

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: Відділення попереднього очищення води

Київ – 2017 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Хіміко-технологічний факультет
Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

В.о. завідувача кафедри

“ ” 20 p.

на здобуття ступеня бакалавра

на тему: Відділення попереднього очищення води

Ободенко Любов Сергіївна

(підпис)

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

3 автоматичного регулювання

ст. викл. Лукініюк М.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

з економіко-організаційних рішень

доц., к.т.н. Підлісна О.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

з охорони праці

доц., к.т.н. Полукаров Ю.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2017 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет хіміко-технологічний
(повна назва)

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.051301 – Хімічна технологія
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Н.М. Толстопалова
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Ободенко Любові Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема проекту Відділення попереднього очищення води,
керівник проекту: проф., д.т.н. Астрелін І.М.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту: продуктивність цеху 250 м³/год, вихідна вода з природної водойми

4. Зміст пояснювальної записки: Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Характеристика і обґрунтування прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи. Опис технологічної схеми. Витратні коефіцієнти з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв. Автоматичне регулювання та контроль виробництва. Економіко-організаційні розрахунки. Охорона праці. Екологічна безпечність виробництва. Інноваційна частина.

5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема цеху, схема дистанційного контролю та автоматичного регулювання технологічних параметрів, креслення загального вигляду головного апарата, плакат результатів розрахунку економіко-організаційної частини, плакат інноваційної частини.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	доц. Косогіна І.В.		
7	ст. викл. Лукінюк М.В.		
8	доц. Підлісна О.А.		
9	доц. Полукаров Ю.О.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Описання технологічної схеми виробництва. Креслення технологічної схеми на форматі А4.	10 березня	
2	Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Характеристика прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм техно-логічних режимів.	15 травня 20 березня	
3	Визначення витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв: розрахунок матеріального балансу виробництва; розрахунок теплового балансу виробництва; розрахунок витратних коефіцієнтів; багатоваріантні технологічні розрахунки.	26 березня 31 березня 02 квітня 12 квітня	
4	Комп'ютерний набір технологічної частини пояснювальної записки.	16 квітня	
5	Характеристика технологічного обладнання: розрахунок та вибір основних реакторів; розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання.	22 квітня 29 квітня	
6	Автоматичний контроль та керування виробництвом	15 травня	
7	Економіко-організаційні розрахунки	21 травня	
8	Екологічна безпека виробництва	25 травня	
9	Охорона праці виробничого процесу	31 травня	
10	Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень та ілюстративних плакатів	15 червня	
11	Попередній захист	18 червня	

Студент

_____ (підпис)

Ободенко Л.С.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Астрелін І.М.
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 113 стор., 7 рис., 22 табл., 4 додатків, 19 бібл.

Розроблено проект відділення попереднього очищення води для технологічних потреб ТЕЦ. Розглянуто фізико-хімічні закономірності процесів коагуляційного очищення води, обґрунтовано метод очищення води. Наведено технічні вимоги до реагентів – коагулянту, флокулянту і вапна. На підставі розрахунків обрано основний апарат та технологічне обладнання у відповідності до заданої продуктивності відділення. Розраховано освітлювач та ультрафільтраційну установку для здійснення процесу очищення. Розраховані витратні коефіцієнти процесу очищення води в освітлювачі. Наведено та описано технологічну схему процесу очищення води.

Розроблено схему автоматичного контролю і керування процесом. На підставі розрахунків технологічного обладнання та витратних коефіцієнтів розроблено економіко-організаційну частину проекту, наведено характеристику відходів та технічні рішення з охорони праці.

В інноваційній частині досліджено ефективність вилучення гумусових речовин з води комплексним коагулянтом на основі червоного шламу.

КОАГУЛЯЦІЯ, ВАПНУВАННЯ, УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЯ, ФЛОКУЛЯНТ,
ОСВІТЛЕННЯ, МІЦЕЛЛА, ГІДРОЛІЗ, ЧЕРВОНИЙ ШЛАМ, КОМПЛЕКСНИЙ
КОАГУЛЯНТ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 113 с., 7 рис., 22 таб., 4 приложения, 19 библ.

Разработан проект отделения предварительной очистки воды для технологических нужд ТЭЦ. Рассмотрены физико-химические закономерности процессов коагуляционной очистки воды, обоснован метод очистки воды. Приведены технические требования к реагентам - коагулянта, флокулянта и извести. На основании расчетов выбран основной аппарат и технологическое оборудование в соответствии с заданной производительности отделения. Рассчитано осветитель и ультрафильтрационную установку для осуществления процесса очистки. Рассчитаны расходные коэффициенты процесса очистки воды в осветителе. Приведено и описано технологическую схему процесса очистки воды.

Разработана схема автоматического контроля и управления процессом. На основании расчетов технологического оборудования и расходных коэффициентов разработана экономико-организационная часть проекта, приведена характеристика отходов и технические решения по охране труда.

Досліджено ефективність вилучення гумусових речовин з води комплексним коагулянтном на основі червоного шламу.

В инновационной части исследовано эффективность извлечения гумусовых веществ с воды комплексным коагулянтном.

КОАГУЛЯЦИЯ, ИЗВЕСТКОВАНИЕ, УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ,
ФЛОКУЛЯНТ, ОСВЕЩЕНИЕ, МИЦЕЛЛА, ГИДРОЛИЗ, КРАСНЫЙ ШЛАМ,
КОМПЛЕКСНЫЙ КОАГУЛЯНТ

ABSTRACT

Explanatory note: 113 p., 7 fig., 22 tab., 4 ap., 19 bibl.

Designed the project department of pre-treatment of water for technological needs of power plant. Considered physical and chemical laws about processes coagulation of water, explained method of water purification. Presented technical requirements for reagents - coagulant, flocculant and lime. Based on the calculations selected of the main technological equipment and apparatus according to given power of department. Calculated illuminator and ultrafiltration plant for the process of purification. Calculated ratios supplies of purification process in illuminator. Shows and describes technological scheme of water purification process.

Designed the scheme of automatic control and process control. Based on the calculations of technological equipment and ratios supplies developed economic factors and organizational part of the project, the characteristics of waste and technical solutions for safety.

In innovation part of the project investigated efficiency of extraction humic substances from water with complex coagulant.

COAGULATION, LIMING, ULTRAFILTRATION, FLOCCULANTS,
ILLUMINATION, MICELLES, HYDROLYSIS, RED MUD, COMPLEX
COAGULANT

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ТЕЦ	Теплоелектроцентрально
ПАА	Поліакриламід
ГПВДФ	гідрофілізований полівініліденфторид
УФ	Ультрафільтрація
МФ	Мікрофільтрація
ПТФЕ	політетрафторетилену
ПС	Полісульфону
ВЕЗ	Поліефірсульфону
ПВДФ	полівініліденфториду
ККД	Коефіцієнт корисної дії
ВРПП	Види руху предметів праці

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	12
1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА.....	13
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	16
2.1 Характеристика сировини	16
2.2 Характеристика продукції.....	17
2.3 Характеристика допоміжних матеріалів.....	17
3. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИБРАНОГО МЕТОДУ І ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ.....	22
3.1 Хімізм коагуляційного очищення водних об'єктів	22
3.2 Механізми видалення частинок.....	29
3.3 Основні параметри, що впливають на ефективність коагуляційного очищення води.....	31
3.4 Принципи пом'якшення води вапнуванням.....	35
3.5 Основи мікро-та ультрафільтрації (МФ і УФ).....	36
4. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРОЦЕСУ	40
5. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	44
5.1 Розрахунок та вибір основного обладнання.....	44
5.1.1 Вибір типу освітлювача.....	44
5.1.2 Розрахунок освітлювача ВТІ-250і	44
5.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання.....	48
5.2.1 Розрахунок баку для накопичення води	48
5.2.2 Розрахунок баків для розчину коагулянту	48
5.2.3 Розрахунок баку для вапнованої води	49

					ДП ХН 3211 1440 000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ободенко Л.С.			Відділення попереднього очищення води	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Астрелін І.М.					1	
Н. Контр.		Супрунчук В.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХН-32		
Затверд.		Толстопалова Н.М.						

5.2.4 Розрахунок баку для ПАА	49
5.2.5 Розрахунок ультрафільтраційної установки	50
5.2.6 Вибір насосного обладнання.....	53
6 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВІДДІЛЕННЯ РЕАГЕНТНОГО ОЧИЩЕННЯ.....	54
6.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації	54
6.2 Опис розробленої схеми автоматизації.....	55
7. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ.....	59
7.1 Класифікаційні ознаки і організаційна структура відділення попереднього очищення води.....	59
7.2 Технологічна підготовка виробництва	60
7.2.1 Класифікація виробничих процесів	60
7.2.2 ВРПП	61
7.2.3 Графік роботи і графік змінності персоналу	62
7.2.4 Порядок технічного контролю на виробництві	64
7.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	64
7.3.1 Вартість основних фондів відділення	64
7.3.2 Розрахунок фонду оплати праці	65
7.3.3 Розрахунок оборотних засобів відділення.....	66
7.3.4 Розрахунок техніко-економічних показників	67
7.3.5 Розрахунок вартості нового коагулянту та порівняння ціни з існуючими продуктами на ринку	67
8. ОХОРОНА ПРАЦІ	69
8.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці.....	69
8.1.1 Повітря робочої зони	69
8.1.2 Виробниче освітлення	73
8.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій.....	74

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

8.1.4 Електробезпека	75
8.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	76
8.2 Пожежна безпека.....	77
9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА.....	79
9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються	79
9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва	80
9.3 Розрахунок екологічних платежів	82
9.4 Екологічний моніторинг	83
10 ІННОВАЦІЙНА ЧАСТИНА	84
ВИСНОВКИ.....	86
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	87
ДОДАТОК А: Специфікація до технологічної схеми	89
ДОДАТОК Б: Специфікація до основного апарата	90
ДОДАТОК В: Специфікація до схеми автоматизації.....	92
ДОДАТОК Г: Тези доповідей	97

ВСТУП

Вода необхідна для забезпечення перебігу багатьох технологічних процесів, а також для різних галузей промисловості, де вона використовується як сировина, реагент, промисловий засіб, теплоносій, тощо. Загальні витрати води в побуті, сільському господарстві, промисловості зростають.

Вода широко використовується для технологічних потреб на ТЕЦ та на інших підприємствах пов'язаних з водоочищенням. Вона необхідна для промивки фільтрів, іонообмінних установок, теплообміну. Але навіть для другорядних потреб необхідна висока якість води. Для забезпечення відповідної якості води необхідно прийняти ряд технологічних рішень у апаратурному оформленні процесу та підборі методів очищення.

Найбільш ефективним методом вилучення завислих речовин зі стічних та природних вод є освітлення коагуляційним методом. Сьогодні існує дуже велика кількість способів і технологій очищення води, але не всі з них настільки ефективні для конкретних цілей. На сьогоднішній день коагуляція є одним з найпоширеніших методів очищення питної води.

Хімічна коагуляція є найбільш ефективним і надійним методом видалення зважених частинок (діаметром більше 10 нм) із природних і стічних вод. Вона також видаляє розчинені фракції деяких компонентів, наприклад, знижується кольоровість вихідної води, вміст фосфатів у побутовій і промисловій стічних водах. Якщо поєднати коагуляцію з ультрафільтрацією, можна досягти ефективного очищення води від завислих речовин. Вода, очищена таким шляхом може використовуватись для різних технологічних цілей виробництва.

Метою дипломного проекту є реконструкція відділення попереднього очищення води на ТЕЦ з метою зменшення навантаження на відділення пом'якшення води за рахунок заміни громіздких механічних фільтрів на компактну ультрафільтраційну установку.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Якщо якість води природних джерел не задовольняє вимогам, що висуваються, необхідно підібрати методи очищення води.

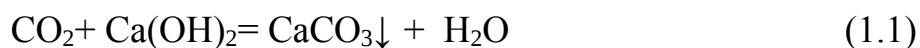
Вибір оптимальних методів очищення води – складне завдання, реалізація якого залежить від різноманіття домішок, що перебувають у воді та від вимог, пред’явлених до якості очищення води.

Застосовувані схеми очищення повинні забезпечувати максимальне використання очищених вод в основних технологічних процесах і мінімальне їхнє скидання у відкриті водойми. Від вибору технологічної схеми залежить не тільки якість води, а і економічна вигідність розробки.

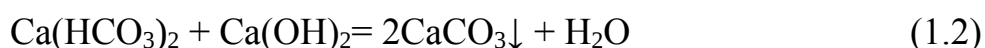
У схемах попереднього очищення води найбільш розповсюджені реагентні, коагуляційні та мембранні методи очищення води.

В процесі механічного очищення поверхневих вод досить легко видаляються частинки розміром 10 мкм і більше, дрібнодисперсні і колоїдні частинки практично не видаляються. Для їх очищення застосовують метод коагуляції, який найбільш ефективний для видалення з води колоїдно-дисперсних частинок з розміром 1 – 100 мкм. Вапнування з коагуляцією здійснюється для зниження лужності, жорсткості вихідної води, сухого залишку, а також для видалення зважених речовин, сполук кремнію, заліза, зменшення кольоровості. Формула вапняного молока $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

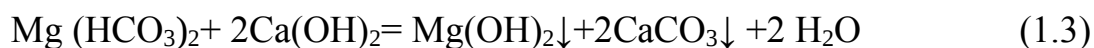
При вапнуванні води протікають наступні процеси. Перш за все з води віддаляється вільна вуглекислота CO_2 і утворюється важкорозчинна сполука, що випадає в осад – CaCO_3 .



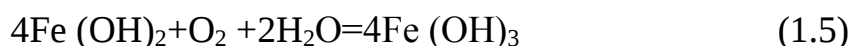
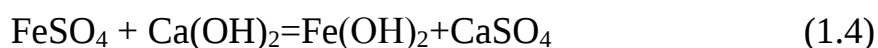
При введенні вапна в більшій кількості, чим це необхідно для зв’язування вуглекислоти, відбувається перехід бікарбонатів HCO_3^- до карбонатів CO_3^{2-} .



					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Коагуляція при вапнуванні є процесом, поліпшуючим формування осаду і протікання процесу видалення домішок. Як коагулянт при вапнуванні застосовується залізний купорос – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. При введенні у воду разом з вапном розчину залізного купоросу, відбувається утворення гідроксиду заліза[1].



Під час процесу коагуляції утворює нерозчинний у воді осад, що має рухливу пористу поверхню. Якщо разом з колоїдними речовинами у воді є зважені грубодисперсні частки (глина, пісок), пластівці, що утворилися, обліплюють зважені частки і разом з ними випадають в осад. Одночасне вапнування з коагуляцією забезпечує якнайкращий ефект протікання обох процесів.

Спільне використання коагулянтів і флокулянтів дозволяє розширити використання реагентів для очищення стічних вод. Більші резерви інтенсифікації методу коагуляції й флокуляції зв'язані як з більш глибоким дослідженням механізмів явищ, що супроводжують ці процеси, так і з більш ефективним використанням різних фізичних впливів.

Оптимальна доза коагулянту, тобто його мінімальна кількість, яка забезпечить зниження концентрації колоїдних і грубодисперсних домішок у вихідній воді, повинна встановлюватися експериментально для кожного джерела води в різні періоди року. Зазвичай доза сірчанокислового заліза при коагуляції знаходиться в межах 0,3 – 0,5 мг-екв/дм³.

Звична доза флокулянту ПАА, що збільшує ефект освітлення води і про-дуктивність установки, складає 0,1 – 1 мг/дм³ вихідної води. При чому ПАА дозується в воду у вигляді сильно розведених розчинів концентрацією 0,1 %, забезпечуючи при цьому інтенсивне перемішування розчину з водою.

Недолік коагуляційного методу – це не лише підвищені витрати реагенту, але і значне підкислення середовища, а також вторинне

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

забруднення очищених стоків металами, залежно від вживаних реагентів (іонами алюмінію, заліза, при використанні коагулянту ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), збільшення кількості осаду, що утворюється, і зниження його теплотворної здатності. Для нейтралізації кислоти, що утворюється при подачі коагулянту, необхідно додавати луги (додаткові витрати). Проте його майже завжди використовують для попереднього очищення завдяки подальшому значному зменшенню вартості наступних більш дорогих стадій очищення завдяки зниження на них навантаження.

Великого значення набувають мембранні процеси, що нині успішно використовуються для розділення рідинних систем, у тім числі й очищення вод, належать: зворотний осмос, нанофільтрування, ультрафільтрування, мікрофільтрування, діаліз, первапорація, мембранна дистиляція, електродіаліз та інші.

У будь-якому з перелічених мембранних процесів розчин, що підлягає розділенню, обов'язково контактує з напівпроникною мембраною з одного її боку. Внаслідок напівпроникності мембрани розчин, що проходить крізь неї, збагачується на один із компонентів (як правило, розчинником — водою). Часом процес відбувається настільки ефективно, що отриманий фільтрат практично не містить домішок. Водночас, використовуючи той чи інший мембранний процес, можна отримати в розчині над мембраною концентрат без домішок речовин, здатних проникати крізь мембрану [2].

Перевагою мембранного методу є висока якість очищеної води. Проте він має також недоліки: мембранне очищення води вимагає попередньої механічної обробки, з води видаляються не тільки шкідливі, а й корисні елементи, що негативно позначається на загальній якості води та її споживчі властивості, а також висока вартість методу.

Розглянувши переваги і недоліки методів очищення води, була обрана традиційна схема попереднього очищення, в якій поєднано процес коагуляції з вапнуванням та подальшим фільтруванням на ультрафільтраційній установці.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Характеристики сировини

Природна вода багата на солі кальцію і магнію, що зумовлюють загальну твердість. В Україні, в залежності від регіону і типу джерела водопостачання, твердість вод, може приймати значення від 2 до 30 мг-екв/дм³. Іншою типовою домішкою українських вод є розчиненні солі заліза, вміст яких в природних водах України знаходиться в інтервалі між 0,3 і 20 мг/дм³.

Вихідна вода потрапляє до освітлювача з природної водойми. Також до природної води додається засолена вода з Na-катіонітових фільтрів і концентрат після ультрафільтрації. Перед потраплянням в освітлювач вона попередньо підігрівається в теплообміннику до температури 30-40 °С.

Склад води є не постійним, його усереднені значення наведено у таблиці 2.1 [3].

Таблиця 2.1 – Норми якості вихідної води

Показники якості води	Вихідна вода
Зважені речовини, мг/дм ³	1 -10
Загальний солевміст, мг/ дм ³	120 – 200
Жорсткість, мг-екв/ дм ³	3,0 - 4,5
Лужність, мг-екв/ дм ³	2,5 -4,0
Хлориди, мг/ дм ³	8 – 18
Сульфати, мг/ дм ³	15 – 30
Кремнекислота, мг/ дм ³	8 -18
Окиснюваність, мг/ дм ³	5 -13
Залізо, мкг/кг	350 - 900

Контроль за якістю вихідної та освітленої води виконується персоналом з періодичністю 1 раз на тиждень.

2.2 Характеристика продукції

Продукцією відділення попереднього очищення води є вода з показниками, наведеними в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Норми якості освітленої води

Показники якості води	Освітлена вода
Зважені речовини, мг/дм ³	до 8,0
Загальний солевміст, мг/дм ³	80 -120
Жорсткість, мг-екв/ дм ³	1,5 - 2,0
Лужність, мг-екв/ дм ³	0,8 -1,0
Хлориди, мг/дм ³	8 -18
Сульфати, мг/дм ³	40 -50
Кремнекислота, мг/ дм ³	4 -10
Окиснюваність, мг/ дм ³	До 7,0
Залізо, мкг/кг	10,1-10,2

2.3 Характеристика допоміжних матеріалів

Повнота освітлення води залежить від приготованих розчинів реагентів з необхідною концентрацією, якістю цих реагентів та правильністю їх зберігання і транспортування.

В якості фільтруючого матеріалу в механічних фільтрах розчину коагулянту використовується антрацит фільтрант – зернистий, зносостійкий,

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

хімічно чистий матеріал, виготовлений на основі вугілля-антрациту шляхом його термічної обробки, подрібнення і наступного просіювання на відповідні фракції. Фізико-хімічні показники антрациту наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Фізико-хімічні показники антрациту [4]

Показник	Фракція 1	Фракція 2	Фракція 3
Гранулометричний склад, мм	0,6 - 1,6	1,4 - 2,5	2,0 - 4,0
Насипна вага, кг/м ³	700	700	720
Густина при 20 °С, кг/м ³	1,45	1,45	1,45
Ефективний розмір гранул, мм	0,9 - 1,0	1,5 - 1,6	2,6 - 2,7
Пористість, %	8,5	8,5	8,5

У процесі коагуляційного очищення води використовуються вапняне молоко, флокулянт та коагулянт. Для їх приготування передбачено реагент не господарство, яке містить установки для приготування кожного з розчинів.

Технічні вимоги до сульфату феруму (II) – залізного купоросу, який отримують у процесі сульфатного травлення феруму, наведено в ГОСТ 6981-94, у виробництві оксиду титану (IV) – в ТУ 6-08-186-70 (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Вимоги до якості технічного залізного купоросу[5]

Показник	ГОСТ 6981-94		ТУ 6-08-186-70
	Марка А	Марка Б	
Вміст Fe ₃ O ₄ , %, не менше	53,0	47,0	47,0
Вміст вільної сульфатної кислоти, %, не більше	0,25	1,0	5,0
Вміст нерозчинного залишку, %, не більше	0,4	1,0	5,0
Зовнішній вигляд і колір	Зеленувато-жовті кристали різних розмірів		

Технічний поліакриламід (ПАА) виробляють з нітрилу акрилової кислоти, який при гідролізі в присутності сульфатної кислоти перетворюється в акрил-амід і частково акрилову кислоту. Надлишок сульфатної кислоти нейтралізують аміаком і потім полімеризують. Отримують відповідно так званий «аміачний поліакриламід», що містить акрилат амонію. Кінцевий продукт поліакриламід-гель з хімічною формулою $(\text{CH} - \text{CH}(\text{CONH}_2))_n$ – прозора желеподібна в'язка маса або гранули від світло-жовтого до блакитного кольору. Фізико-хімічні показники поліакриламід-гелю наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Фізико-хімічні показники поліакриламід-гелю відповідно до ТУ 2216-042-07510508-2009[5]

Найменування показника	Норма для сорту		
	Вищий	Перший	Другий
Масова частка основної речовини, %, не менше	6	6	5
Швидкість осадження по оксиду міді, мм/с, не менше	2	8	4
Масова частка залишкового акриламиду на 1 % основної речовини, %, не більше	0,0025	0,0025	0,0025

Оксид кальцію (негашене вапно), що в промисловості отримують термічним розкладом карбонату кальцію, розчиняється в воді з виділенням енергії і утворенням гідроксиду кальцію (гашеного вапна). Фізико-хімічні показники вапна негашеного молотого порошкоподібного наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Фізико-хімічні показники вапна негашеного молотого порошкоподібного відповідно до ГОСТ 9179-77 [5]

Показник	I сорт	II сорт	III сорт
Вміст активних CaO + MgO, %	91	83,5	70
Вміст активного MgO, %	0,5	3,7	5
Час гасіння, хв, не більше	3	5	8
Температура гасіння, °C	90	85	85

Мембранні елементи DOW SFP-2860, що застосовуються в даному виробництві, відрізняються високою питомою продуктивністю – для дніпровської води вона становить $(60 \div 70) \text{ дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Мембранні елементи фірми Dow Chemical виготовлені з гідрофілізованого полівініліденфториду (ГПВДФ) і мають високу міцність і хімічну стійкість. Також даним мембранам властива гідрофільність, яка досягається в результаті фірмової технології, поліпшує їх опір до органічних забруднень. Розмір пор даних ультрафільтраційних мембран 0,03 мкм.

Кожен мембранний елемент являє собою корпус з розташованими всередині пучками полімерних трубчастих мембран діаметром $(0,7 \div 2,0) \text{ мм}$, поверхня фільтрації 1-го елемента – 51 м^2 , напрямок фільтрації – ззовні всередину. Елементи DOW SFP-2860 характеризується високою щільністю "упаковки" мембран, високими питомими потоками і гідродинамікою всередині волокон, що виражається в меншій схильності до засмічення внутрішніх напірних каналів мембран. Система INTEGRAPAC передбачає можливість безпосереднього з'єднання елементів між собою. Технічні характеристики елементів ультрафільтраційних елементів DOW SFP-2860 наведено в таблиці 2.7.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики елементів DOW IP-77[6]

Характеристика	Значення
тип мембранного елементу	DOW SFP-2860
площа фільтрації, м ²	51
тип фільтрації	Ззовні всередину
максимальний тиск на вході при температурі 20 °С, Мпа	0,6
максимальний TMP (перепад тиску), Мпа	0,21
максимальний тиск зворотної промивки, МПа	0,25
максимальна температура води, °С	40
максимальний вміст хлору в воді, мг/дм ³	не більше 2000
діапазон рН в роботі, одиниці рН	2–11
вимоги до попередньої очищення, мкм	200
максимальна каламутність води, NTU	300

З ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИБРАНОГО МЕТОДУ І ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

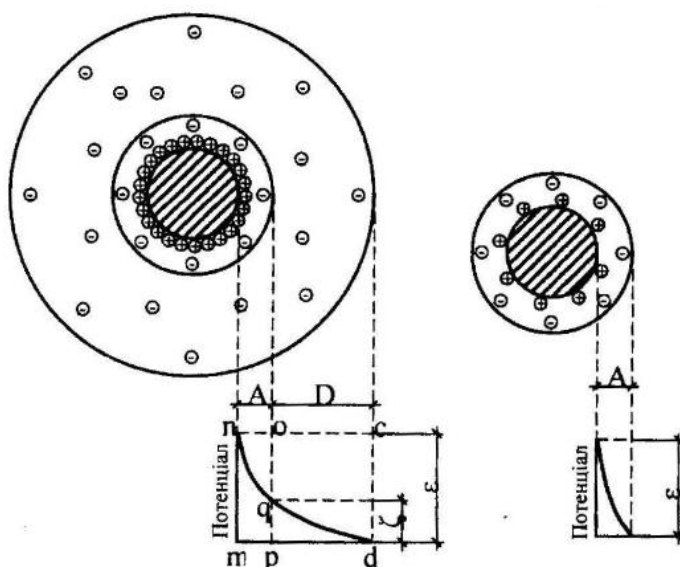
В даному дипломному проєкті основними стадіями обробки води є коагуляція в освітлювачах та подальша фільтрація на ультрафільтраційній установці, тому нижче розглянуто детально механізми і реакції перебігання даних процесів.

3.1 Хімізм коагуляційного очищення водних об'єктів

Забруднена вода є гетерогенною системою, в дисперсійному середовищі якої (воді) розподілено дисперсну фазу у вигляді колоїдних частинок. Останні являють собою дрібні агрегати, що мають велику питому поверхню і володіють суттєвою поверхневою енергією і високою адсорбційною ємністю. Це сприяє очищенню води, тому що коагулювання пов'язано з адсорбцією на колоїдних частинках домішок, що містяться у воді.

Утворенню колоїдних частинок передують формування твердої фази (ядра), що адсорбує з розчинів потенціалвизначальні іони. Більш міцно адсорбуються ті іони, які більш суттєво зменшують вільну енергію поверхні твердої фази. В підсумку поглинання іонів поверхня ядра набуває заряд. Різнойменно заряджені іони (протиіони) групуються біля поверхні ядра внаслідок електронного притягання, формуючи поступово колоїдну частинку. За умови відсутності у воді теплового руху іонів, що обумовлює їх переміщення, протиіони утворили б мономолекулярний шар, який охоплював би колоїдну частинку на відстані іонного радіусу (рисунок 3.1 б). Термодинамічний потенціал (ξ) у подібного подвійного шару є потенціалом на кордоні твердої і рідкої фаз. В дійсності упорядкована будова оболонки порушується з причини теплового руху іонів у воді і їх відривання, тому шар протиіонів, що оточує частинку, набуває дифузійного характеру (рисунок 3.1).

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



а) $\xi > 0$; б) ізоелектричний стан $\xi = 0$; А – адсорбційний шар; D – дифузійний шар

Рисунок 3.1 – Будова міцели при русі (а) і в спокої (б) [1].

На рисунку 3.2 представлено схему будови міцели золю феруму (III) гідроксиду, що одержано шляхом гідролізу феруму хлориду [1].

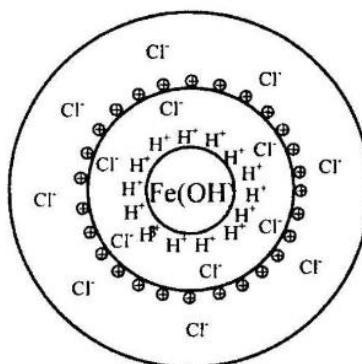
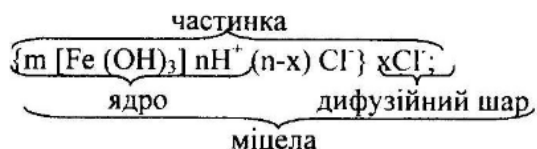


Рисунок 3.2 – Схема будови міцели золю феруму (III) гідроксиду.

Колоїдна частинка золю феруму (III) гідроксиду складаються з ядра, утвореного феруму (III) гідроксидом, адсорбційно зв'язаних з ним потенціалутворюючих водневих іонів (nH^+) і деякої кількості іонів хлору $[(n-x)Cl^-]$, меншої, ніж іонів гідрогену. Як наслідок, колоїдна частинка має позитивний заряд. Іони гідрогену і включені до складу частинки протиіони хлору утворюють подвійний електричний шар. Окремі іони хлору (xCl^-)

утворюють дифузійний шар і разом з колоїдною частинкою складають міцелу золю феруму (III) гідроксиду[7]:



В залежності від умов утворення золю потенціалутворюючі іони і протиіони можуть обмінюватися місцями.

Відомо, що колоїдні частинки знаходяться в постійному русі, захоплюючи за собою молекули оточуючого частинку розчину, який рухається разом з нею у вигляді тонкої плівки. На рисунку 3.1 а лінія nm зображує поверхню колоїдної частинки, навкруги якої розташовано позитивні іони подвійного шару, а надалі – іони дифузійного шару, обмежені на рисунку лінією cd, що є межею електронейтрального комплексу міцели. При русі в електричному полі колоїдна частинка тягне за собою частину розчину, обмежену на рисунку лінією op, а частина іонів дифузійного шару, розташованого між лініями op і cd, відривається від частинки при її русі. При цьому частинка стає від'ємно зарядженою, а оточуючий її розчин набуває позитивний заряд. Перепад потенціалу, що виникає при цьому між частиною рідини, яка захоплюється частинкою, та іншим розчином, зветься електрокінетичним потенціалом (ξ-потенціалом). Він змінюється при додаванні до колоїдної системи електролітів.

В випадку негативно заряджених частинок ξ-потенціал залежить від величини заряду катіонів електролітів, а для позитивно заряджених частинок – від величини заряду аніонів.

При додаванні електролітів концентрація іонів в дифузійному шарі збільшується і для компенсації зарядів на поверхні частинок вже необхідний менший об'єм дифузійного шару. Стиснення може досягти рівня, коли дифузійний шар не буде виходити за межі лінії, що обмежує поверхню ковзання колоїдної частинки при її русі (лінії op на рисунку 3.1 а). Тоді ξ-потенціал буде дорівнювати нулю, а колоїдні частинки будуть перебувати в

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

ізоелектричному стані (це такий стан золю, при якому колоїдні частинки не мають електричного заряду). Таким чином, усуваються причини, що перешкоджають зближенню колоїдних частинок. Отже, вони об'єднуються і утворюють порівняно великі агрегати, що швидко осаджуються. При поступовому додаванні електроліту до колоїду, що коагулюються, спостерігається виникнення коагуляції не в ізоелектричній точці, а при значенні ξ -потенціалу $\sim 0,03$ В (для більшості колоїдів значення ξ -потенціалу зазвичай складає $0,07$ В). Вказане значення ξ -потенціалу є мірою стійкості колоїдних систем і його визначають як критичне (з його зменшенням стійкість колоїдних систем знижується).

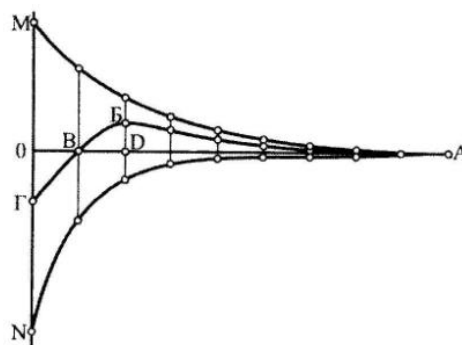
Ступінь впливу іонів залежить від їхньої концентрації, ступеню окисненості, розмірів. При цьому чим вище концентрація іонів і їх зарядність, тим суттєвіше стиснення дифузійного шару і тим меншою є стійкість колоїдних частинок.

Залежність між валентністю іонів, що додаються, та їх коагулюючою здатністю можна прослідкувати на наступних прикладах: коагуляція позитивно зарядженого золю Fe_2O_3 викликається додаванням $11,8$ моль/дм³ однозарядних аніонів або $0,21$ – двовалентних, а золю Al_2O_3 – $52,0$ моль/дм³ одновалентних, $0,63$ – двовалентних, $0,08$ – тривалентних і $0,053$ моль/дм³ – чотиривалентних аніонів. Подібні концентрації електролітів називають пороговими. Таким чином і стимулюється коагуляція золів, що визначається адсорбцією іонів і створенням подвійного електричного шару на поверхні колоїдних частинок. Гідратні шари, що утворюються, повністю залежать від іонної взаємодії і при електролітній коагуляції не перешкоджають злипанню частинок. В подібних гідрофобних золях після досягнення порогових концентрацій електролітів спостерігається виникнення коагуляції, оскільки стиснення подвійного електричного шару і відповідне зменшення гідратних оболонок дозволяє колоїдним частинкам зблизитися на відстань, при якій енергія взаємного притягання перевищує енергію броунівського руху.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

При броунівському русі разом з колоїдною часткою рухається подвійний електричний шар, який складається з іонів адсорбційного шару і частини протиіонів дифузійного шару, що утримуються в оболонці води, яка оточує частку. Інші протиіони, розташовані навколо подвійного електричного шару, відриваються від частки, яка рухається. Завдяки цьому остання, втративши частину протиіонів, отримує деякий заряд, однаковий за знаком із зарядом гранули, але менший у порівнянні з ним по величині. Границя між подвійним шаром і іншою частиною дифузійного шару називається поверхнею ковзання колоїдної частки в розчині.

Оскільки всі однорідні частки мають на поверхні ковзання заряди одного знаку, то між ними діють сили взаємного відштовхування, що, так само як і сили взаємного притягання, зменшуються зі збільшенням відстані між частками. Залежність взаємодії сил притягання і відштовхування графічно зображена на рисунку 3.3. При зменшенні відстані між частками спочатку діє результуюча сила взаємного відштовхування, що зростає до своєї максимальної величини в точці *Б*, після чого вона зменшується до нуля в точці *В*, а потім результуюча сила взаємного притягання, що зростає до своєї найбільшої величини в точці *Г* при відстані між частками, яка рівна нулю [7].



ОА – відстань між колоїдними частками; АМ – крива відштовхування;
 АН – крива притягання; АБВГ – результуюча крива взаємодії колоїдних
 частинок;

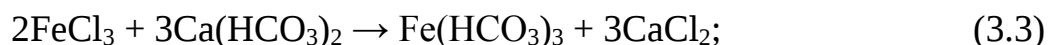
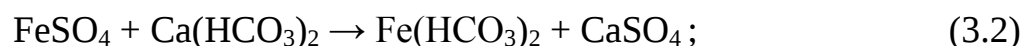
БД – «силовий бар'єр»

Рисунок 3.3 – Залежність взаємодії сил відштовхування і притягання від відстані між колоїдними частками.

Для того, щоб відбулася коагуляція, тобто взаємне притягання і злипання часток, що рухаються, останні повинні перебороти максимальну результуючу силу відштовхування – «силовий бар'єр» *БД*. Чим вище «силовий бар'єр», тим тяжче його перебороти і викликати коагуляцію. Чим менше величина електричних зарядів, тим менше сила взаємного відштовхування, тим нижче «силовий бар'єр». Зниження величини зарядів часток може бути досягнуто збільшенням концентрації протиіонів у розчині шляхом додавання до останнього відповідних електролітів. При підвищенні концентрації протиіонів у розчині потрібен менший обсяг дифузійного шару для нейтралізації іонів адсорбційного шару, тобто відбувається його стиснення. Це стиснення може відбутися до такого обсягу, при якому дифузійний шар не буде виходити за межі поверхні ковзання, тобто він буде знаходитися в межах подвійного електричного шару і протиіони будуть цілком урівноважені і частки позбавляються електричних зарядів, а отже, і сил взаємного відштовхування. У результаті між частками будуть діяти тільки сили взаємного притягання, завдяки яким вони почнуть зліпатися, укрупнюватися і далі випадати з коагульованої води. При подальшому збільшенні концентрації протиіонів дифузійний шар може виявитися по об'єму менше об'єму, обмеженого поверхнею ковзання. У цьому випадку відбудеться зміна знаку заряду частинок на поверхні ковзання і між частинками знову почнуть діяти сили взаємного відштовхування.

Для здійснення процесу коагуляції використовують наступні реагенти (коагулянти): сульфат алюмінію (III) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, сульфат заліза (II) (залізний купорос) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, хлорид заліза (III) $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

При достатньому вмісті у воді солей карбонатної жорсткості взаємодія може бути виражена наступними рівняннями:



					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

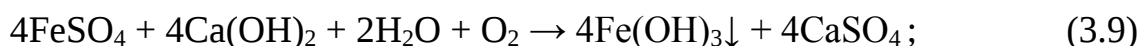
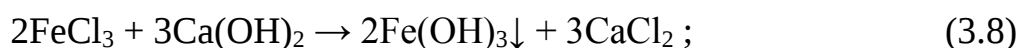
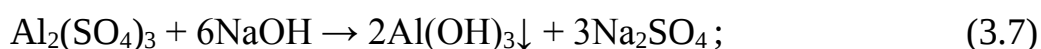
Утворені гідрокарбонати алюмінію та заліза нестійкі та розкладаються з утворенням пластівців гідроксидів:



Для утворення пластівців $\text{Fe}(\text{OH})_3$ з FeSO_4 (сульфату заліза (II)) потрібно більше часу та наявність розчиненого у воді кисню.



Якщо гідрокарбонатна лужність вихідної води невелика, особливо в період паводку, реакція утворення пластівців коагулянту може не відбуватися. В такому випадку воду, що коагулюють підلужують вапном (в схемах з вапнуванням) або гідроксидом натрію (при цьому зростає солевміст за рахунок утворення CaCl_2 , CaSO_4 та Na_2SO_4):



Традиційні коагулянти є солями слабких основ (лугів) і сильних кислот (алюмінію і феруму сульфати, феруму хлорид тощо). При їх розчиненні перебігає гідроліз з утворенням малорозчинних основ (лугів). У воді ж накопичуються іони гідрогену, надаючи останній кислої реакції. Повнота реакції гідролізу має велике значення для якості очищеної води, тому що надлишок іонів алюмінію або феруму є дуже обмеженим або навіть неприпустимим.

Гідроліз солі слабого лугу і сильної кислоти представляється наступним рівнянням:



					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Швидкість перебігу гідролізу є прямо пропорційною концентрації речовин, що реагують:

$$W_r = K_r [Me^{n+}] [H_2O]^n,$$

де W_r – швидкість гідролізу;

K_r – константа гідролізу, яка визначається за рівнянням:

$$K_r = [Me(OH)_n] [H_2O]^n / [Me^{n+}] = K \cdot [H_2O]^n,$$

де $[Me^{n+}]$ – концентрація катіонів у розчині коагулянту;

$[H_2O]$ – концентрація води у розчині.

З останнього рівняння можна зробити висновок, що швидкість гідролізу є пропорційною концентрації катіонів коагулянту. Приймаючи до уваги, що на практиці концентрації його розчинів невеликі, можна вважати, що швидкість гідролізу коагулянту прямо пропорційна його дозі, уведеної у воду.

За Вант-Гоффом, з підвищенням температури на кожні 10 градусів, швидкість гідролізу збільшується у 2 – 4 рази.

Хід реакції гідролізу вказує на те, що з підвищенням ступеню гідролізу значення рН розчину повинно зменшуватися. Підвищення рН води забезпечує більш повний гідроліз введеного у воду коагулянту. Отже, для швидкого і повного перебігу гідролізу коагулянтів є необхідний деякий лужний резерв води, тобто наявність у ній достатньої кількості гідрокарбонат-іонів, які б зв'язували іони гідрогену, що утворюються при гідролізі:



3.2 Механізми видалення частинок

Нижче надані чотири механізми, що охоплюють всі класифікації [8].

Стиснення подвійного шару.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Стиснення подвійного шару приводить до зменшення енергетичного бар'єра й частинки, таким чином, можуть наблизитися. Це досягається шляхом додавання нейтральних електролітів у стічну воду. Правило Шульца-Харді стверджує, що вплив нейтральних електролітів зростає зі збільшенням валентності іонів в 6 експонентних одиниць. Наприклад, один моль Ca^{2+} має такий самий вплив на стиснення подвійного шару, як 2^6 іонів Na^+ . Щоб скористатися перевагами цього явища, деякі станції очищення стічних вод додають морську воду в потік стічної води, оскільки морська вода характеризується високою концентрацією іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} .

Нейтралізація заряду.

Це найбільш економічний механізм коагуляції, у якому позитивно заряджені іони покривають негативно заряджені частинки, зменшуючи тим самим поверхневий заряд і знижуючи енергетичний бар'єр. Він є економічно ефективним, оскільки процес нейтралізації відбувається стехіометрично між позитивно й негативно зарядженими іонами. Коагуляція за цим механізмом може бути досягнута за допомогою неорганічних коагулянтів або катіонних органічних полімерів. Джерелом надходження у воду позитивно заряджених іонів є результат гідролізу неорганічних коагулянтів.

Утворення місточків.

Місточкоутворення зустрічається тільки при використанні органічних коагулянтів або органічних полімерів. Полімери мають розгалужену структуру, що зв'язує частинки в більші й компактні агломерати. Чим вища молекулярна маса полімеру, тим, як правило, вони більш ефективні через довжину їх ланцюжків.

Хімічне зв'язування.

Кінцевим продуктом гідролізу неорганічних коагулянтів є осад гідроксиду, що може захоплювати частинки в осад. Цей механізм потребує кількості коагулянта понад стехіометрію, але є, безсумнівно, домінуючим механізмом у процесі коагуляції стічних вод.

Механізми, що переважають, у процесі коагуляції.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

На практиці переважають два механізми: нейтралізації заряду й хімічного зв'язування (Pernitsky й Edzwald, 2006). На додаток до двох вищезгаданих механізмів, механізм стискання подвійного шару може впливати на процес коагуляції в присутності електролітів, як відзначалося раніше. Хімічне зв'язування має місце тільки при введенні неорганічних коагулянтів. Утворення місточків трапляється при наявності органічних коагулянтів. У таблиці 3.1 зведені переважні механізми коагуляції в процесах підготовки питної й очищення стічних вод.

Таблиця 3.1 – Механізми коагуляції, що переважають[8]

Тип води	Коагуляція питної води		Коагуляція стічної води	
	Неорганічні коагулянти	Органічні коагулянти	Неорганічні коагулянти	Органічні коагулянти
Стиск подвійного шару	Іноді	Не трапляється	Трапляється, коли доступна морська вода	Не трапляється
Нейтралізація заряду	Переважає	Відбувається з катіонітними полімерами	Відбувається часто	Відбувається з катіонітними полімерами
Утворення місточків	Не трапляється	Переважає	Не трапляється	Переважає
Хімічне зв'язування	Іноді	Не трапляється	Переважає	Не трапляється

3.3 Основні параметри, що впливають на ефективність коагуляційного очищення води

Кількість і склад домішок. Механізм впливу домішок стічних вод на кінетику гідролізу солей металів, що є коагулянтами, різноманітний. Він може бути обумовлений процесами комплексоутворення, сорбції, хімічної взаємодії та ін. Неорганічні домішки за характером свого впливу на коагуляцію можуть бути розділені на ті, що мають загальний іон з коагулянтом і не мають загального іона з коагулянтом. У першому випадку домішки прискорюють

процес гідролізу солі металу й утворення малорозчинних продуктів гідролізу. У другому випадку швидкість коагуляції зменшується. Органічні речовини, адсорбуючись на частинках малорозчинних продуктів гідролізу, утворюють плівки, що гальмують їх агрегування. Це приводить до підвищення дисперсності осаду. Значний вміст органічних речовин у стічних водах може бути причиною, що утруднює застосування методу коагуляції. Дослідження показали, що поліакриламід у кількостях, застосовуваних для флокуляції зважених у воді домішок, не робить помітного впливу на процес утворення твердих продуктів гідролізу. Дія поверхнево-активних речовин на стадії утворення нової фази зводиться до зниження ймовірності утворення зародків нової фази й швидкості їх зростання. Це обумовлює різке підвищення дисперсності осаду і є причиною високої ємності адсорбційного шару.

Концентрація колоїдних міцел. Зі збільшенням концентрації колоїдних і дрібнодисперсних домішок у воді збільшується швидкість коагуляції. При низькому вмісті дрібнодисперсних і колоїдних домішок у воді процес коагуляції часто протікає незадовільно. Дрібні пластівці, що утворюються, виносяться з відстійників разом з водою. Відбувається це внаслідок недостатньої кількості центрів зародкоутворення. Для зменшення витрати коагулянта й підвищення ефективності очищення у воду додають невеликі кількості дрібнодисперсних порошків – магнезиту, крейди та ін., які служать центрами зародкоутворення. У результаті коагуляції виходять великі пластівці, що добре відокремлюються від води. За цим методом частину осаду, одержаного в результаті коагуляційного очищення води, можна змішувати з вихідною водою, що надходить на очищення.

Температура. З підвищенням температури зростає швидкість процесу гідролізу солі металу, використовуваної як коагулянт й, отже, зародкоутворення продуктів гідролізу, що зменшує тривалість індукційного періоду утворення твердої фази. При низьких температурах утворюються дрібні, повільно осідаючі пластівці, збільшується доза коагулянтів і знижується ефективність очищення води.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Перемішування. Зі збільшенням інтенсивності перемішування зростає ймовірність зіткнення частинок, підвищується швидкість зростання частинок малорозчинних продуктів гідролізу, зменшується тривалість індукційного періоду. Однак, існує оптимальна швидкість перемішування, вище якої тривалість індукційного періоду не змінюється.

Аморфні та мілкокристалічні структури, що утворюються в процесі коагуляційного очищення води, формуються у великі пластівчасті агрегати. Механічне перемішування цих агрегатів призводить до їх руйнування. Однак тиксотропність частинок обумовлює відновлення зруйнованих зв'язків. Проте, інтенсивне перемішування призводить до оборотних процесів, що обумовлюють погіршення агрегації частинок. Таким чином, перемішування впливає на всіх стадіях коагуляційного очищення стічних вод [8].

Введення флокулянту сприяє швидкому утворенню пластівців. Тип флокулянту підбирається відповідно до коагулянту та умов проведення процесу очищення. Найчастіше використовують у технологіях очищення флокулянти такі, як поліакриламід (ПАА) та активною кремнієва кислота. Введення флокулянту сприяє укрупненню пластівців та пришвидшенню процесу очищення. Крупні пластівці швидко осідають під дією сили тяжіння.

Дуже важливим є підбір коагулянту. Із солей феруму як коагулянти найбільше використовують сульфат феруму і хлорид феруму (III). Застосовують також ферумвмісні коагулянти, отримані хлоруванням залізної стружки у водному середовищі та анодним розчиненням феруму в розчині хлориду натрію або сульфатної кислоти. Солі феруму мають кращі коагуляційні властивості в інтервалі рН 3,5...6,5 або рН 8...11. Ферумвмісним коагулянтам слід віддавати перевагу в разі очищення каламутних твердих вод із високим значенням рН, а також очищення СВ. Вони дають змогу усунути запахи і присмаки, зумовлені наявністю сірководню, видалити сполуки арсену, мангану, купруму, а також сприяють окисненню органічних сполук.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Порівняно з солями алюмінію солі феруму можна застосовувати для очищення вод з різними сольовим складом та значеннями рН, вони краще діють за низьких температур, характеризуються більшою міцністю і гідралічною крупністю пластівців. Недоліками солей феруму як коагулянтів є підвищені кислотні властивості, що зумовлюють корозійну дію на апаратуру. Під час взаємодії іонів феруму з деякими органічними сполуками утворюються розчинні, дуже забарвлені комплекси. Утворені пластівці в процесі очищення мають менш розвинену поверхню. У разі використання як коагулянту солей феруму (II) слід застосовувати вапно і хлор для окиснення феруму до тривалентного, інакше утворення пластівців значно уповільнюється. Технічні вимоги до сульфату феруму (II) – залізного купоросу, який отримують у процесі сульфатного травлення феруму.

Сульфат феруму (II) кристалізується з водного розчину у вигляді моноклінних кристалів світло-зеленого кольору густиною 1800 кг/м^3 . На повітрі він вивітрюється й окиснюється з утворенням основного сульфату феруму (III) Fe(OH)SO_4 жовтувато-коричневого кольору [1].

Безводний сульфат феруму (III) утворюється у вигляді ромбічних кристалів густиною 3100 кг/м^3 , він гігроскопічний і розпливається при взаємодії з атмосферною вологою. З водних розчинів сульфатів лужних металів, амонію і феруму (III) кристалізуються подвійні солі – галуни $\text{Me}[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, де Me – одновалентний іон.

Сульфат феруму (III) у водних розчинах гідролізує. З підвищенням температури і зменшенням концентрації солі ступінь гідролізу підвищується. Гідроліз інтенсифікується після додавання сульфатів калію, натрію та амонію. При цьому вихід феруму у тверду фазу і концентрація сульфатної кислоти в маточному розчині зростають. Під час взаємодії розчинів сульфату феруму (III) зі свіжоосадженим гідроксидом феруму (III) утворюються водорозчинні основні сульфати феруму (III). Після відокремлення нерозчинного залишку фільтруванням і висушуванням розчинів на повітрі за кімнатної температури

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

утворюється продукт оксидного складу $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2,35\text{SO}_3 \cdot 6,6\text{H}_2\text{O}$. При нагріванні його в атмосфері повітря відбувається поетапне виділення води [1].

3.4 Принципи пом'якшення води вапнуванням

Пом'якшення води вапнуванням застосовують при її високій карбонатній і низькій некарбонатній твердості, а також у разі, коли не потрібно видаляти з води солі некарбонатної твердості. В якості реагенту використовують вапно, яке вводять у вигляді розчину або суспензії (молока) в попередньо підігріту оброблювану воду. Розчиняючись, вапно збагачує воду іонами OH^- і Ca^{2+} , що призводить до зв'язування розчиненого у воді вільного оксиду вуглецю(IV) з утворенням карбонатних іонів і переходу гідрокарбонатних іонів в карбонатні:



Підвищення в оброблюваній воді концентрації іонів $(\text{CO}_3)^{2-}$ і присутність у ній іонів Ca^{2+} з урахуванням запроваджених з вапном призводить до підвищення добутку розчинності і осадження малорозчинного карбонату кальцію:



При надлишку вапна в осад випадає і гідроксид магнію



Для прискорення видалення дисперсних і колоїдних домішок і зниження лужності води одночасно з вапнуванням застосовують коагуляцію цих домішок сульфатом заліза(II) тобто $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Залишкова твердість пом'якшеної води при декарбонізації може бути отримана на 0,4 – 0,8 мг-екв/дм³ більше некарбонатної твердості, а лужність 0,8 – 1,2 мг-екв/дм³. Доза вапна визначається співвідношенням концентрації у воді іонів кальцію і карбонатної твердості: а) при співвідношенні $[\text{Ca}^{2+}]/20 < \text{Тк}$, б) при

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

співвідношенні $[Ca^{2+}] / 20 > T_k$, де $[Ca^{2+}]$ - концентрація іонів кальцію, мг/дм³,
 T_k - карбонатна твердість води, мг-екв/дм³.

При відсутності експериментальних даних дозу коагулянту знаходять з виразу:

$$D_k = 3 \cdot (C)^{1/3} \quad (3.16)$$

3.5 Основи мікро-та ультрафільтрації (МФ і УФ)

Мікрофільтрація і ультрафільтрація - це процеси мембранного розділення, при яких має місце фільтрування рідини під дією різниці тисків до і після мембрани. Мембрани в даних методах представляють собою пористі перегородки з певним розміром пор. Механізм поділу заснований на «ситовому» ефекті - відбувається селективне видалення всіх частинок з розмірами більше розміру пор мембрани. Частинки, розмір яких перевищує максимальний розмір пор, затримуються мембраною. Велика частина води і частинки, розміри яких менше максимального розміру пор, проходять через мембрану, утворюючи перміат. Сольовий склад води при цьому зберігається незмінним [8].

Технології мікро- та ультрафільтрації ґрунтуються на використанні пористих мембран з діаметром пор від 0,1 до 10 мкм у разі мікрофільтрації і від 0,01 до 0,1 мкм у разі ультрафільтрації. Діаметр пор мембран визначає домішки, що видаляються за допомогою цих технологій. Так, мікрофільтраційні мембрани ефективно затримують зважені речовини і великі колоїдні частинки, а також бактерії. При цьому мембрана вільно пропускає віруси, органічні речовини і розчинені іони і гази.

Мікро- та ультрафільтрація як технології підготовки води мають ряд переваг перед традиційною фільтрацією:

- ефективне видалення домішок колоїдної дисперсності;
- ефективне видалення мікробіологічних домішок;
- відсутність ймовірності проскока видаляються домішок в очищену

воду;

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- значно менші займані площі;
- менші витрати води на власні потреби.

Основними типами мембран для мікро- і ультрафільтрації є неорганічні мембрани з керамічних матеріалів або металів, а також пористі полімерні мембрани з поліетилену і поліпропілену, політетрафторетилену (ПТФЕ), полісульфону (ПС), поліефірсульфону (БЕЗ) і полівініліденфториду (ПВДФ).

Найбільш важливими характеристиками таких мембран є розміри пор, механічна міцність, хімічна стійкість і ступінь змочуваності (гідрофільність або гідрофобність).

Типові діаметри пор складають від 0,1 до 10 мкм в разі мікрофільтрації і від 0,01 до 0,1 мкм в разі ультрафільтрації. Крім цього, важливим показником є також розподіл пор за розмірами - найкращими є ті мембрани, у яких абсолютна більшість пор лежить у вузькому діапазоні діаметрів.

Механічна міцність, яка характеризується як міцність на розрив або як еластичність мембранного полотна або волокна, є важливим показником, що свідчить про те, наскільки легко матеріал мембрани здатний переносити вплив тиску води. Найбільш міцними на даний момент є мембрани з ПВДФ.

Хімічна стійкість матеріалів мембран вказує на те, який спектр вод можна обробляти за допомогою даної мембрани, а також - наскільки інтенсивно можна проводити хімічні промивки мембран. Основними показниками хімічної стійкості є інтервал рН і стійкість до впливу активного хлору. Значення цих показників наводяться в специфікаціях мембранних елементів.

Показник гідрофобності або гідрофільності матеріалу мембрани вказує на те, як інтенсивно мембрана пропускає воду. Виражено гідрофільні мембрани дуже легко змочуються і пропускають воду, але так само легко можуть бути забруднені відкладеними домішок вихідної води. Гідрофобні мембрани стійкіші до забруднення, однак показують меншу питому продуктивність. Останнім часом для виробництва мембран використовують

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

гідрофілізованні шляхом додаткової обробки полімери, наприклад гідрофілізований ПВДФ (H-PVDF).

Формами мембран, що отримали найбільше поширення для мікро- і ультрафільтрації є трубки і порожнисті волокна.

Для таких форм мембран можливі два основних варіанта фільтрації:

- якщо розділовий шар знаходиться на внутрішній поверхні волокна, то вода, що очищається подається всередину волокна (трубки), а фільтрат відводиться назовні - так званий спосіб фільтрування «зсередини назовні»;
- якщо розділовий шар знаходиться на зовнішній поверхні волокна (трубки), то вода, що очищається подається зовні, а фільтрат збирається у внутрішньому каналі - так званий спосіб фільтрування «зовні всередину».

Переваги способу фільтрування «зсередини назовні»:

- можливість забезпечити високі значення витрати потоку фільтрату при зворотному промиванні, що сприяє ефективному очищенню поверхні від забруднень;
- можливість регулювання швидкості потоку в каналі волокон з метою оптимізації гідродинамічного режиму для зниження утворення осаду на поверхні;
- можливість режиму рециркуляції вод з високим вмістом зважених часток.

Недоліки такого способу: менша площа фільтрування й знімання фільтрату з одного волокна в порівнянні зі способом фільтрування «ззовні всередину», відповідно - більш високі витрати енергії.

Переваги способу фільтрування «зовні всередину»:

- велика площа фільтрування і, отже, більш вище знімання фільтрату з одного волокна; як наслідок - необхідно менший тиск води, що знижує енерговитрати;

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- компактність установок, так як мембранні елементи не завжди мають перебувати в корпусах (перш за все при безнапірній фільтрації).

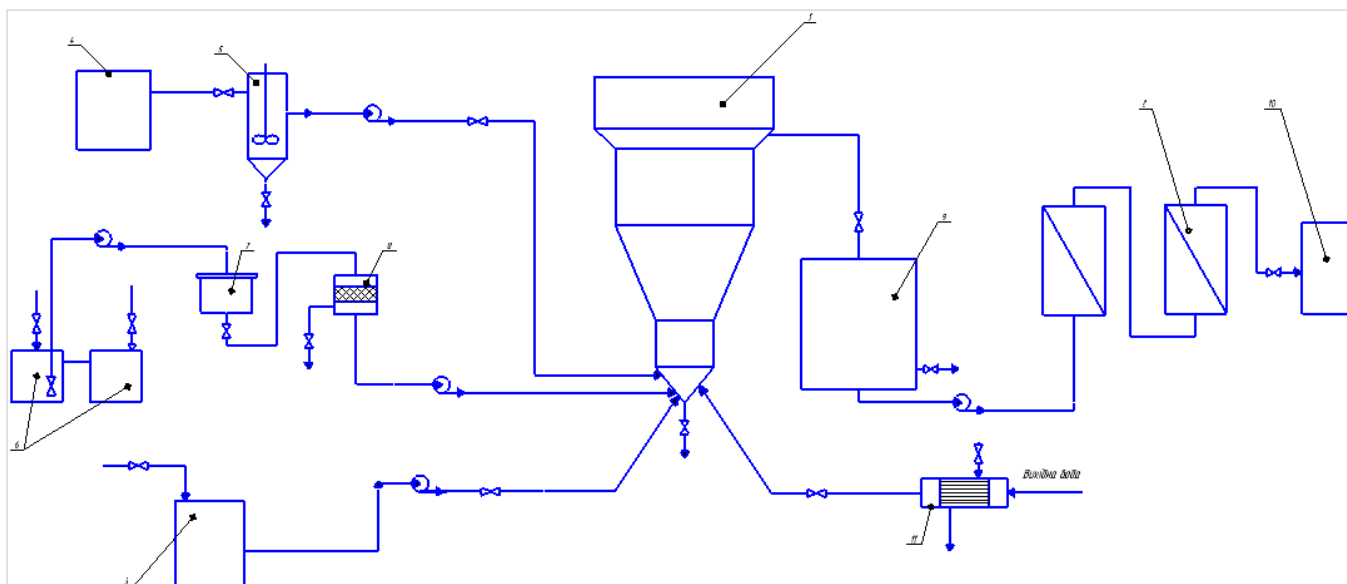
Недоліки цього способу фільтрування:

- порівняно низьку витрату фільтрату при зворотному промиванні, що ускладнює якісну регенерацію мембрани і може призводити до скорочення робочого циклу;
- неможливість забезпечити однорідний характер омивання мембран, що очищається водою, що призводить до нерівномірного відкладення осаду на поверхні і, як наслідок, обмеження допустимого вмісту завислих домішок у воді [8].

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

4 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРОЦЕСУ

Попереднє очищення води реагентним методом реалізується завдяки технологічній схемі, представлений на рисунку 4.1.



1 – освітлювач; 2 – ультрафільтраційна установка; 3 – бак розчину ПАА; 4 – бак вапняного молока; 5 – мішалка вапняного молока; 6 – баки коагулянту; 7 – фільтр розчину коагулянту; 8 – витратний бак коагулянту; 9 – бак освітленої води; 10 – бак перміату; 11 – теплообмінник для підігріву води до 30 °С

Рисунок 4.1 – Технологічна схема процесу

Для реагентного очищення води застосовуються вапняне молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$, коагулянт FeSO_4 та флокулянт поліакриламід ПАА. Готування та дозування кожного з реагентів відбувається у відповідних апаратах.

Вихідна вода підігрівається в теплообміннику 11 до 30 °С. Відхилення температури від заданої більше ніж на 1°С за годину призводить до виникнення конвективних потоків в освітлювачі, що спричинює зниження ефективності очищення води.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Вапняне (з концентрацією 5 %) молоко з баку 4 перекачується до мішалки вапняного молока 5 у освітлювач 1. Бак вапнованої води – це стальна ємність, на внутрішній поверхні якої нанесено антикорозійне гумове покриття. Бак обладнано трубопроводами, що підводять та відводять воду, трубопроводами переливу та дренажу. Циркуляційна мішалка являє собою циліндричну стальну ємність. Мішалка вапняного молока призначена для приготування розчину вапняного молока робочої концентрації, створення запасу вапняного молока, а також перемішування вапняного молока, що перешкоджає осадженню суспензії. Температура розчину в мішалці вапняного молока така ж як і температура розчину коагулянту – 30 °С, рН середовища – 10÷11, тоді як в баку розчину коагулянту рН становить 2÷3.

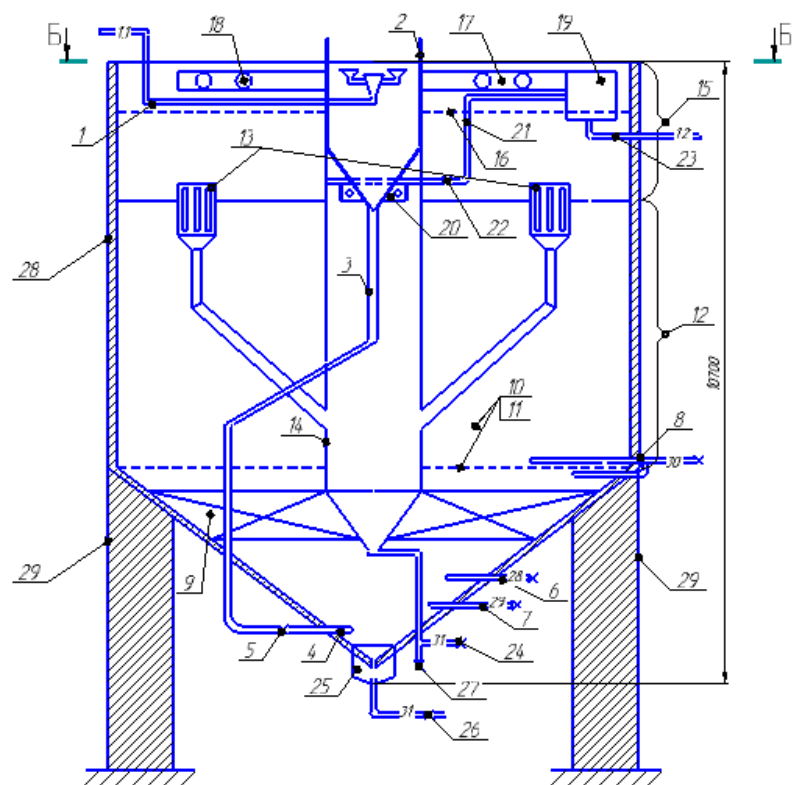
Розчин ПАА готується у баку готування розчину ПАА 4, який перекачується та дозується в освітлювач 1.

Коагулянт FeSO_4 готується у баках 6, з яких перекачується у витратний бак 7 і далі сульфат заліза поступає на фільтр розчину коагулянту 8, а потім дозується у освітлювач 1. Витратний бак розчину коагулянту призначено для коректування концентрації (розбавлення водою) та створення запасу робочого розчину коагулянту. Бак розчину коагулянту являє собою стальну посудину, внутрішня поверхня якої захищена антикорозійним гумовим покриттям.

Вихідна вода по трубопроводу подається у освітлювач 1, де вона змішується з реагентами. Саме в освітлювачі відбувається основний процес пластівцеутворення. Після освітлювача освітлена вода поступає у бак освітленої води 9, де вона відстоюється. Осад видаляється, а вода перекачується насосом на ультрафільтраційну установку 2 для повного відділення грубодисперсних домішок з води. Осад відводить, а очищена вода подається для подальшого використання.

Основним апаратом технологічної схеми є освітлювач ВТІ-250і, наведений на рисунку 4.2.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



1 – подача вхідної води; 2 – повітрерозділювач; 3 – спускна труба; 4 – тангенціальний ввід; 5 – регулятор; 6 - трубопровід вапняного молока; 7 – трубопровід коагулянта; 8 – трубопровід ПАА; 9 – нижня частина освітлювача; 10 – вертикальна перегородка; 11 – горизонтальна перегородка; 12 – контактна зона; 13 – шламоприймальні вікна; 14 – корпус шламоутворювача; 15 – зона освітлення; 16 – розподільна решітка; 17 – кільцевий жолоб; 18 – отвори кільцевого жолоба; 19 – приймальний пристрій; 20 – збірний колектор; 21 – трубопровід змішаної води; 22 – винесений вентиль; 23 – трубопровід освітленої води; 24 – трубопровід шламовідведення; 25 – грязевик; 26 – трубопровід шламовідведення; 27 – Продувочний трубопровід; 28 – стінка апарату; 29 – опори

Рисунок 4.2 – Освітлювач ВТІ – 250і

Вихідна вода, підігріта до 30°C, подається через трубопровід 1' в повітрерозділювач 2'. Далі спускною трубою 3' через тангенціальний вхід 4' з регулятором 5' в нижню частину апарату, де здійснюється її змішування з реагентами. Тангенціальний ввід забезпечує обертальний рух води і, як наслідок, ефективніше змішування. При цьому вапняне молоко вводиться вище, ніж вихідна вода, розчин коагулянту трохи вище вапняного молока, а

розчин ПАА ще вище, у найвищу частину змішувача. Подача розчину коагулянту передбачається також і в трубопровід вихідної води, перед повітрерозділювачем (для розриву в часі між введенням коагулянту і ПАА). Реагенти надходить трубопроводами (радіально спрямованими 6', 7' та 8').

Хімічна взаємодія завершується в нижній частині освітлювача 9'. Процес утворення пластівців, їх агрегація і затримування перебігають у висхідному потоці води. Наданий тангенціальним введенням обертальний рух води гаситься вертикальною 10' і горизонтальною 11' перегородками з отворами $d = 100 - 150$ мм.

Верхня межа завислого шламу, що утворює в освітлювачі контактну зону 12' знаходиться на рівні кромки шлакоприймальних вікон 13', 14' шламоущільнювача, через зниження швидкості висхідного потоку води і за рахунок відбору через вікна 13' частини води (відсічення) в шламоущільнювач. У освітлювачах продуктивністю $100 - 250$ м³/год шламоприємні вікна можуть бути прорізані безпосередньо в корпусі шламоущільнювача 14'.

З контактної зони 12' вода подається в зону освітлення 15', розподільну решітку 16', в кільцевий жолоб 17' з отворами 18'. Потім вода надходить в приймальний пристрій 19', де змішується з освітленою в шламоущільнювачі 14' водою, що надходить через збірний колектор 20' і трубопровід 21', з вентилем 22', винесеним за обичайку.

З розподільного пристрою 19' освітлена вода через трубопровід 23' відводиться в ємність або на подальше очищення.

Шлам осідає в нижній частині ущільнювача 14' і відводиться через трубопровід 24' при періодичній "продувці", здійснюваної по трубопроводу 27'. Для збору піску і великого шламу передбачений грязевик 25' і трубопровід 26'. Освітлювачі та баки для вапнуваної води встановлюються, як правило, поза основної будівлі в спеціальних наметах - опалювальних приміщеннях з освітленням і природною вентиляцією (приміщення повинне опалюватися при продуктивності освітлювача до 60 м³ / год).

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

5 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

5.1 Розрахунок та вибір основного обладнання

5.1.1 Вибір типу освітлювача

Основними апаратами у відділенні попереднього очищення природної води обрано освітлювачі. У даному розділі представленні основні розрахунки агрегатів та їх кількість за заданою потужністю 100–250м³/год.

Характеристики освітлювачів конструкції ВТІ наведені у таблиці 5.1 [9].

Таблиця 5.1. Характеристики освітлювачів конструкції ВТІ

Основні параметри освітлювачів для вапнування						
Марка освітлювача	Продуктивність, м ³ /год	Діаметр, мм	Висота, м	Об'єм загальний, м ³	Маса конструкції, т	Нагрузочна маса, т
ВТІ-63і	63	4250	8.0	76	8.0	84
ВТІ-100і	100	5500	8.45	133	13.55	170
ВТІ-160і	160	7000	9.65	236	19.35	280
ВТІ-250і	250	9000	10.7	413	32.0	480
ВТІ-400і	400	11000	11.9	650	55.0	705
ВТІ-630і	630	14000	14.6	1240	88.0	1400
ВТІ-1000і	1000	18000	16.5	2127	147.0	2350

Сумарна продуктивність освітлювачів, баків і насосів освітленої води повинна вибиратися з запасом 10% розрахункової продуктивності.

Для заданої продуктивності вибрано освітлювач типу ВТІ – 250і.

5.1.2 Розрахунок освітлювача ВТІ – 250і

Склад вихідної води, мг-екв/дм³:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 3,6; [\text{HCO}_3^-] = 4;$$

$$[\text{Na}^+] = 0,5; [\text{NO}_3^-] = 0;$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 0,9; [\text{SO}_4^{2-}] = 15.$$

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Продуктивність установки без урахування витрати води на власні потреби освітлювача і механічних фільтрів складає:

$$Q = 250 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо дозу коагулянту $0,5 \text{ мг-екв/дм}^3$, залишкову лужність не менш $0,5 \text{ мг-екв/дм}^3$ [10].

Дозу вапна визначаємо за рівнянням:

$$D_{\text{в.}} = [\text{CO}_2]_{\text{в.в.}} + [\text{HCO}_3^-]_{\text{в.в.}} - [\text{HCO}_3^-]_{\text{зал.}} + D_{\text{к.}}$$

де $[\text{CO}_2]_{\text{в.в.}} = \text{CO}_2_{\text{в.в.}} / E_{\text{CO}_2}$, де $\text{CO}_2_{\text{в.в.}}$ - вміст вільної вуглекислоти у вихідній воді, мг/дм^3 ; E_{CO_2} - еквівалентна маса CO_2 , мг-екв/моль ; $D_{\text{к.}}$ - доза коагулянту, мг-екв/дм^3 .

$$D_{\text{в.}} = 20/22 + 4 - 0,5 + 0,5 = 4,9 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Вапном осаджується HCO_3^- у кількості :

$$[\text{HCO}_3^-]_{\text{осадж.}} = [\text{HCO}_3^-]_{\text{в.в.}} - [\text{HCO}_3^-]_{\text{зал.}},$$

$$[\text{HCO}_3^-]_{\text{осадж.}} = 4 - 0,5 = 3,5 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

У першу чергу з катіонів осаджується Ca^{2+} . При прийнятому дозуванні вапна кількість кальцію в оброблюваній воді дорівнює кількості кальцію у вихідній воді плюс внесене з вапном:

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{вап.в.}} = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{в.в.}} + D_{\text{в.}} = 3,6 + 4,9 = 8,5 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Кальцій осаджується у вигляді CaCO_3 , зв'язуючись з іонами HCO_3^- у кількості $3,5 \text{ мг-екв/дм}^3$.

Залишковий вміст кальцію у вапнованій воді :

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{зал.}} = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{вап.в.}} - [\text{HCO}_3^-]_{\text{осадж.}} = 8,5 - 3,5 = 5 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Вміст Na^+ і Mg^{2+} залишається незмінним. Вміст сульфатів збільшується за рахунок дозування коагулянту FeSO_4 :

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{вап.в.}} = [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{в.в.}} + D_{\text{к.}},$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{вап.в.}} = 15 + 0,5 = 15,5 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Вміст хлоридів у воді не змінюється.

Кількість шламу, що утвориться при вапнуванні з коагуляцією, визначається за рівнянням:

$$Q_{\text{ш.}} = C_{\text{вап.в.}} + 50 \cdot (T_{\text{Ca}^{2+}} + D_{\text{в.}}) + 56 \cdot \alpha_{\text{д}} \cdot D_{\text{в.}} + 78 \cdot D_{\text{к.}},$$

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $C_{зв.р.}$ – кількість зважених речовин у вихідній воді, г/м³; α_d – кількість домішок у вапняному молоці, що дозується (20-50%), частки од.

$$Q_{ш.} = 10 + 50 \cdot (3,6 + 4,9) + 56 \cdot 0,5 \cdot 4,9 + 78 \cdot 0,5 = 611,2 \text{ г/м}^3.$$

Величина продувки освітлювача визначається за формулою:

$$p = (Q_{ш.} - C_{зв.р.зал.}) \cdot 100 / 1000 / \delta_{ср},$$

де $C_{зв.р.зал.}$ - залишковий вміст зважених речовин у воді після освітлювача, г/м³; $\delta_{ср}$ - середня концентрація зважених речовин в шламоушільнювачі, г/дм³.

$$p = (611,2 - 1) \cdot 100 / 1000 / 27 = 2,26 \text{ \%}.$$

Отже, із продувкою видаляється наступна кількість води:

$$V_{H_2O_{прод.}} = Q \cdot 1,1 \cdot p / 100 = 250 \cdot 1,1 \cdot 2,26 / 100 = 6,215 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрата вапна у вигляді $Ca(OH)_2$ визначається за формулою:

$$Q_{в.доб.} = 24 \cdot 28,04 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot Дв./1000 = 24 \cdot 28,04 \cdot 250 \cdot 1,1 \cdot 4,9 / 1000 = 906,8136 \text{ кг/добу}$$

Витрата вапняного молока на добу визначається:

$$V_{в.доб.} = Q_{в.доб.} \cdot 100 / 1000 / C_{в.м.} / \rho_{в.м.},$$

де $C_{в.м.}$ - масова концентрація вапняного молока, % ; $\rho_{в.м.}$ - густина вапняного молока, кг/м³ ;

$$V_{в.доб.} = 906,8136 \cdot 100 / 5 / 1040 = 17,438 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Кількість води для приготування вапняного молока:

$$V_{H_2O_{в.м.}} = (V_{в.доб.} \cdot \rho_{в.м.} - Q_{в.доб.}) / 24 = (17,438 \cdot 1040 - 906,8136) / 24 = 717,8941 \text{ кг/год} = 0,7193 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрата 5%-го вапняного молока на один освітлювач

$$Q_{в.1} = V_{в.доб.} / 24 / N,$$

де N - кількість освітлювачів, шт.

$$Q_{в.1} = 17,438 / 24 = 0,7265 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрата коагулянту визначається за формулою:

$$Q_{к.доб.} = 24 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot E_k \cdot q_k / 1000,$$

де E_k - еквівалентна маса безводного коагулянту $FeSO_4$, г-екв/моль;

q_k - максимально необхідна доза коагулянту, мг-екв/дм³;

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$Q_{\text{к.доб.}} = 24 \cdot 250 \cdot 1,1 \cdot 78 \cdot 0,5/1000 = 257,4 \text{ кг/добу.}$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту визначається за формулою:

$$V_{\text{к.доб.}} = Q_{\text{к.доб.}} \cdot 100/1000/C_{\text{к.}}/\rho_{\text{к.}},$$

де $C_{\text{к.}}$ - концентрація безводного коагулянту, %; $\rho_{\text{к.}}$ - густина 5%-го розчину коагулянту, кг/м³;

$$V_{\text{кдоб.}} = 257,4 \cdot 100/5/1048 = 4,912 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Кількість води для приготування розчину коагулянту:

$$V_{\text{H}_2\text{Oк}} = (V_{\text{кдоб}} \cdot \rho_{\text{к.}} - Q_{\text{кдоб}})/24 = (4,912 \cdot 1048 - 257,4)/24 = \\ = 203,775 \text{ кг/год} = 0,2041 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту на один освітлювач:

$$V_{\text{к.1}} = V_{\text{к.доб.}} / 24 / N,$$

$$V_{\text{к.1}} = 4,912 / 24 = 0,2046 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата ПАА на добу:

$$Q_{\text{ПАА}}^{\text{доб.}} = 24 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot D_{\text{ПАА}}/1000,$$

де $D_{\text{ПАА}}$ - доза ПАА, мг/дм³.

$$Q_{\text{ПАА}}^{\text{доб.}} = 24 \cdot 250 \cdot 1,1 \cdot 1/1000 = 6,6 \text{ кг/доб.}$$

Добова витрата 0,1 %-ого розчину ПАА, що дозується:

$$V_{\text{ПАА}}^{\text{доб.}} = Q_{\text{ПАА}}^{\text{доб.}} \cdot 100 / 0,1/\rho_{\text{ПАА}} = 6,6 \cdot 100/0,1/1200 = \\ = 5,5 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Кількість води для приготування розчину ПАА:

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{ПАА}} = (V_{\text{ПАА}}^{\text{доб.}} \cdot \rho_{\text{ПАА}} - Q_{\text{ПАА}}^{\text{доб.}})/24 = (5,5 \cdot 1200 - 6,6)/24 = \\ = 274,72 \text{ кг/год} = 0,275 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна витрата води на власні потреби освітлювача:

$$V_{\text{в.н.}}^{\text{осв.}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{прод}} + V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{в.м.}} + V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{к}} + V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{ПАА}} = \\ = 6,215 + 0,7193 + 0,2041 + 0,275 = 7,413 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для забезпечення заданої продуктивності приймаємо до установки один освітлювач ВТІ-250, продуктивністю до 250 м³/год, і один резервний.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

5.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

5.2.1 Розрахунок баку для накопичення води

В відділенні реагентного очищення води є баки для накопичення води.

Розрахунок цього баку проводиться за рівнянням [10]:

$$V_p = W \cdot \tau,$$

де W – об'ємна витрата рідини, $\text{м}^3/\text{год}$; τ – час перебування рідини в ємності, год.

Обираємо час перебування рідини в ємності 30 хвилин.

Геометричний об'єм ємності більше робочого на 10÷15%, що враховується при виборі ємності.

Розрахуємо об'єм баку для акумулювання води:

$$V_p = 15 \cdot 0,5 = 7,5 \text{ м}^3.$$

Якщо врахувати надбавку 15 %, то геометричний об'єм ємності складатиме 8,625 м^3 .

Обираємо ємність, прямокутну в плані з параметрами: висота 1,38 м, ширина 2,5 м, довжина 2,5 м, виготовлену з поліпропілену.

5.2.2 Розрахунок баків для розчину коагулянту

Розчин коагулянту заготовлюємо на 24 год. Об'єм 10%-вого розчину коагулянту:

$$V_{\text{к. доб.}} = Q_{\text{к. доб.}} \cdot 100 / 1000 / 10 / \rho_{\text{к.}},$$

де 10 - концентрація безводного коагулянту, %

$\rho_{\text{к.}}$ - густина 10%-го розчину коагулянту, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$V_{\text{к доб}} = 257,4 \cdot 100 / 10 / 1051 = 2,45 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

$$V_{\text{б}} = V_{\text{к год}} \cdot 1,3 = 2,45 \cdot 1,3 = 3,18 \text{ м}^3.$$

Встановлюємо один розчинний бак для 10 %-ого розчину коагулянту

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		48

об'ємом 4 м³ та 1 резервний.

Об'єм 5%-ного розчину коагулянту:

$$V_{\text{к.доб.}} = Q_{\text{к.доб.}} \cdot 100 / 1000 / 5 / \rho_{\text{к.}},$$

де 5 - концентрація безводного коагулянту, %

$\rho_{\text{к.}}$ - густина 5%-го розчину коагулянту, кг/м³;

$$V_{\text{к.доб.}} = 257,4 \cdot 100 / 5 / 1048 = 4,912 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

$$V_{\text{б}} = V_{\text{к.доб.}} \cdot 1,3 = 4,912 \cdot 1,3 = 6,38 \text{ м}^3.$$

Встановлюємо один видатковий бак для 5 %-ого розчину коагулянту об'ємом 7 м³ і один резервний бак об'ємом 7 м³, що може бути використаний, як розчинний, так і видатковий.

5.2.3 Розрахунок баку для вапнованої води

Витрата вапняного молока на добу визначається:

$$V_{\text{в.доб.}} = Q_{\text{в.доб.}} \cdot 100 / 1000 / C_{\text{в.м.}} / \rho_{\text{в.м.}},$$

де $C_{\text{в.м.}}$ - масова концентрація вапняного молока, % ; $\rho_{\text{в.м.}}$ - густина вапняного молока, кг/м³ ;

$$V_{\text{в.доб.}} = 906,8136 \cdot 100 / 5 / 1040 = 17,438 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

$$V_{\text{в}} = V_{\text{в.доб.}} \cdot 1,3 = 17,438 \cdot 1,3 = 22,67 \text{ м}^3.$$

Встановлюємо один бак вапнованої води об'ємом 23 м³ та 1 резервний.

5.2.4 Розрахунок баку для ПАА

Добова витрата 0,1 %-ого розчину ПАА, що дозується:

$$V_{\text{ПАА.доб.}} = Q_{\text{ПАА.доб.}} \cdot 100 / 0,1 / \rho_{\text{ПАА}} = 6,6 \cdot 100 / 0,1 / 1200 = 5,5 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

$$V_{\text{ПАА}} = V_{\text{ПАА.доб.}} \cdot 1,3 = 5,5 \cdot 1,3 = 7,15 \text{ м}^3.$$

Встановлюємо один бак 0,1 %-ого розчину ПАА об'ємом 8 м³ та 1 резервний.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.5 Розрахунок ультрафільтраційної установки

Забезпечення середньодобової продуктивності по очищеній воді становить 250 м³/год, необхідно знайти кількість обраних мембранних елементів:

$$n = \frac{Q_c \cdot 1000}{S \cdot q} = \frac{250 \cdot 1000}{51 \cdot 53} = 93 ,$$

де n – кількість мембранних елементів, Q_c – продуктивність модулю, м³/год, S – площа 1-го мембранного елемента, м², q – питома продуктивність елемента, дм³/ (м² · год).

Для видалення забруднень з поверхні мембран необхідно розрахувати витрати води на зворотну промивку:

$$Q_{\Pi} = \frac{n \cdot S \cdot q_{\Pi} \cdot t_{\Pi}}{1000 \cdot 3600} = \frac{93 \cdot 51 \cdot 100 \cdot 40}{1000 \cdot 3600} = 5,27 ,$$

де Q_{Π} – витрати води на зворотну промивку, м³, q_{Π} – питома витрата води на промивку для 1 елемента, дм³/ (м² · год), t_{Π} – тривалість однієї промивки, с.

Кількість зворотних промивок, яка приходить на отримання 1000 м³ УФ перміату становить:

$$n_{\Pi} = \frac{1000 \cdot 60}{Q_c \cdot t} = \frac{1000 \cdot 60}{250 \cdot 60} = 4 ,$$

де t – частота зворотних промивок [11].

При роботі УФ модулю на поверхні мембран накопичуються частинки розміром більше 0,03 мкм. Для збільшення ефективності їх відмивки з поверхні мембран при зворотній промивці в воду дозуються окисники. В даній технології використовується гіпохлорит натрію. Кількість 100 % гіпохлориту, що витрачається на одну зворотну промивку становить :

$$m_{100\%NaOCl} = Q_{\Pi} \cdot C_{100\%NaOCl} = 5,27 \cdot 30 = 158,1 ,$$

де $m_{100\%NaOCl}$ – маса 100%-го гіпохлориту, що витрачається на 1 промивку, г, $C_{100\%NaOCl}$ – доза 100%-го гіпохлориту, мг/дм³.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У перерахунку на товарну форму – 15% гіпохлориту, маса товарного NaOCl, що витрачається на 1 промивку становитиме:

$$m_{15\%NaOCl} = \frac{m_{100\%NaOCl} \cdot 100}{15 \cdot 1000} = \frac{158,1 \cdot 100}{15 \cdot 1000} = 1,054,$$

де $m_{15\%NaOCl}$ – маса 15%-го гіпохлориту, кг.

При зворотних промивках не відмиваються абсолютно всі частинки, що забили пори мембрани або відклалися на поверхні, тому необхідно періодично проводити СЕВ та СІР промивки. СЕВ промивка складається з тих же стадій, що й зворотна, але з додаванням більшої кількості реагентів. СІР промивка – хімічна реагентна очищення мембран. Проводиться приблизно раз на рік. Витрата води для приготування миючого розчину становить :

$$V_{CIP} = n \cdot V_p = \frac{93 \cdot 250}{1000} = 23,25,$$

де V_{CIP} – об'єм води, необхідний на приготування миючого розчину m^3 .

На отримання 1000 m^3 необхідно провести СІР промивок :

$$n_{CIP} = \frac{1000}{t_p \cdot f_{CIP} \cdot Q_c} = \frac{1000}{10 \cdot 60 \cdot 250} = 0,0066,$$

де t_p – години роботи модуля за добу, год/добу, f_{CIP} – кількість діб між СІР промивками, діб.

Розрахуємо витрати реагентів, необхідних для приготування миючого розчину.

Гіпохлорит натрію у товарній формі (15%) :

$$m_{NaOCl} = \frac{C_{NaOCl} \cdot V_{CIP} \cdot 100}{15} = \frac{2 \cdot 23,25 \cdot 100}{15} = 310,$$

де m_{NaOCl} – маса товарного гіпохлориту, необхідна для приготування миючого розчину, кг, C_{NaOCl} – доза гіпохлориту для СІР, г/дм³.

HCl у товарній формі (35%):

$$m_{HCl} = \frac{C_{HCl} \cdot V_{CIP} \cdot 100}{35} = \frac{2 \cdot 23,25 \cdot 100}{35} = 132,85,$$

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

де m_{HCl} – маса товарної HCl, необхідна для приготування миючого розчину, кг, C_{NaOCl} – доза HCl для CIP, г/дм³.

NaOH у товарній формі (100%):

$$m_{NaOH} = \frac{C_{NaOH} \cdot V_{CIP} \cdot 100}{100} = \frac{1 \cdot 23,25 \cdot 100}{100} = 23,25,$$

де m_{NaOH} – маса товарного NaOH, необхідна для приготування миючого розчину, кг, C_{NaOH} – доза NaOH для CIP, г/дм³.

Для оцінки роботи модулю використовують поняття проникності мембран P – відношення питомої витрати фільтрату до перепаду тиску на мембрані.

$$P = \frac{q}{TMP} = \frac{53}{0,21} = 252,4,$$

де P – проникність мембрани, дм³/(м²/год/МПа), TMP – падіння тиску на мембрані, МПа.

Так як проникність залежить від температури, необхідно скорегувати значення проникності для робочої температури води, що становить 35 °С.

$$P^{35} = P \cdot T_k = 252,4 \cdot 1,48 = 373,6,$$

де P^{35} – проникність мембрани при робочій температурі, T_k – температурний коефіцієнт[12].

Гідравлічний ККД процесу ультрафільтрації визначається як відношення потоку фільтрату до сумарного потоку вихідної води, що подається на установку. Чим частіше для установки проводиться процедура зворотного промивання, тим нижчий гідравлічний ККД установки.

$$ККД = \frac{t_p \cdot Q_c - t_n \cdot Q_n}{t_p \cdot Q_c} \cdot 100 \% = \frac{36000 \cdot 250 - 40 \cdot 5,27}{36000 \cdot 250} = 99,99 \%.$$

Отже ККД ультрафільтраційної установки має високе значення, що свідчить про доцільність її використання.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.6 Вибір насосного обладнання

Технологічні характеристики обраного насосного обладнання для даної технологічної схеми наведено в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Технологічні характеристики насосного обладнання [13]

Найменування	Кількість	Функціональне призначення	Тип	Основні показники, технічна характеристика
Насоси освітленої води	1+1р.	Для перекачування води з баків на подальше очищення	6 НДС - 60	Q= 300 м ³ /год H = 60 м.в.ст. n=2900 об/хв.
Насоси перекачування вапняного молока	1+1р.	Для перемішування і подачі із мішалок на всмоктування насосів-дозаторів	2,5НФ	Q= 108м ³ /год. H= 40 м.в.ст. n= 2940 об/хв.
Насос перекачування шламу	1+1р.	Для перекачування шламу до шламосховища	НФ 130/65	Q = 130 м ³ /год. H=64 м.в.ст. n= 2940 об/хв.
Насос перекачування коагулянту	1+1р.	Для подачі із баків на механічний фільтр	Х-80-50-200	Q= 50 м ³ /год. H= 50 м.в.ст. n= 2900 об/хв.
Насоси-дозатори вапняного молока	1+1р.	Дозування робочого розчину вапняного молока в освітлювач	НД-1000/6К	Q= 800 дм ³ /год. H= 6 кгс/см ²
Насоси-дозатори коагулянта	1+1р.	Дозування робочого розчину коагулянту в освітлювач	НД-120/64	Q= 160 дм ³ /год. H= 6 кгс/см ²
Насоси-дозатори ПАА	1+1р.	Дозування робочого розчину флокулянту в освітлювач	НД – 60В	Q= 60 дм ³ /год. H= 110 кгс/см ²

6 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВІДДІЛЕННЯ РЕАГЕНТНОГО ОЧИЩЕННЯ

В даному дипломному проекті було розроблено технологічну схему відділення попереднього очищення води, яка більш детально представлена у розділі 4.

6.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації

Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини, реагентів та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу [14].

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу очищення природної води реагентним методом, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

- контроль температури вхідної води в освітлювач ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$);
 - контроль рН освітленої води у межах 6...8;
 - контроль і регулювання подачі вапна у мішалку вапняного молока ($0,5\text{ м}^3/\text{год}$);
 - контроль концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на виході з мішалки вапняного молока ($3,64\text{ мг-екв/дм}^3$);
 - контроль і регулювання подачі вапняного молока в освітлювач ($1,3\text{ м}^3/\text{год}$);
 - контроль і регулювання подачі розчину ПАА в освітлювач ($0,34\text{ м}^3/\text{год}$);
- Кількісні значення параметрів контролю та керування зведено у таблиці 6.1.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Параметри контролю та керування виробництвом

№	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід вхідної води	Температура	30 °С	контроль
2	Трубопровід освітленої води	рН	6-8	контроль
3	Трубопровід вхідної води	Витрата	-	контроль, регулювання
4	Трубопровід вапняного молока	Витрата	0,5 м³/год	контроль, регулювання
5	Трубопровід вапняного молока	Витрата	1,3 м³/год	контроль, регулювання
6	Трубопровід коагулянту	Витрата	-	контроль, регулювання
7	Трубопровід ПАА	Витрата	0,34 м³/год	контроль, регулювання
8	Трубопровід вапняного молока	Концентрація	4,9 мг-екв/дм³	контроль
9	Трубопровід коагулянту	Концентрація	0,5 мг-екв/дм³	контроль
10	Трубопровід освітленої води	Витрата	-	контроль, регулювання
11	Механічний фільтр	Перепад тиску	-	контроль, сигналізація

6.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена вирішувати всі ці завдання. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Контроль температури вхідної води у трубопроводі 1в забезпечує контур 1, який включає первинний вимірювальний перетворювач температури (1-1),

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

вторинний показувальний і реєструвальний прилад (1-2), регулювальний блок (1-3), електродвигунний виконавчий механізм (1-4), магнітний пускач МП1 та кнопка запобіжного вимикання SA1.

Контур 2 застосовують для контролю рН у трубопроводі 1ос, який включає в себе первинний перетворювач рН (2-1), проміжний перетворювач (2-2), електропневматичний перетворювач (2-3), вторинний показувальний та реєструвальний прилад (2-4).

Для контролю та регулювання витрати вхідної води розроблено контур 3, що складається з первинного перетворювача витрати (3-1), проміжного перетворювача (3-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (3-3), регулювального блока (3-4), пневматичного виконавчого механізму (3-5).

Для контролю та регулювання витрати вапна розроблено контур 4, що складається з первинного перетворювача витрати (4-1), проміжного перетворювача (4-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (4-3), регулювального блока (4-4), пневматичного виконавчого механізму (4-5).

Контур 5 застосовують для вимірювання та реєстрації рівня у мішалці ванняного молока. Контур містить рівнемір з пневматичним передавальним перетворювачем (5-1), пневматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (5-2).

Для контролю та регулювання витрати вапняного молока розроблено контур 6, що складається з первинного перетворювача витрати (6-1), проміжного перетворювача (6-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (6-3), регулювального блока (6-4), пневматичного виконавчого механізму (6-5).

Для контролю та регулювання витрати коагулянту розроблено контур 7, що складається з первинного перетворювача витрати (7-1), проміжного перетворювача (7-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (7-3), регулювального блока (7-4), пневматичного виконавчого механізму (7-5).

Для контролю та регулювання витрати ПАА в трубопроводі 30 розроблено контур 7, що складається з первинного перетворювача витрати (7-1),

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

проміжного перетворювача (7-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (7-3), регулювального блока (8-4), пневматичного виконавчого механізму (8-5).

Контур 9 застосовують для контролю концентрації вапняного молока у трубопроводі 28. Включає в себе первинний перетворювач концентрації (9-1), проміжний перетворювач (9-2), вторинний показувальний та реєструвальний прилад (9-3).

Контур 10 застосовують для контролю концентрації коагулянту в трубопроводі 29. Включає в себе первинний перетворювач концентрації (10-1), проміжний перетворювач (10-2), вторинний показувальний та реєструвальний прилад (10-3).

Для контролю та регулювання витрати освітленої води розроблено контур 11, що складається з первинного перетворювача витрати (11-1), проміжного перетворювача (11-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (11-3), регулювального блока (11-4), пневматичного виконавчого механізму (11-5).

Контур 12 застосовують для контролю та регулювання рівня у баках коагулянту. Контур містить рівнемір з пневматичним передавальним перетворювачем (12-1), пневматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (12-2), пневматичний регулятор (12-3), пневматичний виконавчий механізм (12-4).

Контур 13 застосовують для вимірювання та реєстрації рівня у баці приготування розчину коагулянту. Контур містить рівнемір з пневматичним передавальним перетворювачем (13-1), пневматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (13-2).

Контур 14 забезпечує контроль та регулювання рівня у баці приготування розчину ПАА. Контур містить рівнемір з пневматичним передавальним перетворювачем (14-1), пневматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (14-2), пневматичний регулятор (14-3), пневматичний виконавчий механізм (14-4).

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контур 15 застосовують для контролю та регулювання рівня у баці освітленої води. Контур містить рівнемір з пневматичним передавальним перетворювачем (15-1), пневматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (15-2), пневматичний регулятор (15-3), пневматичний виконавчий механізм (15-4).

Електродвигун, що приводить в дію насос, дистанційно керується за допомогою магнітного пускача МП2, кнопкових постів керування та кнопки запобіжного вимикання SA2. Сигнальні лампочки HL1 та HL2. Аналогічно здійснюється дистанційне керування роботою електродвигунів для решти насосів.

Для контролю та сигналізації зміну тиску на механічному фільтрі розроблено контур 17, що складається з вимірювального перетворювача (17-1), вторинного показувального і реєструвального приладу з пристроєм сигналізації (17-2) та сигнальної лампи HL3.

Контур 18 розроблено для вимірювання та реєстрації рівня у баці приготування вапняного молока. Контур містить рівнемір з пневматичним передавальним перетворювачем (18-1), пневматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (18-2).

Контур 19 застосовують для вимірювання та реєстрації рівня у витратному баці коагулянту. Контур містить рівнемір з пневматичним передавальним перетворювачем (18-1), пневматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (18-2).

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

7 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Завданням даного дипломного проекту є розроблення відділення попереднього очищення води.

Метою створення даного відділення є очищення води від грубодисперсних частинок, часткове пом'якшення води, зниження вмісту в ній заліза, силіцію і органічних речовин (гумінові сполуки); зниження лужності, солевмісту вихідної води, а також видалення розчинених у воді газів O_2 ; CO_2 ; H_2S ; N_2 . Це є основою для попереднього очищення води.

Завданням розділу є розрахунок собівартості кінцевої очищеної води, розрахунок вартості нового інноваційного коагулянту та порівняння її з вартістю коагулянту, який використовується у водоочищенні.

7.1 Класифікаційні ознаки і організаційна структура відділення попереднього очищення води

Класифікаційні ознаки відділення [15]:

- за формою власності – частина приватного підприємства;
- за спеціалізацією – вузькоспеціалізоване;
- за ресурсами – матеріаломістке;
- за масштабом виробництва – масове;
- за потужністю – відноситься до середнього підприємства;
- за чисельністю персоналу – відноситься до малого підприємства;
- за вартістю випущеної продукції – відноситься до малого підприємства.

Організаційна структура підприємства складається з наступних посад:

- Головний технолог (1);
- Начальник цеху (1);
- Технолог (1);
- Апаратник (4);
- Лаборант (4)

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Організаційна структура відділення зображена на рисунку 7.1.

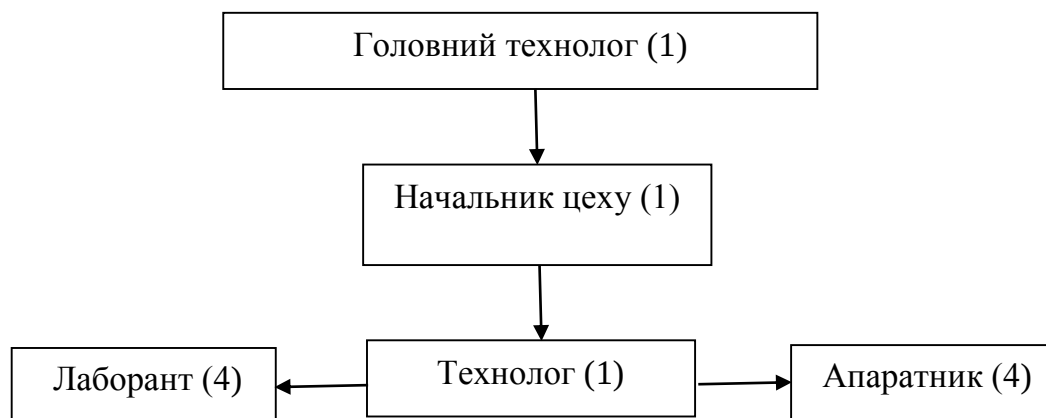


Рисунок 7.1 – Організаційна структура відділення

7.2 Технологічна підготовка виробництва

7.2.1 Класифікація виробничих процесів

Виробничі процеси відділення поділяються на:

А) Основні:

- Закупівля і транспортування реагентів;
- Організація роботи по підготовці та налаштуванню обладнання ;
- Приготування і дозування розчинів коагулянту, ПАА і вапняного молока; вхідний контроль концентрації та якості реагентів;
- Процес попереднього очищення;
- Проміжний контроль якості води після освітлювача;
- Ультрафільтрація;
- Вихідний контроль якості води;
- Промивання ультрафільтраційних мембран.

Б) Допоміжні:

- Складування реагентів;
- Зберігання запасних частин та мембран.

В) Бічні:

- Вивантаження шламу і транспортування його у відвали.

7.2.2 ВРПП

Перелік і тривалість операцій виробничого процесу підготовки очищеної води:

- 1) Приготування розчинів реагентів (30 хвилин);
- 2) Введення реагентів і води в освітлювач (10 хвилин);
- 3) Процес освітлення води (60 хвилин);
- 4) Процес ультрафільтрації (20 хвилин);
- 5) Промивка мембран (10 хвилин).

Графік ВРПП для даного відділення наведено на рисунку 7.2.

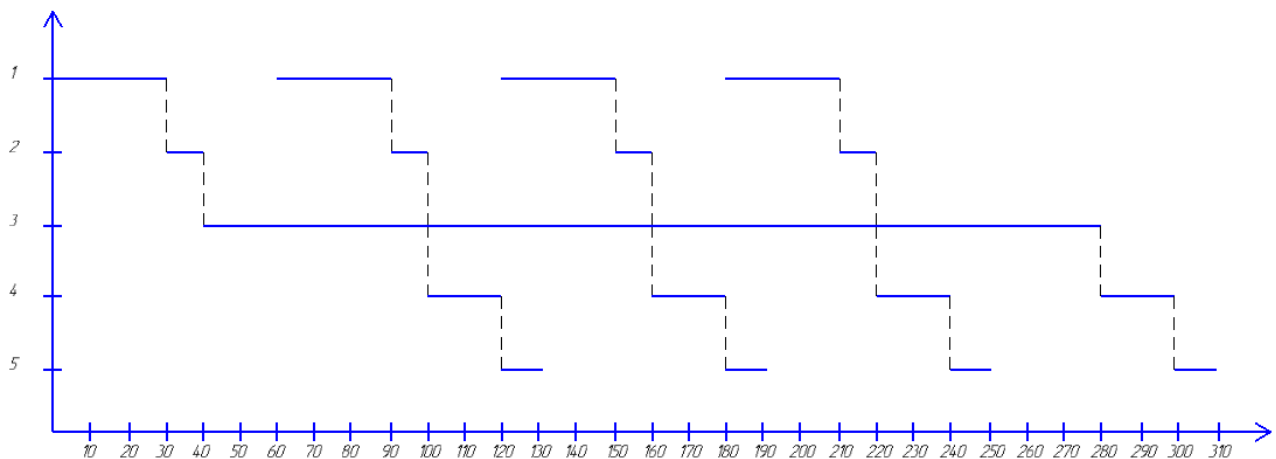


Рисунок 7.2 – Графік ВРПП

Для заданої продуктивності 250 м³/год при безперервному виробництві використовується паралельний ВРПП. З графіка ВРПП встановлено, що кількість виробничих циклів на добу – 22,833. Тоді річний випуск очищеної води дорівнює:

$$B^{річн} = 250 \cdot 22,833 \cdot 365 = 2083500 \text{ м}^3.$$

Середньорічна тривалість виробничого циклу розраховується за формулою:

$$T_{ВЦ}^{ср} = \frac{24 \cdot D_k}{D_p \cdot T_p} \cdot T_{ВЦ}^{факт},$$

де T_p – тривалість робочого часу підприємства протягом доби;

$T_{ВЦ}^{факт}$ – фактична тривалість виробничого циклу за графіком;

D_k – кількість календарних днів у році;

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

D_p – кількість робочих днів на підприємстві з урахуванням святкових та вихідних днів.

Тривалість виробничого циклу для паралельного ВРПП за 1 день роботи відділення:

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = \sum t_i + t_{\text{пх}} \cdot (B - 1);$$

де $\sum t_i$ – тривалість всіх операцій очищення води, год;

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = 130 + 60 \cdot (22,833 - 1) = 1440 \text{ год}.$$

Отже:

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср}} = \frac{24 \cdot 365}{365 \cdot 24} \cdot 8760 = 8760 \text{ год.}$$

7.2.3 Графік роботи і графік змінності персоналу

Відділення попереднього очищення води працює безперервно, 365 днів по 24 год/день. Графік роботи начальника цеху та технолога – по 8 год/день, в 1 зміну, вихідні – субота і неділя. Відсутність даного персоналу у вихідні дні та нічний час пояснюється з автоматизацією виробництва.

Апаратники та лаборанти працюють бригадами в 3 зміни по 8 год/день. В кожній бригаді працює один апаратник і один лаборант.

Для побудови графіку змінності для апаратників необхідно розрахувати кількість бригад.

Тривалість роботи відділення за рік:

$$T_{\text{відд}}^{\text{рік}} = T_p \cdot D_p;$$

де T_p – тривалість роботи відділення, год/день;

D_p – кількість днів роботи відділення за рік;

$$T_{\text{відд}}^{\text{рік}} = 24 \cdot 365 = 8760 \text{ год}.$$

Тривалість роботи працівника відділення:

$$T_{\text{прац}}^{\text{н.}} = \frac{365 - T_{\text{свят}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{свят}}^* - 1) \cdot 1';$$

де $T_{\text{свят}}$ – тривалість свят у році, $T_{\text{свят}}^* = 11$ днів;

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{свят}}^*$ – кількість свят, що не співпадають з вихідними днями,

$$T_{\text{свят}}^* = 8 \text{ днів};$$

1 – кількість спарених свят;

$$T_{\text{прац}}^{\text{н.}} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год.}$$

Кількість бригад:

$$N_{\text{бриг}} = \frac{T_{\text{відд}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{н}}} = \frac{8760}{2016} \approx 4 \text{ бригади.}$$

Графік змінності відділення для апаратників та лаборантів наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Графік змінності відділення для апаратників та лаборантів

Дата Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	1	1	1	1	В
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2
VI	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3

Фактична тривалість роботи апаратників і лаборантів відділення:

$$T_{\text{прац}}^{\text{ф.}} = \frac{365}{T_{\text{зм / об}}} \cdot (T_{\text{зм / об}} - T_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{зм}};$$

де $T_{\text{зм / об}}$ – тривалість змінообороту, що визначено за таблицею 7.2,

$$T_{\text{зм / об}} = 16 \text{ днів};$$

$$T_{\text{прац}}^{\text{ф.}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.}$$

Тривалість перепрацювання одиничним працівником:

$$T_{\text{перепр}}^{\text{од.прац}} = T_{\text{прац}}^{\text{ф.}} - T_{\text{прац}}^{\text{н.}} = 2190 - 2016 = 174 \text{ год.}$$

Графік роботи для технолога та начальника цеху наведено в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 Графік роботи працівників

	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
1	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В

Робочий день для всіх працівників з 10⁰⁰ до 18⁰⁰.

7.2.4 Порядок технічного контролю на виробництві

Об'єктами технологічного контролю є предмети праці (сировина і матеріали, продукт виробництва, електроенергія, конструкторська та технологічна документація), засоби праці (обладнання, господарський інвентар, прилади і пристрої) та технологічні процеси, робота працівників, умови праці. Технологічний контроль здійснюється працівниками лаборантами кожні 2 години, а також за допомогою витратомірів, концентратомірів та рН-метрів, що проводять контроль автоматично.

Вхідний контроль якості розчинів реагентів проводиться після приготування розчинів шляхом відбору проби з баків. Проміжний контроль якості води після ультрафільтрації проводиться шляхом відбору проб з баку перміату та вимірюванням електропровідності. На підставі вихідного контролю здійснюється аналіз якості очищеної води. При відповідності стандартам вода направляється в наступне відділення.

7.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

7.3.1 Вартість основних фондів відділення

Вартість основних фондів відділення наведено в таблиці 7.4.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Таблиця 7.4 – Вартість основних фондів відділення

Вартість основних фондів	Ціна, грн		
	Кількість	Ціна/один.	Всього
Обладнання:			
Освітлювач ВТІ-250і	2	1000000	2000000
Ультрафільтраційна установка	1	1996785	1996785
Бак освітленої води	2	40000	80000
Бак перміату	1	35000	35000
Бак ПАА	2	40000	80000
Витратний бак вапна	2	31000	62000
Мішалка вапняного молока	2	55000	110000
Бак коагулянту	4	40000	160000
Витратний бак коагулянту	2	30100	60200
Насос	5	10000	50000
Теплообмінник	2	35000	70000
Трубопроводи			50000
Допоміжне обладнання			50000
Засоби автоматизації			70000
Будівлі		2500000	
Виробничий і господарчий інвентар		12000	
Нематеріальні активи		11000	
Σ		7396985	

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{OF_{обладн. / маш.}}{T_{експ.}} + \frac{OF_{інвен.}}{T_{експл.}} + \frac{OF_{нем. акт.}}{T_{експ.}} + \frac{OF_{буд.}}{T_{експ.}};$$

де $3_{обладн. / маш.}$, $3_{інвен.}$, $3_{нем. акт.}$ – вартість обладнання і машин, інвентарю і нематеріальних активів відповідно;

$T_{експ.}$ – термін експлуатації основних фондів;

$$A = \frac{4873985}{5} + \frac{12000}{4} + \frac{11000}{12} + \frac{2500000}{20} = 1103713,67 \frac{грн}{рік}.$$

7.3.2 Розрахунок фонду оплати праці

Розрахунок заробітної праці працівників відділення наведено в таблиці

7.5.

Таблиця 7.5 – Розрахунок ЗП працівників відділення

Посада	Кількість	ЗП за місяць	ЗП за рік
Головний технолог	1	10000	120000
Начальник цеху	1	9000	108000
Технолог	1	8000	96000
Лаборант	4	6000	288000
Апаратник	4	5000	240000

Фонд оплати праці становить:

$$\Phi ОП = \sum ЗП_{прац}^{рік} \cdot 1,22 ;$$

де 1,37 – нарахування на зарплату 22 %;

$$\Phi ОП = 2852000 \cdot 1,22 = 3479440 \frac{грн}{рік}.$$

7.3.3 Розрахунок оборотних засобів відділення

Споживання електроенергії на потреби роботи обладнання а також витрати на освітлення цеху наведено у таблиці 7.6

Таблиця 7.6 – Цехові витрати електроенергії

Елемент споживання е/е	Потужність, кВт/год	Річна потуж- ність, кВт/рік	Вартість е/е, грн/рік
Обладнання	250	2190000	4380000
Освітлення цеху	7	61320	122640
Всього	257	2251320	4502640

Вартість оборотних засобів відділення наведено в таблиці 7.7

Таблиця 7.7 – Вартість оборотних засобів відділення

Вартість оборотних засобів	Кількість	Ціна, грн/од.	Ціна, грн/рік
Реагенти:			
Коагулянт	257,4 кг/добу	35 грн/кг	3288285
Вапно	906,81 кг/добу	1,2 грн/кг	397182,78
Флокулянт (ПАА)	6,6 кг/добу	55 грн/кг	132495
Антрацит	19 т/рік	2000 грн/т	38000
Електроенергія	2251320 кВт/рік	2 грн/кВт	4502640
ФОП			3479440
Невраховані витрати (5%)			591902,14
Σ			12429944,9

7.3.4 Розрахунок техніко-економічних показників

1) Собівартість продукції:

- Собівартість очищеної води за рік

$$C = A + ОбЗ = 1103713,67 + 12429944,9 = 13533658,6 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}};$$

- Собівартість 1 м³ очищеної води

$$C_{\text{куб.м.}} = \frac{C}{B} = \frac{13533658,6}{2083500} = 6,49 \frac{\text{грн.}}{\text{м}^3}.$$

2) Вартість капіталовкладень у відділення:

$$K = OF + ОбЗ = 7396985 + 12429944,9 = 19826929,9 \text{ грн.}$$

7.3.5 Розрахунок вартості нового коагулянту та порівняння ціни з існуючими продуктами на ринку

Ставка податку за розміщення малонебезпечних відходів згідно з економічним податком складає 4, 02 грн./т. Шламові відходи Миколаївського глиноземного заводу становлять 1200000 т/рік. Тому затрати на їх розміщення становлять:

$$З = Ц \cdot m = 1200000 \cdot 4,02 = 4824000 \text{ грн. / рік.}$$

В шламонакопичувачах Миколаївського глиноземного заводу (МГЗ) заскладовано 15-17 млн. т червоного шламу, що є цінною сировиною для отримання коагулянту.

За забруднення навколишнього середовища Миколаївський глиноземний завод в 2011 році оштрафували на 17 тисяч гривень через розповсюдження шламу у населені території.

Переробка шламових відходів є економічно і екологічно вигідно як для очисних споруд, так і для МГЗ.

Ціна за коагулянт на ринку становить 3 грн/кг. В якому діючої речовини 53%.

Ціна за комплексний коагулянт отриманий з червоного шламу еквівалентний лише вартості сульфатної кислоти.

Технічна сульфатна кислота має вартість 35 грн/дм³.

З 20 см³ можна отримати 10 г комплексного коагулянту вартістю 0,7 грн. Собівартість такого коагулянту буде рівною 70 грн/кг.

Враховуючи затрати на сплату податку за зберігання шламових відходів та штрафи, собівартість зміниться:

$$C = 70 \cdot 257,4 \cdot 365 - 4824000 - 17000 = 1735570 \text{ грн / рік ,}$$

$$C = 18,47 \text{ грн/кг.}$$

Враховуючи, що коагулянт має ціну в діапазоні від 18 до 40 грн (залежно від якості), можна зробити висновок, що переробка червоного шламу в коагулянт є економічно вигідною.

Собівартість очищеної води за рік при використанні нового коагулянту:

$$C = A + ОбЗ = 1103713,67 + 10799284,3 = 11902998 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Собівартість 1 м³ очищеної води новим коагулянтом:

$$C_{\text{куб.м.}} = \frac{C}{B} = \frac{11902998}{2083500} = 5,71 \frac{\text{грн}}{\text{м}^3}.$$

Вартість капіталовкладень у відділення, якщо використовувати новий коагулянт:

$$K = OF + ОбЗ = 7396985 + 10799284,3 = 18196269,3 \text{ грн.}$$

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

При аналізі технологічної схеми можна зрозуміти, що на виробництві використовуються шкідливі й небезпечні виробничі фактори, до складу яких входять: токсичні та агресивні речовини, пожежонебезпечні матеріали та речовини.

Встановлено електрообладнання, теплові агрегати, установку ультрафільтрації. Використовується електрична, механічна та теплова енергія.

Транспорт у відділенні представлений промисловими трубопроводами та візками для транспортування реактивів.

Проект виконано з урахуванням охорони праці, пожежної та екологічної безпеки виробництва.

При проектуванні виробництва прийняті проектні рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної профілактики.

На основі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів розроблено заходи і засоби щодо забезпечення здорових, безпечних умов праці та пожежної безпеки.

8.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці

8.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, у відділенні попереднього очищення відносяться до категорії середньої важкості Пб. У таблиці 8.1 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату для приміщень відділення, прийняті проектом [16].

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Таблиця 8.1- Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна волога, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості ІІб	17 – 19	40 – 60	0.2
Теплий		20 – 22	40 – 60	0.3

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючи конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт.

$$t_{\text{п}} = t_{\text{опт}} + 2^{\circ}\text{C} = 21 + 2 = 23^{\circ}\text{C},$$

де $t_{\text{опт}}$ – нормативне значення повітря робочої зони в теплий період року.

Передбачено аварійну вентиляцію (тільки витяжна), призначену для швидкого видалення великих кількостей шкідливих та вибухонебезпечних речовин, а також забрудненого пилом повітря, що виникає при порушеннях технологічного процесу або аваріях технологічного обладнання.

Для контролю мікроклімату використовуються: термометри, психрометри.

У відділенні попереднього очищення води передбачається використання агресивних та шкідливих речовин, тому в таблиці 8.2 представлено коротку санітарну характеристику відділення, згідно ГОСТ 12.1.005-88.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Таблиця 8.2. Коротка санітарна характеристика відділення, що проектується

Назва виробничої ділянки	Шкідливі речовини, що використовуються у відділенні	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої лії	ГДК шкідливої речовини у повітрі побочної зони мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Засоби долікарської допомоги
Відділення попереднього очищення води	ПАА	Подразнюючі	2	IV	Спеціальний одяг, ГОСТ 27574 або ГОСТ 27575; захисні окуляри, тип Г по ГОСТ 12.4.013; гумові рукавиці, тип В, ГОСТ 20010; черевики типу В ГОСТ 12.4.137 Респіратор РУ-60М, УК-2, РП-К ГОСТ 12.4.103-80; каски, ГОСТ 12.4.087-84	Гравіметричний та санітарно-хімічний, 1 раз на місяць	Промити водою та обробити очі 2% розчином борної кислоти
	Сірчано-кисле залізо		2	IV			При потраплянні розчину коагулянту на тіло або в очі необхідно гарно промити водою уражене місце, а потім нейтралізувати розчином бікарбонату натрію (5%-вим – тіло, 2%-вим – очі)
	Вапняне молоко		6	IV			Видалити частини вапна, ушкоджене місце обробити і закрити рану марлевою пов'язкою. Категорично забороняється промивати рану водою.

Розрахунок аерації відділення.

Конструкція стулки віконного прорізу - одинарна підвісна. Висота й довжина стулки рівні, кут відкриття стулки $\alpha=45^\circ$. Ліхтар П-подібний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які перебувають

на відносній відстані $l/h=1,5$, з кутом відкриття $\alpha = 90^\circ$. Визначаємо температуру повітря, що видаляється з верхньої частини приміщення:

$$t_{\text{вих}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{рз}}}{m}, \text{ } ^\circ\text{C};$$

де $t_{\text{зовн}}$ - температура зовнішнього повітря, для Києва в теплий період $t=23,5$ $^\circ\text{C}$

$t_{\text{вн}}$ -температура внутрішнього повітря; $t_{\text{вн}} = 25$ $^\circ\text{C}$; $t_{\text{р.з.}}$ —температура повітря, що надходить до робочої зони. $t_{\text{р.з.}} = t_{\text{зовн}}$, $t_{\text{р.з.}} = 23,5$ $^\circ\text{C}$;

m - коефіцієнт, приймаємо 0,53;

$$t_{\text{вих}} = 23,5 + \frac{25 - 23,5}{0,53} = 26,3, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо питому вагу повітря:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}, \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{зовн}} = \frac{353}{23,5 + 273} = 1,191, \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{вих}} = \frac{353}{26,5 + 273} = 1,179, \text{ кг/м}^3.$$

Розподілений тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta\rho_{1,2} = h * (\rho_{\text{зовн}} - \rho_{\text{вих}}), \text{ кг/м}^2;$$

де h - відстань між осями прорізів; $h=10$ метрів

$$\Delta\rho_{1,2} = 10 * (1,191 - 1,179) = 0,12, \text{ кг/м}^2.$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні прорізи можна визначити по формулі:

$$\Delta\rho_1 = \beta * \Delta\rho_{1,2}, \text{ кг/м}^2;$$

де β - різниця тисків, що використовується на прохід повітря через припливні прорізи, $\beta=0,4$,

$$\Delta\rho_1 = 0,2 * 0,12 = 0,024, \text{ кг/м}^2;$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар визначаємо за формулою:

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{1,2} - \Delta\rho_1, \text{ кг/м}^2;$$

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$\Delta \rho_2 = 0,12 - 0,024 = 0,096, \text{ кг/м}^2.$$

Визначаємо площу прорізів у стіні $F_{\text{прпл}}$ і площа прорізів ліхтаря $F_{\text{л}}$:

$$F_{\text{прпл}} = \frac{G_{\text{прпл}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * g * \rho_{\text{зовн}}}{\xi_1} * \Delta \rho_1}}, \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{прпл}} = \frac{4200}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,191}{3,7} * 0,024}} = 29,98, \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,179}{4,1} * 0,096}}, \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,179}{4,1} * 0,096}} = 11,33, \text{ м}^2.$$

де $G_{\text{прпл}}$ - кількість повітря, що повинна надходити в приміщення, $G_{\text{вид}}$ - кількість повітря, що видаляється.

8.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, розряд зорових робіт у робочому приміщенні відділення попереднього очищення води становить відповідно IV та V. У таблиці 8.3 наведені санітарні норми параметрів освітлення.

Таблиця 8.3 – Санітарні норми параметрів освітлення [17]

Характер зорових робіт	Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		Значення КПО, %	
		Штучне освітлення		Природне освітлення	Суміщене освітлення
		Комбіноване	Загальне		
середньої точності	IVa	500	200	1,5	0,9

Проектом передбачене природне, бокове, робоче та аварійне освітлення. Природне освітлення представлене боковим світлом, яке забезпечується вікнами приміщення відділення.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Система штучного освітлення – комбінована, на виробництві прийняті люмінесцентні лампи типу ЛД-80 з потужністю 80 Вт та світловим потоком – 4200 Лм.

Для аварійного й евакуаційного освітлення передбачене застосування ламп розжарювання, поміщених у світильник "Альфа", а також переносних світильників "Універсаль" УП-200, напругою 12В.

При відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

8.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

У відділенні попереднього очищення води, згідно ДСН 3.3.6.0.37-99, рівень звуку не повинен перевищувати 50 дБА. Фактичний рівень шуму складає 46 дБА, що відповідає нормі. Джерелами шуму є механічні фільтри, баки з мішалками, освітлювачі, електроприводи апаратів, насосів, матеріали зернистої загрузки механічних фільтрів (антрацит).

Для захисту органів слуху від шуму використовують засоби індивідуального захисту - протишумові навушники або вушні тампони. При роботі з вібруючим устаткуванням передбачено 10-15 хвилинні перерви після кожної години роботи. Основне зниження шуму досягається в основному звукоізоляцією джерела або застосуванням глушників. Створюються мал шумні механічні передачі, розроблено способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторах.

Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування пружинних і гумових прокладок, спеціальних підкладок під устаткування.

Для контролю шуму використовують шумоміри, для контролю вібрації - прилад ВШВ-003.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

8.1.4 Електробезпека

Проектом передбачено здійснювати живлення електроустаткування від трифазної 4-х провідної електричної мережі змінного струму промислової частоти із глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Відповідно ГОСТ 12.1.038 - 82 допустимі рівні напруги дотику (U_d) і струму, що проходить через тіло людини (I_l) дорівнює: при нормальному режимі роботи електроустаткування $U_d = 2В$, а $I_l = 0.3мА$; при аварійному - відповідно 36В і 6мА. Припустимі значення струму й напруги:

- у нормальному режимі роботи $I_l = 0,3$ ма і $U_{пр} = 2$ В, при часі дії до 10 хв/добу;
- в аварійному режимі роботи: $I_l = 6$ ма і $U_{пр} = 36$ В, при контакті більше 1 с.

Однофазний дотик зустрічається набагато частіше, ніж двофазний. Такий дотик менш небезпечний, тому що до тіла людини прикладається лінійна напруга.

Струм, що проходить через людину в цьому випадку, складе:

$$I_l = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_l + R_0}, \text{ мА}$$

де $U_{\phi} = 220$ В – фазна напруга, В; $R_l = 2000$ Ом – опір тіла людини, Ом;

$R_0 = 30$ Ом – опір нейтралі заземлення, Ом.

$$I_l = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,8 \text{ мА}$$

При цьому напруга дотику складе:

$$U_{дот} = I_l \cdot R_l = 0,1098 \cdot 2000 = 219,6 \text{ В}$$

Висновок: розрахувавши струм, що проходить через людину і напругу дотику, і порівнявши їх з значеннями, що допустимі і нормовані за ГОСТ 12.1.038 – 82 ми бачимо, що експлуатація таких установок та порушення

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

вимог ПУЕ є небезпечною для здоров'я і життя людини. Тому необхідно вжити таких заходів, щодо забезпечення електробезпеки.

Ураження людей електричним струмом може виникнути в результаті дотику до відкритих струмоведучих частин, до струмопровідних не струмоведучих елементів устаткування, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електродугу.

У разі застосування огорож або оболонок, як заходу захисту від прямого дотику струмоведучі частини вміщені в оболонки або розташовані за огорожами. Також використовується подвійна ізоляція. З подвійною ізоляцією виготовляється апаратури розподільні коробки, вимикачі, розетки, корпуси, переносні світильники, електровимірювальні прилади.

Також передбачено електроблокування, що дозволяє виключати напругу при відкриванні дверей огорожень, дверей корпусів і кожухів і при знятті кришок.

Для забезпечення електробезпечності передбачені наступні технічні способи: захисний поділ мереж, заземлення.

Засоби захисту від статичної електрики, передбаченні проектом: заземлення металевих й електропровідних частин устаткування.

8.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

На підприємстві є механізми, які можуть завдати обслуговуючому персоналу травм, це:

- обертові деталі;
- апарати під тиском (до 0,6 МПа).

Можливі падіння людей з висоти 6м, тому вони огорожені перилами висотою до 1 м.

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму неправильної експлуатації обладнання, поломки обладнання можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Головні причини аварійних ситуацій: порушення герметичності установок, прорив транспортних труб, припинення подачі технологічної води, захаращеність робочих місць, порушення технологічного режиму, відключення електроенергії, невиконання правил з техніки безпеки та інші.

8.2 Пожежна безпека

Причинами пожежі у відділенні можуть бути:

- перенавантаження електрообладнання;
- теплова дія;
- механічне пошкодження електромережі;
- прямий удар блискавки в будівлю.

Протипожежними заходами є:

- встановлення плавких запобіжників;
- використання стержневих блискавковідводів.

Будівля корпусу відділення попереднього очищення води, де знаходиться відділення пом'якшення, збудована з негорючого матеріалу другого ступеня вогнестійкості. В якості сигналізації встановлені датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок. З метою дотримання правил пожежної безпеки у проекті передбачено такі запобіжні заходи: розділення апаратів протипожежними перегородками на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, протипожежний водопровід, ємності з піском і пожежні щити. Передбачається захист ізоляції від теплового впливу. Захист від прямих ударів блискавки забезпечується завдяки стержневим блискавковідводам. У відділенні для пригнічення пожежі передбачено сухий пісок, азбестові ковдри, порошкові вогнегасники, які є найбільш універсальними по області застосування й по робочому діапазоні температур. В приміщенні є два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі. Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 8.4

З метою встановлення особливого протипожежного режиму у відділенні встановлені місця для куріння, особливий порядок проведення вогневих робіт, порядок прибирання горючих та промаслених відходів, особливий порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, вентиляційного та технологічного обладнання. Електроенергію на випадок пожежі відключає електротехнічний персонал, або відділення електропостачання через диспетчера підприємства. Територія прибрана, освітлена, з вільними під'їздами до корпусів та твердим покриттям доріг та під'їздів.

Таблиця 8.4 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів

Реагенти що використовують у виробництві	Агрегатний стан речовини за н.у.	Показники пожежо- та вибухонебезпеки			Вогнегазні засоби	Категорія приміщення за ОНТП 24 - 86	Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок за ПУЕ	Категорія об'єкту і тип зони за устроєм блискавки захисту згідно СН 305 – 77
		Горючість	Температура спалахування, °С	Температура самоспалахування, °С				
Машинне мастило (насос)	Р	Горить	180	380	Порошок ПСБ і СН-2	Д	П – Па	Ша
Гума (ізоляція, одяг)	Тв	Горить	220	380	ОХП – 10			

В результаті обробки води коагулянтами, утворюються осади, які мають аморфну структуру та високий питомий опір фільтруванню. У промисловості після обробки осаду зневоднюючими реагентами та його фільтрування, отриманий шлам вивозять у шламонакопичувачі (відвали), наявність яких негативно впливає на екологію. Тому відділення є маловідходним, основний забруднювач – шлам, що утворюється в процесі освітлення, відноситься до IV класу небезпеки відходів, рівень небезпечності – малонебезпечний.

Метою даного розділу є аналіз джерел шкідливих відходів, які утворюються під час роботи підприємства і знайти рішення, які забезпечать їх екологічну утилізацію або доведення значень до рівня ГДК.

9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Єдиною екологічною проблемою даного виробництва є утворення твердого залишку – шламу, після проходження коагуляції. Стічні води в даному відділенні водопідготовки не утворюються, тому що система працює по принципу закритого циклу. Тобто, промивні води з механічних фільтрів, перміат з ультрафільтраційної установки, а також засолені води з На-катіонітових фільтрів повертаються назад в освітлювач і освітлюються разом з сирогою водою з природної водойми.

Накопичення шламових відходів на полігонах створює проблему екологічного характеру: відбувається забруднення гідросфери, атмосфери, ґрунтів, відчуження земельних ділянок та ін. На сьогоднішній день розроблені різні схеми поводження зі шламовими відходами водного господарства: підземне поховання в глибоких горизонтах на платформах, рекультивація відпрацьованих кар'єрів, повторне використання в якості нейтралізатора кислих стоків, регенерація з отриманням вапняного матеріалу, спалювання та інші [18].

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Шлам пройшовши шламоущільнювач у освітлювачі має 98-99% вологи, отже спочатку ми його повинні зневоднити, це проводиться за допомогою прес-фільтрів, після чого шлам має вологи вже 75-80 %. Частково осушений шлам направляють у спеціальні басейни, де під дією сонячного світла і тепла, шлам повністю висушується. Цей процес доволі тривалий, але не вимагає додаткових затрат. Після цього, висушений шлам або використовується у будівництві, а бо вивозиться на полігони.

Склад утвореного в результаті коагуляції шламу представлено в таблиці 9.1:

Таблиця 9.1 – Склад осаду після коагуляційного очищення

Склад твердої частини шламу, %мас				Вологість, %
Fe	SiO ₂	CaO	Інші домішки	
21	20	20	39	83
Перерахунок на вологий шлам, %мас.				
Fe	SiO ₂	CaO	Інші домішки	Вода
3,57	3,4	3,4	6,63	83
Густина компонентів при температурі 25°C, кг/м ³				
7840	2400	3540	2500	997,07

В процесі кислотного розчинення утворюється розчин коагулянту сульфату феруму (III), який забруднений органічною частиною, що перейшла в розчин з осаду.

Шлам є аналогом природних вапняків (переважно дрібнокристалічних кальцитів – масова частка сполук кальцію й магнію у перерахунку на карбонати складає до 86%), але має переваги за рахунок умісту більш дрібних фракцій і більшої розчинності у ґрунті.

9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Згідно з даними хімічного складу й властивостями шламу водоочисних підприємств, фахівцями розроблена ціла низка технологій із застосуванням

означених відходів в якості сировини у будівельній індустрії. Шлам економічно й екологічно доцільно застосовувати як карбонатвмісний матеріал у будівельному виробництві в умовах дефіциту природної сировини і пошуку нетрадиційних сировинних ресурсів.

Переважає більшість розроблених технологій виготовлення будматеріалів з використанням шламових відходів водоочищення передбачає етап їх високотемпературної обробки. Термічна обробка шламу переслідує виконання двох технологічних задач: зневоднення і видалення органічної речовини зі складу відходів. В основу технології регенерації шламу водоочищення з отриманням будівельного вапна і виготовлення в'язучих речовин покладено високотемпературне випалювання сировини за умов від 1000 °C і більше, яке супроводжується виділенням значної кількості CO₂ та інших газів, що загострює проблему глобального теплового й хімічного забруднення атмосферного повітря. Процес високотемпературного випалювання сприяє забрудненню навколишнього середовища радоном-222 (222Rn), що виділяється при цьому, і дочірніми продуктами його розпаду. У деяких технологічних схемах утилізації відходів передбачено активізацію шламів з отриманням на їх основі систем, що самостійно володіють в'язучими властивостями. Але, чим складніша технологія утилізації відходів, тим вона більш енергоємна і ресурсовитратна. Крім цього, питанням залишається екологічна доцільність впровадження таких технологій, які супроводжуються утворенням додаткових відходів-викидів, що загострює й без цього складну екологічну ситуацію у навколишньому середовищі. Тому при розробці технологічних схем утилізації шламових відходів водоочищення пріоритетними залишаються питання енерго- й ресурсозаощадження при їх реалізації. Важливості набуває економічно й технологічно обґрунтована розробка нових екологічно безпечних технологічних рішень з утилізації відходів виробництв за умов попередження забруднення навколишнього середовища, зниження обсягів використання природних ресурсів задля збереження екологічної рівноваги у довкіллі.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Виходячи з цих позицій, при розробці технології утилізації шламу водоочищення хочу запропонувати виключити високотемпературні процеси з метою попередження утворення токсичних викидів й збереження цілісності хімічного складу відходів протягом їх зневоднення. Для зневоднення шламів до 5–10 % вмісту води використовувати випарювання. При цьому при випаровуванні з відходів води ресурсоцінні мінеральна й органічна складові шламів залишаються. Висушений шлам можна використовувати в якості замітника природних карбонатних матеріалів при отриманні добавки-наповнювача для приготування бетонної суміші в технології виробництва фігурних елементів мостіння, що забезпечить зниження витрат в'язучої сировини при виготовленні продукції. Досвід роботи вітчизняних й зарубіжних підприємств показав еколого-економічну доцільність використання в якості замітника природних мінеральних добавок при виробництві бетонних сумішей відходів та побічних продуктів виробництв, що знижує витрати на будівництво.

9.3 Розрахунок екологічних платежів

Кількість шламу, що утвориться при вапнуванні з коагуляцією, визначається за рівнянням:

$$Q_{\text{ш.}} = C_{\text{вап.в.}} + 50 \cdot (T_{\text{Ca}^B} + D_{\text{в.}}) + 56 \cdot \alpha_{\text{д}} \cdot D_{\text{в.}} + 78 \cdot D_{\text{к.}}, \quad (9.1)$$

де $C_{\text{зв.р.}}$ – кількість зважених речовин у вихідній воді, г/м³; $\alpha_{\text{д}}$ – кількість домішок у вапняному молоці, що дозується (20-50%), частки од.

$$Q_{\text{ш.}} = 10 + 50 \cdot (3,6 + 4,9) + 56 \cdot 0,5 \cdot 4,9 + 78 \cdot 0,5 = 611,2 \text{ г/м}^3. \quad (9.2)$$

При захороненні твердих відходів введена ставка податку 15 грн/тонну. За захоронення твердих відходів у межах населеного пункту ця ставка збільшується у 3 рази [19].

Формула для розрахунку екологічних платежів за захоронення має наступний вигляд:

$$P = m \cdot C_T = 0,1528 \cdot 4,02 = 0,61 \frac{\text{грн}}{\text{год}} \quad (9.3)$$

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m - маса шламу, що утворюється за одну годину;

$$m = 250 \cdot 0,419025 = 152,8 \text{ кг/год}, \quad (9.4)$$

Ст – ставка за одну тонну, Ст = 4,02 грн/т.

Величина екологічного платежу на рік при безперервному режимі роботи становить:

$$P_{\text{рік}} = P \cdot 365 \cdot 24 = 5379,12 \text{ грн}. \quad (9.5)$$

Таким чином, у даному розділі описані можливі екологічні рішення при утилізації шламів. Оптимального рішення на даний час немає, але перспективне використання у будівельній промисловості, що є вигідним рішенням для зменшення витрат та екологізації виробництва.

9.4 Екологічний моніторинг

Моніторинг шламу проводиться на вміст таких речовин :

- вологість;
- загальний вміст заліза;
- вміст карбонатів;
- вміст SiO_2 .

Аналіз на вміст заліза проводиться фотометричним методом, на вміст карбонатів - тетриметричним, кількість SiO_2 визначають гравіметричним методом.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

10 ІННОВАЦІЙНА ЧАСТИНА

Коагуляція досить широко використовується для видалення з поверхневих вод як завислих частинок, так і високомолекулярних органічних сполук, до яких також відносяться гумусові речовини. Вони включають в себе гумінові та фульвокислоти. Фульвокислоти розчинні у всьому діапазоні рН, і саме тому їх важко видалити з води, на відміну від гумінових кислот, які нерозчинні лише у кислому середовищі.

Оскільки “червоний шлам” у своєму складі містить алюміній, титан та велику кількість заліза, то його доцільно використовувати як вторинну сировину для отримання залізовмісних або комплексних реагентів в процесах коагуляції для очищення поверхневих вод від гумусових речовин.

Метою дослідження є синтез комплексного коагулянту на основі відходів глиноземних виробництв “червоний шлам”, який містить в своєму складі оксиди заліза та алюмінію, і дослідження ефективності вилучення гумусових речовин отриманим комплексним коагулянтом у порівнянні з товарними коагулянтами (FeCl_3 та $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Тривалість коагуляції - 2 години.

В дослідженні були використані наступні матеріали: промислові коагулянти FeCl_3 та $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, комплексний коагулянт, отриманий кислотною активацією червоного шламу сульфатною кислотою, модель води з вихідною кольоровістю 69,4 градуси за хром-кобальтовою шкалою.

Встановлено, що комплексний коагулянт, отриманий кислотною активацією червоного шламу сульфатною кислотою є більш ефективним, ніж промислові коагулянти за рахунок того, що він містить у своєму складі сульфати алюмінію, заліза та титану, та може бути використаний у технології водоочищення для видалення гумусових речовин з поверхневих вод.

При дозах промислового залізного та алюмінієвого коагулянтів 200 мг/дм^3 досягнуто максимального ступеню очищення досліджуваної моделі води від гумусових речовин. Крім того, виявлено, що при використанні промислових залізного та алюмінієвого коагулянтів спостерігається зі збільшенням дози

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

коагулянту поява побічної кольоровості, що вносяться самими реагентами, в той час як комплексний коагулянт, маючи максимальний ступінь очищення при дозі 200 мг/дм³, має стабільно високу ефективність очищення з подальшим збільшенням його дози.

Комплексний коагулянт був отриманий шляхом обробки червоного шламу сульфатною кислотою з подальшим фільтруванням. Розчинення компонентів червоного шламу сульфатною кислотою відбувалося протягом одного тижня, з періодичним підігрівом. Осад, який не розчинився, був відфільтрований. З 10 г червоного шламу, обробленого сульфатною кислотою $C_{H_2SO_4} = 3\%$, отримано 250 см³ комплексного коагулянту. Концентрація заліза $C_{Fe} = 138$ мг/см³, $C_{Al} = 4$ мг/см³, $C_{Ca} = 1,2$ мг/см³. Результати рентгено-фазового аналізу червоного шламу та коагулянту винесені на плакат інноваційної частини.

Отже, було доведено доцільність використання промислових залізного та алюмінієвого коагулянтів та синтезованого комплексного коагулянту для очищення води від гумусових речовин. Встановлено, що комплексний коагулянт, отриманий кислотною активацією червоного шламу сульфатною кислотою є достатньо ефективним, за рахунок того, що він містить у своєму складі сульфати алюмінію, заліза та титану, та може бути використаний у технології водоочищення для видалення гумусових речовин з поверхневих вод. Для встановлення закономірності вилучення гумусових речовин з використанням цього коагулянту необхідні подальші дослідження в залежності від рН середовища, дози, часу коагуляції та інших факторів. Коагулянт можна використовувати для очищення стічних вод бід барвників.

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

ВИСНОВКИ

В дипломному бакалаврському проекті розроблено відділення попереднього очищення води для технологічних потреб ТЕЦ та приведено технологічну схему та схему основного апарату. Розраховано технологічне обладнання у відповідності із заданою продуктивністю $250 \text{ м}^3/\text{год}$.

Розраховано витратні коефіцієнти для реагентів: доза вапна $D_v = 4,9 \text{ мг-екв/дм}^3$, витрата коагулянту $Q_{\text{к.доб.}} = 257,4 \text{ кг/добу}$, витрата ПАА на добу $Q_{\text{ПАА}}^{\text{доб.}} = 6,6 \text{ кг/доб.}$, витрата вапна у вигляді Ca(OH)_2 $Q_{\text{в.доб.}} = 906,8136 \text{ кг/добу}$.

Представлено схему автоматизації процесу, що передбачає контроль та регулювання витрати та концентрації реагентів у трубопроводах, рівня води та реагентів в баках, перепаду тиску на механічному фільтрі, рН освітленої води у трубопроводі.

В ході виконання економіко-організаційних розрахунків було встановлено собівартість очищеної води за рік $C = 13533658,6 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$, вартість капіталовкладень у відділення $K = 19826929,9 \text{ грн}$, вартість щорічних амортизаційних відрахувань $A = 1103713,67 \text{ грн}$, вартість оборотних засобів виробництва $ОбЗ = 12429944,9 \text{ грн}$, та собівартість освітленої води, яка становить $6,49 \text{ грн/м}^3$.

У розділі екологічної безпеки відділення наведено джерела виникнення відходів та описано переваги закритої схеми, що не містить стічних вод. Описано методи утилізації твердого шламу. Розраховано економічний платіж $P_{\text{рік}} = 5379,12 \text{ грн}$.

В інноваційній частині досліджено ефективність вилучення гумусових речовин з води комплексним коагулянтном на основі червоного шламу.

Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Запольский, А.К. Очистка воды коагулированием: [Монография] – Каменец-Подольский: ЧП «Медоборы - 2006», 2011. -296с.
2. Пантелеев, А.А. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке /А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хружин; - М.: ДеЛи плюс, 2012 – 439с.
3. Режимна карта експлуатації освітлювача ВТІ-250і ст. № 1,2 ВПУ Енергогенеруюча компанія “Укр-Кан Пауер”(АК “Дарницька ТЕЦ “)
4. Антрацит и антрацитовая крошка [Електронний ресурс]. Режим дос-тупу <http://htaqua.ru/catalog/54/>, вільний. – Загол. екрана. – Мова рос.
5. Компанія «Хімпостачання»: Обладнання – Матеріали – Сировина [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.himsnab.com.ua/ua/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.
6. Каталог продукції НПО «Екософт» [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://ecosoft.ua/>, вільний.
7. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник / Запольський А.К. – К.: Вища шк. – 2005. – 671с.
8. Астрелін І.М., Ратнавіра Х. Фізико-хімічні методи очищення води. Керування водними ресурсами. Проект «Водна Гармонія», 2015. Підручник, 577 с.
9. Оборудование предочистки с осветлителями и его эксплуатация [Електронний ресурс] – режим доступу: http://twf.mpei.ac.ru/books/vve/CH2.4_pg1.htm вільний.
10. Павлов, К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие

					ХНЗ211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

для вузов/Под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

11. «Dow Chemical» [Електронний ресурс] – режим доступу: www.filmtec.com, вільний.

12. Розрахунок основних параметрів ультрафільтраційних мембран [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://uf-inge.ru>, вільний.

13. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. – М.: Энергия, 1976. – 286 с.

14. Лукінюк, М.В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія»/ М. В. Лукінюк. — К.: НТУУ «КПІ», 2012. — 336 с.: іл. — Біблігр.: с. 328-330. — 300 пр. — ISBN 978-966-622-520-0, ISBN 978-966-622-531-6.

15. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с.

16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

17. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

18. Пасенко А.В. Экологический аспект схем обращения с отходами водо-очистки теплоэлектростанций [Текст] / А.В. Пасенко: Екологічна без-пека. – 2012. – №2. – С. 29–32.

19. Платежі за забруднення, їх види та критерії нарахування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/25530/>, вільний. – За-гол. з екрана. – Мова укр.

					ХН3211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Код	Завод-виробник	Кількість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
УСТАТКУВАННЯ ТА ПРИЛАДИ									
1-1	Температура	Вода, трубопровід	30...40 °С	Трубопровід 1в	Термоперетворювач опору платиновий, НСХ 50П, діапазон вимірювання (-50)...60 °С, $P_{\max} = 25$ МПа	ТСП-1288		НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк	1 од.
1-2 2-4 5-2 9-2 10-2 12-2 13-2 14-2 15-2 18-2 19-2	—	—	—	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; входні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД		ЗАТ „Промышленная группа «Метран»”, м. Челябинськ	11 од
2-1	рН	Вода, трубопровід	6...8	Трубопровід 1ос	Первинний вимірювальний перетворювач магістрального виконання з електродами ЭХСВ-1 і регулятором тиску РДС-1	ДМ-5М		Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель	1 од.
2-2	—	—	—	Місцевий	Проміжний перетворювач; діапазон вимірювання (ДВ) -1...14, вихідний сигнал $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА	П-215М		«Гомельський завод измерительных приборов», м. Гомель	1 од.
17-1	Перепад тиску	Механічний фільтр	30 кПа	Місцевий	Вимірювальний перетворювач різниці тисків $\Delta P_{\max} = 63$ кПа; $P_{\text{доп}} = 1,6$ МПа; $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА, 0(4) ...20 мА, $U_{\text{вих}} = 0...5$ В, 0...10В	КВАНТ ДДЦ1, мод. 2420/М3		НВФ «АГАТ-1», м. Харків	1 од.

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17-2	—	—	—	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад $U_{ВХ}=0...100$ мВ, $I_{ВХ}=0...20$ мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	РМТ-49Д		НПП «ЭЛЕМЕР», м. Менделєєво Московської Області	1 од.
3-1	Витрата	Вода		Трубопровід 1в	Діафрагма стандартна камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 75$ мм	ДКС 0,6-75		ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	6 од.
4-1		Вапняне молоко	0,5м³/год	Трубопровід 28					
6-1		Вапняне молоко	1,3м³/год	Трубопровід 28					
7-1		Коагулянт		Трубопровід 29					
8-1		ПАА	0,34м/год	Трубопровід 30					
11-1		Вода		Трубопровід 1ос					
3-2 4-2 6-2 7-2 8-2 11-2	—	—	—	Місцевий	Дифманометр безшкальний із квадратичною функцією перетворення; $\Delta P_{\max} = 40$ кПа; клас точності 1; $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа	13ДД11 (мод. 720)		ВО «Теплоприбор», м. Рязань	6 од.
3-3 4-3 6-3 7-3 8-3 11-3	—	—	—	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний реєструвальний; витрата повітря живлення – 6,5 л/хв, $P_{\text{жив}} = 0,14$ МПа, $P_{\text{вх}} = 20...100$ кПа	ПКР.1П		АТ «Саранский приборостроительный завод», м. Саранськ	6 од.

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-3	Темпе- ратура			Щит ке- рування	Блок регулювальний електричний, пропорційно-інтегральний, 0...200 Ом (ТО – 2 входи), $U_{\text{вх}} = 0...50$ мВ (ТП – 1 вхід), $I_{\text{вх}} = 0...5$ мА (1 вхід),	РП4-Т		ВО «Электроприбор», м. Чебоксарі	1 од.
3-4 4-4 6-4 7-4 8-4 11-4 12-3 14-3 15-3	–	–	–	Щит ке- рування	Регулятор пневматичний про- порційно-інтегральний (си- стема СТАРТ); витрата повітря живлення – 4,5 л/хв, $P_{\text{жив}} = 0,14$ МПа, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа	ФР0091		АТ «ТИЗПРИБОР», м. Москва	9 од.
9-1	Конце- нтрація	Вапняне молоко	4,9 мг- екв/дм ³	Трубопро- від 28	Первинний (проточний) перетво- рювач кондуктометричного ана- лізатора рідини АЖК-1; діапазон вимірювання 0...10, 0...100, 0...1000 мСм/см; температура робочого середовища 0...100 °С, тиск до 1 МПа, термокомпенса- ція забезпечується у межах ± 15 °С; $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА	АЖК- 1.1		НВО «Автоматика», м. Володимир	2 од.
10-1		Коагулянт	0,5 мг- екв/дм ³	Трубопро- від 29					
5-1 12-1 13-1 14-1 15-1 18-1 19-1	Рівень	Вода, баки	3,5 м	Апарати 3, 4, 5, 6, 8 та 9	Рівнемір буйковий з пневматич- ним передавальним перетво- рювачем, $L_{\text{мах}} = 4$ м, $p_{\text{доп}} = 4$ МПа, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа	УБ-ПА		ВО «Теплоприбор», м. Рязань	7 ком- плектів

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-4	Темпера- тура			Трубопро- від 1н	Електродвигунний виконавчий механізм однообертовий, 16 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 25 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с	МЭО- 16/25- 0,25-82		Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан	1 од.
3-5 4-5 6-5 7-5 8-5 11-5 12-4 14-4 15-4	Сенсор кінцевого поло- ження ре- гулю- вального органу	Кінцеве по- ложення		Трубопро- від	Механізм виконавчий мембранний пневматичний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером; робоча хода штока (залежно від діаметра мембрани: 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм) 10, 16, 25, 40, 60 мм; $P_{живл} = 0, 25$ МПа	МИМП ППХ 05		ВАТ «Прикарпат- промарматура», м. Івано-Франківськ	9 од.
2-3 3-7 4-7 6-7 7-7 8-7 11-7 12-6 13-6 14-6	–	–	–	Щит керу- вання	Перетворювач електропневматичний, $I_{вх} = 0 \dots 5$ мА, $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа; граничнодопустима основна похибка $\pm 0,5$; $P_{жив} = 140$ кПа; діапазон робочих температур $(-30) \dots 50$ °С	МТМ 810		ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк	10 од.
3-6 4-6 6-6 7-6 8-6 11-6 12-5 13-5 14-5	–	–	–	Щит керу- вання	Перетворювач пневмoeлектричний, $P_{вх} = 20 \dots 100$ кПа; $I_{вих} = 0 \dots 5$ (0...20 мА, 4...20 мА); $P_{max} = 400$ кПа; $P_{жив} = 140$ кПа; діапазон робочих температур $5 \dots 50$ °С; монтаж на Din-рейку; індикація вимірюваного параметра	МТМ40 00PI		ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк	9 од.

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЕЛЕКТРОАПАРАТИ									
SB1, SB2	Витрата	Насоси Н-1, Н-2	80 м ³ /год	Щит ке- рування	Пост керування кнопковий, кіль- кість елементів управління -2, номінальна робоча напруга 220, 380, 660 В	ПКУ- 123-11		ЗАТ «Променергоав- томатика», м. Київ	5 од.
SA1 SA2	Темпе- ратура, витрата	—	—	Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна —440 В, номінальний тепловий струм — 10 А	КМЕ- 5111 УЗ		ТОВ «Кам'янець-По- дільський електро- механічний завод»	6 од.
МП1	Темпе- ратура	Вода, тру- бопровід	30...40 °С	Місцевий	Пускач магнітний безконтактний нереверсивний $I_n = 160$ А; $U_n =$ 220, 380, 660 В, номінальна потуж- ність 45 кВт	ПМ12- 160210 У2 В		ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	1 од.
МП2	Витрата	—	—	Місцевий	Пускач магнітний безконтактний реверсивний; $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $W_{жив} = 10$ В·А	ПБР-3А		ВО «Электропри- бор», м. Чебоксари	5 од.
HL1	Витрата	Насоси Н-1, Н-2	80 м ³ /год	Місцевий	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим індикатором («СТОП»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц	ЛС 47-1		«ІЕК Україна», м. Київ	5 од.
HL2	Витрата	Насоси Н-1, Н-2	80 м ³ /год	Місцевий	Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором («СТОП»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц	ЛС 47-1		«ІЕК Україна», м. Київ	5 од.
HL3	Перепад тиску	Механічни й фільтр	—	Щит ке- рування	Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ- 11-Ж-2- 220		ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	1 од.