розташованого на відкритих майданчиках. Для захисту працівників від шкідливих речовин основне значення мають засоби індивідуального захисту, зокрема респіратори та інші засоби захисту органів дихання, спеціальний одяг і взуття, рукавички. Крім того, застосовуються ізолюючі костюми, засоби захисту голови та обличчя, а також спеціальні пасти та мазі для захисту шкіри.

Сірководень (H_2S).

Сірководень є надзвичайно небезпечною речовиною. Це безбарвний газ, легкозаймистий та вибухонебезпечний. Він чинить сильну подразнювальну дію на дихальні шляхи та очі, а також впливає на центральну нервову систему. Основною ознакою присутності сірководню є запах тухлих яєць. При підвищених концентраціях газу відчуття запаху зникає через втрату нюху, причому втрата нюху відбувається швидше зі збільшенням концентрації. Контакт із шкірою може викликати тривале або інтенсивне подразнення.

Вдихання сірководню у великих концентраціях може бути смертельно небезпечним.

Таблиця 6.1 — Концентрації сірководню і їхні наслідки для здоров'я людини.

Концентрація сірководню в повітрі	Гранично допустимі рівні впливу	Потенційні наслідки для організму
< 1 ppm	Мінімальна концентрація, при якій відчувається запах	Запах тухлих яєць проявляється при концентраціях газу в межах 3–5 ppm.
7 ppm	Допустимий рівень концентрації	Немає тривалих ушкоджень організму
20 ppm		Симптоми включають втому, зниження апетиту та головний біль
50-100 ppm		Виникнення незначного подразнення очей та дихальних шляхів після 1 години впливу
100 ppm	Концентрація, безпосередньо небезпечна для життя та здоров'я (IDLH)	Загроза для життя. Можливі необоротні або відстрочені негативні наслідки впливу H ₂ S на організм.
100-200 ppm		Інтенсивне подразнення носа, горла та легень, повна втрата нюху

1000-2000 ppm		Швидка втрата свідомості та летальний наслідок
---------------	--	--

Запобіжні заходи

- Якщо зафіксовано або є підозра, що працівник зазнав впливу високої концентрації H_2S (знепритомнів), негайно надягніть респіратор для аварійної евакуації.
- Покиньте небезпечну зону, рухаючись спочатку перпендикулярно до напрямку вітру, а потім проти вітру, до безпечного місця, звідки можна повідомити про інцидент.
- При спрацюванні загальної або локальної аварійної сигналізації, а також персонального детектора H_2S :
 - Надягніть респіратор для аварійної евакуації.
 - Безпечно зупиніть роботи.
 - Негайно повідомте колег (якщо спрацював персональний детектор).
 - Визначте напрямок вітру і рухайтесь перпендикулярно, а потім проти вітру.
 - Неоперативний персонал повинен пройти у безпечну зону згідно з планом евакуації для даного об'єкта.
 - Прибувши до безпечної зони, дотримуйтесь інструкцій керівника.
 - Повідомте оператора установки про інцидент (особливо при спрацюванні персонального детектора).
 - Перед поверненням на робоче місце замініть використаний респіратор аварійної евакуації на новий.

6.1.2 Заходи пожежної безпеки

Пожежі на підприємствах енергетичної галузі становлять серйозну загрозу для працівників і можуть спричинити значні матеріальні збитки. Забезпечення пожежної безпеки здійснюється шляхом впровадження заходів пожежної профілактики та активного пожежного захисту. Пожежна

профілактика передбачає комплекс заходів, спрямованих на запобігання виникненню пожеж або зменшення їхніх наслідків [15].

Можливі причини пожеж у виробничому середовищі.

Найпоширенішими причинами пожеж на промислових підприємствах є необережне поводження з вогнем, несправність виробничого обладнання, порушення технологічного процесу, недотримання правил експлуатації електрообладнання, недотримання заходів пожежної безпеки під час електрогазозварювальних робіт та інші фактори.

Причини неелектричного характеру:

- Неправильне влаштування та несправність котелень, печей, вентиляційних і опалювальних систем, опалювальних приладів та технологічного обладнання.
- Несправність систем живлення та мастила в працюючих двигунах механізмів.
- Порушення технологічного процесу, зокрема недостатня герметизація обладнання, що виділяє пил і гази.
- Порушення режимів топки печей і котелень, відсутність іскрогасників, залишення печей без нагляду.
- Недотримання правил пожежної безпеки під час газозварювальних робіт, різання металів, користування паяльними лампами.
- Халатне та необережне поводження з вогнем: куріння, залишення без нагляду нагрівальних приладів, розігрів деталей та сушіння приміщень відкритим вогнем.
- Самозаймання або спонтанне займання речовин.

Таблиця 6.2 — Основні класи пожеж

Клас	Опис горючого середовища або матеріалу	Рекомендовані вогнегасні засоби та матеріали
------	--	--

пожежі		
А	Тверді матеріали, здатні до горіння (дерево, вугілля, папір, гума, текстиль)	Усі доступні засоби пожежогасіння, включно з водою
В	Горючі рідкі та нагріті тверді речовини (мазут, бензин, лаки, олії, спирт, стеарин, каучук)	Розпилювана вода, всі піни, склади на основі галогеналкілів, порошкові матеріали
С	Легкозаймисті гази: водень, ацетилен, вуглеводні	Газові суміші: інертні розріджувачі (N_2 , CO_2), галогенвуглеводні, порошкові засоби, вода
Д	Метали й їхні сплави, здатні до горіння: калій, натрій, алюміній, магній	Порошкові засоби (при спокійній подачі на нагріту поверхню)
Е	Пристрої під напругою	Порошкові засоби, хладони, CO_2

6.1.3 Системи захисту від блискавки та статичної електрики

Захист від блискавки

На підприємстві передбачено систему блискавкозахисту для всіх конструкцій шляхом встановлення на них заземлюючих блискавководвідів з низьким опором. Кожна конструкція з'єднується з заземлюючими електродами, розташованими в колодязях біля основи захищуваної конструкції. Кожен блискавководвід має власну криницю заземлення, яка підключається до головної заводської магістралі заземлення (кільцевої мережі) за допомогою підземного кабелю перерізом 70 мм². Загальний опір

заземлення електродів не перевищує 10 Ом за умови ізоляції від кільцевої мережі заводу.

6.2 Проектування системи штучного освітлення приміщення

Особливості праці оператора корпоративної мережі полягають у низькій руховій активності, монотонності виконуваних операцій та вимушеній статичній робочій позі. Ці фактори негативно впливають на самопочуття працівника. До шкідливих виробничих чинників операторської належить недостатня освітленість робочого місця. План приміщення операторської, де розташовані робочі місця операторів та головного технічного спеціаліста, наведено на рисунку 6.1.



Рисунок 6.1 – План приміщення

Приміщення контролю та моніторингу електронного документообігу має розміри $4,5 \times 6,5 \times 4$ м³. Під час роботи з комп'ютером спостерігаються такі недоліки:

- вплив прямого яскравого світла;
- посилення контрасту між зображенням на екрані та фоном;

- відблиски на екрані.
- Відповідно до СНіП 2.04-05-2002, операційна під час зорової роботи третього ступеня точності (з дискримінацією об'єктів від 0,5 до 1 мм) відноситься до середньої точності виконуваних завдань із середнім контрастом об'єкта відображення.
- Мінімальна освітленість робочого місця повинна становити 300 лк. Інформація на моніторі комп'ютера, що включає програмні та підтверджуючі документи, має точний характер і потребує підвищеної уваги від оператора. За таких умов зазначені параметри освітлення є достатніми для ефективної роботи.
- У разі недостатнього освітлення можливе виникнення негативних наслідків: підвищена втомлюваність, головний біль, дратівливість, безсоння, а також болі в очах, шиї та руках. Оскільки природне освітлення приміщення недостатнє, на робочому місці необхідно застосовувати штучне освітлення. Далі буде проведено розрахунок природного та штучного освітлення.
- Приміщення залу має природне освітлення через одне бічне вікно та обладнане штучним освітленням, що забезпечує можливість роботи у темний час доби та в місцях, де значення коефіцієнта природного освітлення (КЕО) не відповідає нормативам.
- Для розрахунку загального освітлення апаратного залу прийняті такі параметри: довжина $A = 6,5$ м, ширина $B = 4,5$ м, висота $H = 4$ м; стеля побілена, стіни світлі, вікна не завішені. Зорова робота відноситься до III розряду високої точності, нормативна освітленість становить 300 лк.
- У приміщенні застосовується люмінесцентна лампа ЛБ білого світла, потужністю 40 Вт, світловим потоком 3120 лм, діаметром 40 мм та довжиною зі штирями 1213,6 мм. Висота встановлення світильника:

- $h' = 4 - r,$

де h - висота лампочки.

$$h' = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ м.}$$

Висота робочої поверхні $h_p = 1,2 \text{ м.}$

Визначимо оптимальну відстань між світильниками

$$L = \lambda \cdot h \text{ м,}$$

де $\lambda = 1,2 + 1,4$

Відстань від світильника до освітлюваної поверхні

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 1,2 - 0,8 = 2 \text{ м.}$$

Згідно з розрахунками, необхідна відстань між світильниками дорівнює

$$L_a = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м.}$$

Знайдемо індекс приміщення I :

$$I = A \cdot B / h \cdot (A + B) = 6,5 \cdot 4,5 / 3,2 \cdot (6,5 + 4,5) = 0,824.$$

Визначимо коефіцієнт використання η за таблицею: $\eta = 0,61$

В якості світильника використаємо ЛСП02, розрахований на дві лампи потужністю 40 Вт, діаметром 40 мм та довжиною зі штирями 1213,6 мм. Розміри світильника: довжина 1234 мм, ширина 276 мм. Світловий потік лампи ЛБ 40 Фл становить 3120 лм, а світловий потік, що випромінюється світильником ($\Phi_{\text{св}}$), дорівнює:

$$\Phi_{\text{св}} = \Phi_a \cdot 2 = 3120 \cdot 2 = 6240 \text{ лм.}$$

Знайдемо необхідну кількість світильників

$$N = E \cdot K_3 S \cdot Z / n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta,$$

де S - площа приміщення, $S = 29,25$ м;

$KЗ$ - коефіцієнт запасу, $KЗ = 1,5$;

E - задана мінімальна освітленість, $E = 400$ лк.; Z – коефіцієнт нерівномірності висвітлення, $Z=1,2$; n - кількість ламп у світильнику, $n = 2$;

$\Phi_{л}$ – світловий потік вибраної лампи,

$$N = 5,45 \approx 6 \text{ світильників.}$$

Місця встановлення світильників відображені на рисунку 5.2.

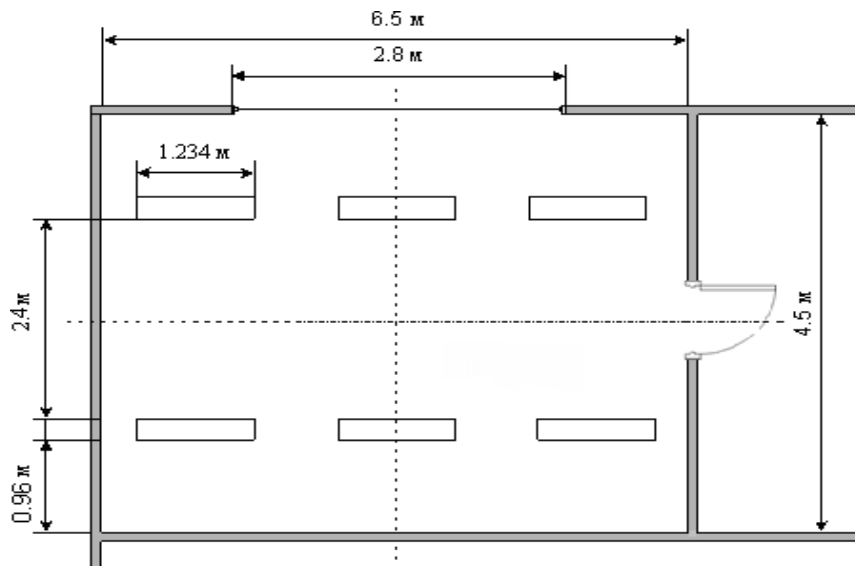


Рисунок 6.2 — Схема встановлення світильників у приміщенні

Для забезпечення нормативної освітленості необхідно встановити 12 ламп у 6 світильниках, розташованих у два ряди по три світильники в кожному ряду, причому кожен світильник містить по дві лампи.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено систему управління очищенням стічних вод на виробництві. Об'єктом дослідження обрана установка «секції попереднього очищення», яка є першою фазою очищення. Установка забезпечує перетворення вхідного потоку неочищеної води на освітлену шляхом відділення твердих частинок, що осаджуються під дією фізико-хімічних процесів.

Для досягнення поставлених цілей було проаналізовано різні методи очищення стічних вод та проведено системний аналіз. Розглянувши попереднє очищення як об'єкт управління, вивчено класифікацію та конструкцію обладнання, а також побудовано функціональну схему АСУ ТП. Було обрано програмований логічний контролер і засоби вимірювання, а також реалізовано візуалізацію програмного забезпечення.

У ході виконання роботи були вирішені такі завдання:

- Описано та проведено аналіз технологічного процесу очищення стічних вод;
- Розроблено функціональну схему АСУ ТП для секції попереднього очищення стічних вод;
- Обрано контролер та проведено порівняльний аналіз усіх засобів вимірювання;
- Створено візуалізацію програми секції попереднього очищення за допомогою SCADA-системи TIA Portal;
- Вирішено ряд питань, пов'язаних із забезпеченням безпеки життєдіяльності.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що поставлені завдання були успішно виконані. У процесі опрацювання теми здобуто нові знання щодо технології очищення стічних вод. Підсумовуючи, також було набуто практичне вміння розробляти функціональні схеми автоматизації та створювати програмне забезпечення для SCADA-систем.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Беліченко Ю. П. Захист водних ресурсів / Ю. П. Беліченко, Б. М. Дразнер, В. М. Чередніченко – К. : «Будівельник», 1990. – 94 с.
2. Білецький А. А. Організація і технологія будівельних робіт: навч. посіб. для студ. напряму "Водні ресурси" вищ. навч. закл. / А. А. Білецький – Рівне : НУВГП, 2007. – 202 с.
3. Левківський С.С., та ін. Загальна гідрологія: Підручник для студ. геогр., геол. і гідромереор. ф-тів вищ. закл. освіти / С. М. Лисогор (ред.). – К. : Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с.
4. Кирилюк М. І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат: Навч. посібник / Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича. – Чернівці : Рута, 2008. – 246 с.
5. Василенко О. А. Раціональне використання та охорона водних ресурсів: Навч. посіб. для студ. напряму "Водні ресурси" ВНЗ / О. А. Василенко, Л. Л. Литвиненко, О. М. Квартенко – Рівне: НУВГП, 2007. – 245 с.
6. Левківський С. С. Раціональне використання і охорона водних ресурсів: Підруч. для студ. вищ. навч закл / С. С. Левківський, М. М. Падун – К. : Либідь, 2006. – 280 с.
7. Гурин В. А. Гідроаеродинамічні машини та насосні станції: конструкції, експлуатація, надійність: словник-довідник для студ. напряму "Гідротехніка (водні ресурси)" вищих навч. закл. / В. А. Гурин, Ю. П. Євреєнко – Рівне : НУВГП, 2008. – 186 с.
8. ДСТУ 3041-95 "Гідросфера. Використання і охорона вод. Терміни та визначення" (наказ Держстандарту України № 91 від 28.03.1995 р.).
9. Хільчевський В. К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти / В. К. Хільчевський – К. : ВЦ "Київський університет", 1999. - 319 с.
10. Штепа В. Обґрунтування алгоритму експериментально аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових

об'єктів з метою побудови енергоефективних систем управління. Енергетика і автоматика. 2014. № 2. С. 62–71.

11. Іванько О., Бідненко Л. Сучасні методи знезараження стічних вод (огляд літератури). С. 137–150.

12. Єремєєв І.С. Автоматизовані системи управління технологічними процесами/ І.С. Єремєєв, В.Б. Кисельов – К:Олді+, 2022.-324с.

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

14. Hans Berger Automating With STEP 7 In LAD And FBD: Programmable Controllers SIMATIC S7-300/400:Publicis Mcd Werbeagentur Gmbh. 2008,—440 p.

15. SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109814829/simatic-s7-s7-1200-programmable-controller?dti=0&lc=en-UA>.

16. SIMATIC S7-1200 - гнучке рішення Ваших завдань [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://new.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/systemyavtomatyzatsiyi/systemy-promyslovoyi-avtomatyzatsiyi-simatic/plc-kontrolerysimatic/simatic-s7-1200.html>.

17. SIMATIC S7 Комплексная автоматизация – программирование 1, Курс ST-PRO1, 427 с.

18. Глушаков С. О. Контролери Siemens S7: програмування та конфігурування. Харків : Основа, 2017, -246 с

19. Корчемний М.О., Клендій П.Б., Потапенко М.В. Теоретичні основи автоматики: Навч. посібн. Тернопіль: Навчальна книга - Богдан, 2021. 304 с.

20. Романов І. В. Програмне забезпечення для промислової автоматизації. Київ : Ліра-К, 2020. 224 с.

21. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Програмування систем реального часу" /Тернопіль: ТНТУ ім.І.Пулюя, 2017 – 92с.

Додаток А

