

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ В.В. Галиш

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Екологічна безпека»

спеціальності 101 «Екологія»

**на тему: «Модернізація схеми очистки гальванічних стоків підприємства
ДАХК "Артем"»»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ЛЕ-21

Ільницька Христина Петрівна

Керівник:

К.т.н, ст.викл.

Оверченко Т.А.

Консультант з розділу «Охорона праці»:

К.т.н., ст. викл. каф. ОППЦБ

Ковтун А.І.

Рецензент:

К.т.н., доцент, завідувач кафедрою МАХНВ

Андрій Степанюк

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2026 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ЛЕ21. 00.026 ПЗ	Пояснювальна записка	84	
3	A1	ДП ЛЕ21. 01.026 ТС	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП ЛЕ21. 02.026 ПЦ	План цеху на відм. +0,000	1	
5	A1	ДП ЛЕ21. 03.026 ПЦ	Поперечний розріз цеху	1	
6	A1	ДП ЛЕ21. 04.026 ПР	Повздовжній розріз цеху	1	

				ДП ЛЕ-21 07.026		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Ільницька Х.П.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Оверченко Т.А.				1	1
Консульт.	Ковтун А.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-21	
Н/контр.						
В. о Зав.каф.	Галиш В.В.					

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Модернізація схеми очистки гальванічних
стоків підприємства ДАХК «Артем»»

Київ – 2026 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології
Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 101 «Екологія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ В.В Галиш

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Ільницькій Христині Петрівні

1. Тема проєкту «Модернізація схеми очистки гальванічних стоків підприємства ДАХК "Артем"», керівник проєкту Оверченко Т.А., к.т.н, ст.викл, затверджені наказом по університету від «19» травня 2026 р. №1817-С

2. Термін подання студентом проєкту: 09.06.2026

3. Вихідні дані до проєкту: Продуктивність установки – 400 м³/добу; концентрація шестивалентного хрому – 55 мг/дм³; концентрація трьохвалентного хрому – 10 мг/дм³; концентрація сульфат заліза у витратному баці – 1%; концентрація гідроксид натрію в розчинному баці – 20%; концентрація гідроксид натрію в розчинному баці – 3 %; доза флокулянту – 4 мг/дм³; концентрація флокулянту у розчинному баці – 1%; концентрація флокулянту у витратному баці – 0,1%; рН – 6,5 – 9,0; концентрація завислих речовин на виході з відстійника – 30 мг/ дм³; вологість осаду після відстійника – 98%; вологість осаду після фільтрпреса – 65%.

4. Зміст пояснювальної записки: вступ, технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки обладнання, об'ємно-планувальні рішення будівлі, охорона праці, висновок, список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема, план цеху на відмітці + 0.000, повздовжній та поперечний розріз цеху, характеристики обладнання та будівлі.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун А.І., к.т.н., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	20.04 – 17.05	
2	Обґрунтування технологічної схеми	18.05 – 20.05	
3	Проведення технологічних розрахунків	21.05 – 28.05	
4	Оформлення пояснювальної записки	29.05 – 01.06	
5	Виконання креслень	02.06 – 06.06	

Студент

Ільницька Х.П.

Керівник

Оверченко Т.А.

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт: 70 ст., 6 табл., 9 рис., 8 додатків, 4 креслення формату А1, 7 використаних літературних джерел.

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки та графічних матеріалів. Пояснювальна записка містить чотири розділи: технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки обладнання, об'ємно-планувальні рішення будівлі та охорона праці. В технологічній частині було обґрунтовано вибір технологічної схеми та здійснено розрахунок матеріального балансу та очисних споруд. В будівельній частині обрані необхідні складові для будівлі приміщення для можливості розміщення обладнання. В розділі охорони праці наведено фактори негативного впливу на діяльність робітників та заходи з покращення умов праці у санітарній лабораторії. Креслення виконані на форматі А1.

Тема дипломного проєкту - «Модернізація схеми очистки гальванічних стоків підприємства ДАХК "Артем"».

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ГАЛЬВАНІЧНІ СТОКИ, ЗВОРОТНІЙ ОСМОС, ФІЛЬТРАЦІЯ, ІОННИЙ ОБМІН, ВІДСТІЙНИК, НАСОС, ШЛАМОСХОВИЩЕ

					НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Ільницька Х.П.						1	
Керівник	Оверченко Т.А.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП гр. ЛЕ-21		
Консульт.	Ковтун А.І.							
Н. Контр.								
Зав. каф.	Гомеля М.Л.							

ABSTRACT

Thesis project: 70 p., 6 tables, 9 figures, 8 annexes, 4 drawings of A1 format, 7 used literary sources.

The thesis project consists of an explanatory note and graphic materials. The explanatory note contains four sections: technological part, technological and hydraulic calculation equipment, volumetric and planning solutions of the building and labor protection. In the technological part, the choice of the technological scheme was justified and the calculation of the material balance and treatment facilities was carried out. In the construction part, the necessary components for the building of the premises for the possibility of placing equipment are selected. The occupational safety section presents factors of negative impact on the activities of workers and measures to improve working conditions in the sanitary laboratory. The drawings are made in A1 format.

The topic of the diploma project is "Modernization of the galvanic effluent treatment scheme of the Artem State Chemical Industry and Chemical Industry Enterprise".

TECHNOLOGICAL SCHEME, GALVANIC EFFECTS, REVERSE OSMOSIS, FILTRATION, ION EXCHANGE, SETTLEMENT, PUMP, SLUDGE STORAGE

					НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Ільницька Х.П						2	
Керівник	Оверченко Т.А					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП гр. ЛЕ-21		
Консульт.	Ковтун А.І.							
Н. Контр.								
Зав. каф.	Гомеля М.Л.							

ЗМІСТ

ВСТУП.	11
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНОЇ ВОДИ, ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ОЧИЩЕНОЇ ВОДИ	12
1.2. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ.....	14
1.3. РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ	16
1.4. ТЕОРЕТИЧНІ ДАНІ ПРО ПРОЦЕСИ ВОДООЧИЩЕННЯ.....	28
1.4.1. ВПЛИВ ХРОМУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	28
1.4.2. РЕАГЕНТНИЙ МЕТОД ОЧИЩЕННЯ.....	30
1.4.3. ВІДСТОЮВАННЯ.....	36
1.4.4. НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ	39
1.4.5. ОСАДЖЕННЯ	41
1.4.6. ФЛОКУЛЯЦІЯ	44
1.4.7. ПЕРЕМІШУВАННЯ.....	47
1.4.8. ФІЛЬТРАЦІЯ.....	51
1.4.9. ЗВОРОТНІЙ ОСМОС.....	52
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОБЛАДНАННЯ	55
2.1. РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО	55
2.2. НАКОПИЧУВАЧ ХРОМОВМІСНИХ СТОКІВ.....	57
2.3. РЕАКТОРИ ВІДНОВЛЕННЯ І НЕЙТРАЛІЗАТОР	58
2.4. РОЗРАХУНОК ТОНКОШАРОВОГО ВІДСТІЙНИКА	58

2.5. РОЗРАХУНОК ВУГІЛЬНОГО ФІЛЬТРУ	60
2.6. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЧНОГО ФІЛЬТРУ	63
2.7. ЗВОРОТНООСМАТИЧНА УСТАНОВКА	65
2.8. РЕЗЕРВУАР ЧИСТОЇ ВОДИ.....	66
2.9. НАКОПИЧУВАЧ ШЛАМУ	67
2.10. РОЗРАХУНОК ШЛАМОСХОВИЩА	67
2.11. ФІЛЬТР-ПРЕС	67
2.12. НАСОСИ	68
2.13 РОЗРАХУНОК ВІДСТІЙНИКА-УСЕРЕДНЮВАЧА.....	68
3. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ БУДІВЛІ.....	72
3.1. КОЛОНИ.....	72
3.2. ФУНДАМЕНТИ	74
3.3. СТІНИ.....	75
3.4. СЕГМЕНТНІ ФЕРМИ	75
3.5. ПЛИТИ ПОКРИТТЯ.....	76
3.6. ПІДЛОГА	77
3.7. ВІКНА	77
3.8. ДВЕРІ	77
3.9. ВОРОТА.....	77
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.	78
4.1. ПОВІТРЯ РОБОЧОЇ ЗОНИ.....	78
4.2. ОСВІТЛЕННЯ.	80

4.3. ВИРОБНИЧИЙ ШУМ.	82
ВИСНОВОК.....	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	84
ДОДАТКИ.....	85

ВСТУП

Наймасштабніше споживання води серед підприємств належить гальванічному виробництву, через наявність у ньому найбільшої кількості шкідливих та токсичних стічних вод.

Промивні води, в яких містяться не один вид важких металів, являються зі змішаним складом, оскільки з'єднуються з кислотно-лужними водами. Гальванічне виробництво має дані води як основний вид відходів.

Через неможливість відділення металів із шламів, процес очистки даних стоків достатньо ускладнений.

Реагентний метод при очищенні гальваностоків є найбільш розповсюдженим, оскільки значення ГДК у стічних водах з мінімальним вмістом важких металів виконується саме цим методом. Велика кількість шламу з наявними токсичними сполуками важких металів, є найбільшою негативною рисою реагентного методу.

Основний склад сполук у стічних водах у гальванічному виробництві – трьохвалентний та шестивалентний хром.

Основна мета проєкту складає в проєктуванні комплексу споруд, які за допомогою реагентного методу, будуть здійснювати очистку промивних вод від хроматів. Промивка деталей після хромування та знешкодження неякісного покриття створює хромовмісні стоки. Через те, що трьохвалентний та шестивалентний хром є отруйним для живих організмів, очистка стічних вод у гальванічному виробництві від відходів сполук хрому є пріоритетом.

При виконанні проєкту було проведено розрахунок апаратів, стверено технологічну схему та план розташування приладів у цеху. З каналізаційних колодязів очищена вода надходить в каналізацію Києва.

					Пояснювальна записка	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика стічної води, вимоги до якості очищеної води

Хромвмісні стоки поступають на очисні споруди в кількості 400 м³/добу.

Характеристика показників стічної води, наведена у таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 - Характеристики стічної води

№	Показник, одиниці вимірювання	Значення
1	Концентрація Cr^{6+} , мг/дм³	55
2	Концентрація Cr^{3+} , мг/дм³	10
3	pH	6,9 – 8,5

Надалі скид очищеної води відбувається в каналізацію. Після очистки, для можливості потрапляння в каналізаційну мережу, перед скидом, вода має не перевищувати показники, які вказані у таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Вимоги до якості очищеної води перед скидом у каналізацію

№ з/п	Показники якості стічних вод	Одиниця виміру	Допустима концентрація
1.	Завислі та спливаючі речовини	г/куб.м	300
2.	Біохімічне споживання кисню (БСК ₅)	г/куб.м	200
3.	Хімічне споживання кисню (ХСК)	г/куб.м	500
4.	Сухий залишок	г/куб.м	1000
5.	Сульфати	г/куб.м	380
6.	Хлориди	г/куб.м	240

7.	Амоній (азот амонійний, аміак)	г/куб.м	20
8.	Нітрити	г/куб.м	3,3
9.	Нітрати	г/куб.м	45,0
10.	Фосфати	г/куб.м	8,0
11.	Нафтопродукти	г/куб.м	4,5
12.	СПАР (аніонні, неіоногенні)	г/куб.м	20,0
13.	Феноли	г/куб.м	0,14
14.	Формальдегід	г/куб.м	0,68
15.	Ціаніди	г/куб.м	0,5
16.	Сульфід	г/куб.м	1,5
17.	Алюміній	г/куб.м	2,72
18.	Залізо (загальне)	г/куб.м	2,0
19.	Кадмій	г/куб.м	0,05
20.	Марганець	г/куб.м	0,68
21.	Мідь	г/куб.м	0,3
22.	Нікель	г/куб.м	0,6
23.	Свинець	г/куб.м	0,1
24.	Срібло	г/куб.м	0,05
25.	Цинк	г/куб.м	0,9
26.	Хром ⁶⁺	г/куб.м	0,1
27.	Хром (загальний)	г/куб.м	2,3
28.	Жири рослинні та тваринні	г/куб.м	50
29.	рН	одиниць рН	6,5 – 9,0
30.	Температура	°С	Не вище 40

1.2. Вибір та обґрунтування технологічної схеми

Схема очистки стічних вод перед потраплянням у каналізаційну мережу в цьому проєкті реалізована за допомогою реагентного методу.

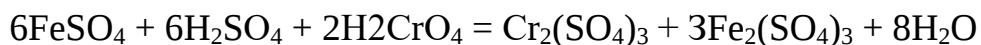
Для можливості виконання даного наміру була здійснена добірка певного комплексу очисних споруд.

В цьому проєкті хром (VI) який має концентрацію 55 мг/дм³ і хром (III) який має концентрацію 10 мг/дм³, являються забруднюючими речовинами.

За допомогою реагентів відновників - бісульфіту натрію (NaHSO₃), сульфиту натрію (Na₂SO₃), сульфату заліза FeSO₄ (II) і піросульфиту натрію (Na₂S₂O₅) на першому етапі очистки вдається відновити Cr⁶⁺ до Cr³⁺.

Знешкодження хромовмістких стоків в цьому проєкті здійснюється за допомогою відновлення токсичного шестивалентного хрому у кислому середовищі до не дуже токсичного тривалентного розчину сульфату заліза. У лужному середовищі, осадження трьохвалентного хрому відбувається у вигляді пластівців гідроксиду.

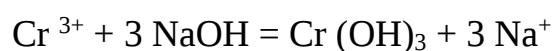
При неправильному зберіганні, FeSO₄ без зусиль окислюється до Fe₂(SO₄)₃, що в подальшому створює труднощі у дозуванні розчину солі заліза. Проте, навіть з такими промисловими труднощами, його перевага полягає в тому, що він економічно доступний і не вимагає великих зусиль при використанні. Окрім кислого середовища, відновлення хрому солями двохвалентного заліза, здійснюється швидко і у лужному і нейтральному середовищі. Через це, немає потреби у підкисленні стічних вод, при використанні реагенту сульфату заліза (II). Необхідний рН для проведення реакції відновлення складає – 4-7. Надлишковий реагент додається для відновлення Cr⁶⁺ до Cr³⁺. При використанні FeSO₄ реакція відновлення сполук Cr⁶⁺ → Cr³⁺ складає:



					Пояснювальна записка	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для можливості здійснення даної реакції передбачено введення розчинного баку в технологічну схему. Надалі, реагент відновник переміщується з розчинного баку у витратний та потрапляє в реактор першого порядку. Регулярне розмішування дає можливість досягнути часу контакту у реакторі на половину години.

У результаті гідроокису, за допомогою гідроксиду натрію, здійснюється осад відновленого хрому (III), вже на наступному етапі реагентного знешкодження хромовмісних стоків:



Після відновлення стічних вод сульфатом заліза (II), у другому реакторі проводиться введення розчину NaOH 3 %. У витратному баці, гідрооксид натрію насосами потрапляє з розчинного баку, після чого вже надходить у реактор. Потім, стічні води переходять з реактору другого порядку у тонкошаровий відстійник. Насосами витратного баку, розчин поліакриламід уступає у відстійник. У відстійнику вилучається осад, який потрапляє в шламонакопичувач, через те, що має велику частку вологості. Для зменшення вологості осаду використовується шламонакопичувач. Після фільтру осад утримується в шламосховищі.

Після тонкошарового відстійника, стічні води надходять у механічний та вугільний фільтр. Вода подається за допомогою насосів. У фільтрах відбувається додаткове очищення яка надалі дозволяє зменшити кількість забруднюючих речовин яке буде надходити у наступну установку.

Очищена стічна вода після механічного та вугільного фільтру поступає на установку зворотнього осмосу. У запропонованій схемі очищення стічних вод, що містять хром, зворотний осмос використовується як передовий етап очистки після седиментації. Мембранна система видаляє залишки розчинених сполук хрому, солей та інших забруднювачів, що залишаються після реагентної обробки,

					Пояснювальна записка	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тим самим значно покращуючи якість стічних вод. Пермеат, отриманий з блоку зворотного осмосу, може бути повторно використаний у технологічному процесі або скинутий відповідно до екологічних норм, тоді як концентрований потік відходів потребує подальшої обробки або утилізації. Такий підхід підвищує загальну ефективність очищення та сприяє збереженню води завдяки повторному використанню очищеної води.

Надалі йде розподілення очищеної води: насосом частка води передається у витратний та розчинний бак для розведення реагентів, друга частина води скидається в каналізацію.

З шламосховища накопичений шлам подається на переробку та захоронення.

Відповідно, дана технологічна схема дає досягнути задовільний рівень очистки стічних вод від сполук хрому для можливості її скидання в каналізацію міста Києва.

1.3.Розрахунок матеріального балансу

Формуємо таблицю вихідних даних для проведення розрахунку матеріального балансу.

Таблиця 1.3 - Дані для розрахунку матеріального балансу

Показник, одиниці вимірювання	Значення
Витрата хромвмісних стоків, м ³ /добу	400
Концентрація Cr ⁶⁺ , мг/дм ³	55
Концентрація Cr ³⁺ , мг/дм ³	10
Концентрація FeSO ₄ у витратному баці, %	1
Концентрація NaOH в розчинному баці, %	20

Концентрація NaOH у витратному баці, %	3
Доза флокулянту, мг/дм ³	4
Концентрація флокулянту у розчинному баці,%	1
Концентрація флокулянту у витратному баці,%	0,1
pH	6,5 – 9,0
Концентрація завислих речовин на виході з відстійника, мг/дм ³	30
Вологість осаду після відстійника, %	98
Вологість осаду після фільтрпреса, %	65

Блок-схема, або нормативна технологічна схема, по якій проводиться розрахунок матеріального балансу, вказана на рис. 1.1.

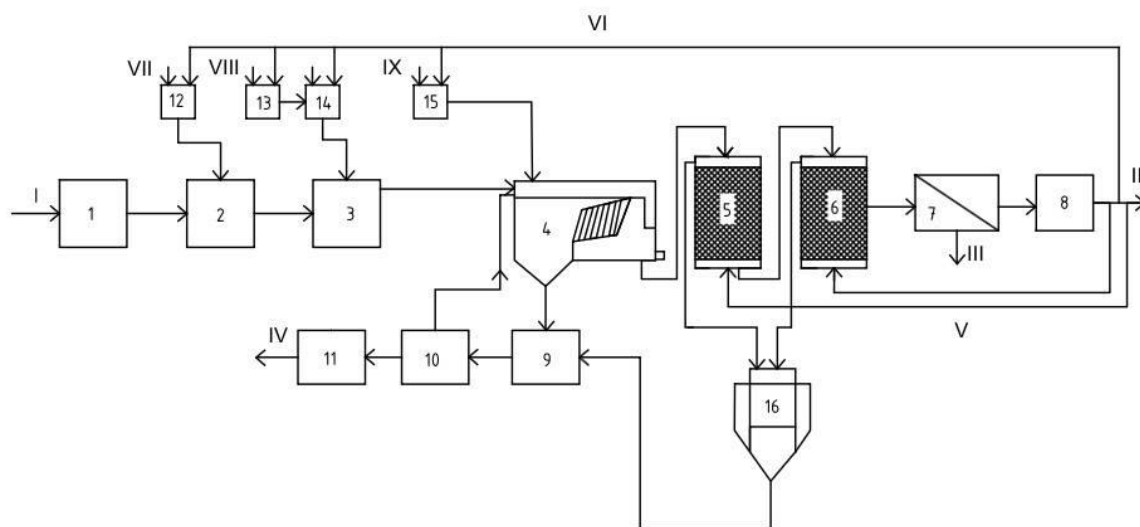


Рис. 1.1. Технологічна-схема

Умовні позначення:

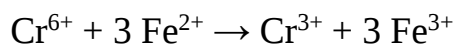
- 1 – накопичувач хромвмісних стоків;
- 2 – реактор відновлення;
- 3 – реактор осадження;

- 4 – тонкошаровий відстійник;
- 5 – вугільний фільтр;
- 6 – механічний фільтр;
- 7 – фільтр зворотнього осмосу;
- 8 – резервуар очищеної води;
- 9 – шламонакопичувач;
- 10 – фільтр-прес;
- 11 – шламосховище;
- 12 – витратний бак сульфату заліза (II);;
- 13 – розчинний бак NaOH;
- 14 – витратний бак NaOH;
- 15 – витратний бак флокулянту;

Потоки:

- I – подача стічної води на очищення;
- II – скид очищеної води в каналізацію;
- III – скид у каналізацію підприємства;
- IV – скид шламу на захоронення;
- V – подача води на фільтри;
- VI – подача води на розведення;
- VII – подача FeSO₄;
- VIII – подача NaOH;
- IX – подача флокулянту.

У реакторі відновлення відбувається даний процес:



Концентрація FeSO₄, яка необхідна для відновлення хрому (VI), визначаємо за допомогою стехіометрії:

					Пояснювальна записка	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$55 \text{ мг/дм}^3 \text{ Cr}^{6+} - x \text{ мг/дм}^3 \text{ Fe}^{2+}$$

$$52 \text{ г/моль } \text{Cr}^{6+} - 3 \cdot 56 \text{ г/моль } \text{Fe}^{2+}$$

$$x = 177,69 \text{ мг/дм}^3 \text{ Fe}^{2+}$$

З цього визначаємо FeSO_4 :

$$56 \text{ г/моль } \text{Fe}^{2+} - 152 \text{ г/моль } \text{FeSO}_4$$

$$177,69 \text{ мг/дм}^3 \text{ Fe}^{2+} - x \text{ мг/дм}^3 \text{ FeSO}_4$$

$$x = 482,31 \text{ мг/дм}^3 \text{ FeSO}_4$$

Відповідно, треба мати $482,31 \text{ мг/дм}^3 \text{ FeSO}_4$.

З гальванічного цеху, 10%-й розчин FeSO_4 надходить у витратний бак.

Для введення в 400 м^3 води треба маса FeSO_4 :

$$M_{\text{FeSO}_4} = \frac{C_{\text{FeSO}_4} \cdot Q}{10^4 \cdot P} = \frac{482,31 \cdot 400}{10^4 \cdot 10} = 1,929 \text{ т/добу},$$

де $P=10\%$ - вміст безводного продукту.

Можемо визначити витрату чистого FeSO_4 :

$$1,929 \cdot 0,1 = 0,1929 \text{ т/добу}.$$

$$\text{Вміст води: } 1,929 - 0,1929 = 1,7361 \text{ т/добу}.$$

У витратний бак вводиться FeSO_4 з концентрацією 1%, тоді:

$$0,1929 - 1\%$$

$$x - 99\%$$

$$x = \frac{0,1929 \cdot 99}{1} = 19,0971 \text{ т}.$$

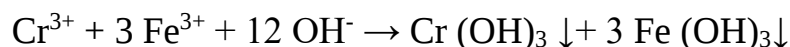
Також необхідно ще додати води:

$$19,0971 - 1,7361 = 17,361 \text{ т}.$$

Відповідно у реактор відновлення надходить розчину:

$$1,929 + 17,361 = 19,29 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

В реакторі осадження здійснюється процес, який описується реакцією:



					Пояснювальна записка	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер прораховуємо потрібну кількість NaOH для осадження, і скільки утворилося осадів $\text{Cr}(\text{OH})_3$ і $\text{Fe}(\text{OH})_3$, за допомогою стехіометрії.

Добова витрата флокулянту:

$$Q_{\phi} = \frac{Q \cdot D_{\phi}}{10000 \cdot P} = \frac{400 \cdot 4}{10000 \cdot 8} = 0,02 \text{ т/добу},$$

де $D_{\phi} = 4 \text{ мг/дм}^3$ – доза флокулянту, $P = 8\%$ - вміст безводного компоненту.

Витрата чистого ПАА:

$$0,02 \cdot 0,08 = 0,0016 \text{ т/добу}.$$

Вміст води:

$$0,02 - 0,0016 = 0,0184 \text{ т/добу}.$$

Тоді, маючи концентрацію флокулянту 1% у розчинному баку:

$$0,0016 - 1\%$$

$$x - 99\%$$

$$x = \frac{0,0016 \cdot 99}{1} = 0,1584 \text{ т}.$$

Необхідно додати води:

$$0,1584 - 0,0184 = 0,14 \text{ т}.$$

Розраховуємо кількість необхідної води, маючи у витратному баці концентрацію флокулянту 0,1%, що має бути для отримання розчину з такою концентрацією:

$$0,0016 - 0,1\%$$

$$x' - 99,9\%$$

$$x' = \frac{0,0016 \cdot 99,9}{0,1} = 1,5984 \text{ т}.$$

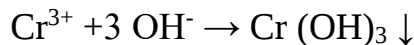
Після чого, необхідно ще додати води:

$$1,5984 - 0,1584 = 1,44 \text{ т}.$$

Тоді, розчин ПАА у реактор осадження надходить у кількості:

$$0,1584 + 1,44 = 1,5984 \text{ м}^3/\text{добу}$$

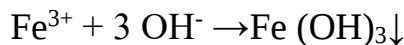
					Пояснювальна записка	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$52 \text{ г/моль } \text{Cr}^{3+} - 3 \cdot 40 \text{ г/моль } \text{NaOH}$$

$$55 + 10 \text{ мг/дм}^3 (\text{Cr}^{6+} + \text{Cr}^{3+}) - x \text{ мг/дм}^3 \text{NaOH}$$

$$x = 150 \text{ мг/дм}^3 \text{NaOH}.$$



$$56 \text{ г/моль } \text{Fe}^{3+} - 120 \text{ г/моль } \text{NaOH}$$

$$177,69 \text{ мг/дм}^3 \text{Fe}^{2+} - x \text{ мг/дм}^3 \text{NaOH}$$

$$x = 380,7 \text{ мг/дм}^3 \text{NaOH}.$$

Таким чином, сумарна кількість NaOH складає 530,7 мг/дм³.

Витрата NaOH на добу:

$$Q_{\text{NaOH}} = \frac{Q \cdot C_{\text{NaOH}}}{10000 \cdot P} = \frac{400 \cdot 530,7}{10000 \cdot 100} = 0,21228 \text{ т/добу}.$$

Необхідна кількість води для приготування у розчинному баці 20% - го розчину:

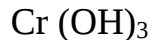
$$Q_{\text{NaOH}}^{20} = \frac{Q_{\text{NaOH}} \cdot 80}{20} = \frac{0,21228 \cdot 80}{20} = 0,849 \text{ т/добу}.$$

Необхідна кількість води для приготування у витратному баці 3% - го розчину:

$$q_{\text{NaOH}}^3 = \frac{Q_{\text{NaOH}} \cdot 97}{3} = \frac{0,21228 \cdot 97}{3} = 6,864 \text{ т/добу}.$$

Для того, щоб приготувати 3% - й розчин NaOH у витратний бак необхідно додати води :

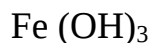
$$Q_{\text{NaOH}}^3 = q_{\text{NaOH}}^3 - Q_{\text{NaOH}}^{20} = 6,864 - 0,849 = 6,375 \text{ т/добу}.$$



$$52 \text{ г/моль } \text{Cr}^{3+} - 103 \text{ г/моль } \text{Cr}(\text{OH})_3$$

$$(55+10) \text{ мг/дм}^3 \text{Cr}^{3+} - x \text{ мг/дм}^3 \text{Cr}(\text{OH})_3$$

$$x = 128,75 \text{ мг/дм}^3 \text{Cr}(\text{OH})_3$$



$$56 \text{ г/моль } \text{Fe}^{3+} - 107 \text{ г/моль } \text{Fe}(\text{OH})_3$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$177,69 \text{ мг/дм}^3 \text{ Fe}^{3+} - x \text{ мг/дм}^3 \text{ Fe(OH)}_3$$

$$x = 339,51 \text{ мг/дм}^3 \text{ Fe(OH)}_3$$

Тоді, створюється шламу $468,26 \text{ мг/дм}^3$.

Концентрація завислих речовин на виході з відстійника становить 30 мг/дм^3 . Концентрація на вході $468,26 \text{ мг/дм}^3$. Концентрація ущільненого осаду при ущільненні протягом доби приймається рівною $\delta = 40\,000 \text{ г/м}^3$ при вмісті змулених речовин $468,26 \text{ мг/дм}^3$.

За сухою речовиною, за добу утворюється, дана кількість шламу:

$$M_{\text{ш}}^{\text{сух}} = \frac{(C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}}) \cdot Q}{10^6} = \frac{(468,26 - 30) \cdot 400}{10^6} = 0,175 \text{ т/добу.}$$

Об'єм шламу:

$$W_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{ш}} \cdot 10^6}{\delta} = \frac{0,175 \cdot 10^6}{40000} = 4,38 \text{ м}^3/\text{ддобу}$$

Об'єм шламу при гідравлічному транспортуванні:

$$W_{\text{ш}}' = 1,5 \cdot W_{\text{ш}} = 1,5 \cdot 4,38 = 6,57 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Після фільтр-пресу вологість осаду складає 65%, тому маса води в осаді:

$$0,175 - 35\%$$

$$x - 65\%$$

$$x = 0,325 \text{ т.}$$

Шлам, який йде на захоронення:

$$m_{\text{ос+вод}} = 0,175 + 0,325 = 0,5 \text{ т.}$$

Об'єм фільтрату після фільтр - пресу:

$$6,57 - 4,38 = 2,19 \text{ м}^3.$$

Розраховуємо сегмент зворотного осмосу. Завдяки ефективності процесу зворотного осмосу, яка складає 75%, утворюється об'єм концентрату:

$$Q_k = Q \cdot 0,25$$

$$Q_k \text{ зв.ос} = 400 \cdot 0,25 = 100 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Q – об'єм води, який знесолюється протягом доби, м^3 .

Далі здійснюємо розрахунок механічного фільтра:

					Пояснювальна записка	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{Q}{T \cdot V_H - 3,6 \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 - t_2 \cdot V_H \cdot n}$$

$$F = \frac{400}{24 \cdot 5 - 2 \cdot 3,6 \cdot 14 \cdot 0,1 - 0,33 \cdot 5 \cdot 2} = 3,75 \text{ м}^2$$

Q – об'єм води, який фільтрується за добу, м³;

T – час роботи станції протягом доби, $T = 24$ год;

V_H – швидкість фільтрування, $V_H = 5 - 10$ м/год;

ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, $\omega = 12 - 18$ дм³/с · м²;

t_1 – час промивання фільтру, $t_1 = 0,1$ год;

n – число промивань фільтру, $n = 2$;

t_2 – час простою фільтрів у зв'язку з промивкою:

при водній промивці $t_2 = 0,33$ год,

при водоповітряній $t_2 = 0,5$ год.

Кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2}$$

$$N = \frac{\sqrt{3,75}}{2} \approx 1.$$

Площа одного фільтра:

$$F_1 = \frac{F}{N}$$

$$F_1 = \frac{3,75}{1} = 3,75$$

Витрати води на промивання одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \times F_1$$

$$q_{\text{пром}} = 14 \times 3,75 = 52,5 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Так як для 1-го фільтру $t = 0,1$ год. = 6 хв = 360 сек, а $n = 2$, значить витрачається на промивку одного фільтру за добу:

					Пояснювальна записка	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q'_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot t_1 \cdot n$$

$$q'_{\text{пром}} = 52,5 \cdot 360 \cdot 2 = 37,8 \text{ м}^3$$

Швидкість фільтрування за форсованого режиму, м/год:

$$V_{\phi} = \frac{N}{N-N_1} V_H$$

$$V_{\phi} = \frac{1}{1-0} * 5 = 5$$

N – число фільтрів;

N_1 – число фільтрів, відключених на ремонт: $N < 20$, $N_1 = 1$;

Загальна висота фільтру:

$$H = H_{\text{п.з}} + H_{\text{ф.з}} + H_{\text{в}} + H_{\text{д}} + h_{\text{б}}$$

$$H = 0,7 + 1,5 + 2 + 1,13 + 0,5 = 5,83 \text{ м}$$

$H_{\text{д}}$ – додатковий рівень води, що створюється при відключенні одного з фільтрів на промивку, м;

$H_{\text{п.з}}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{\text{п.з}} = 0,7 \text{ м}$;

$H_{\text{ф.з}}$ – фільтруюче завантаження, $H_{\text{ф.з}} = 1,5 \text{ м}$;

$h_{\text{б}}$ – будівельний запас висоти, $h_{\text{б}} = 0,3 - 0,5 \text{ м}$;

$H_{\text{в}}$ – висота шару води, $H_{\text{в}} \sim 2 \text{ м}$.

Формула для розрахунку $H_{\text{д}}$:

$$H_{\text{д}} = \frac{W_{\text{д}}}{F_{\text{с}}}$$

$$H_{\text{д}} = \frac{23,925}{21,105} = 1,13 \text{ м}$$

Додатковий об'єм води, м^3 :

$$W_{\text{д}} = F_1 V_{\text{н}} t_2$$

$$W_{\text{д}} = 2,24 * 5 * 0,33 = 3,7 \text{ м}^3$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_2 – час простою фільтру в зв'язку з промивкою, год; F_1 – площа одного фільтру, м²;

V_n – нормальна швидкість фільтрування, м/год.

Відстань між відгалуженнями складає 250 – 350 мм. Дренажну систему розраховуємо за режимом промивки. Визначимо витрату води у колекторі при промивці, м³/с:

$$q_k = F_1 \omega \cdot 10^{-3}$$

$$q_k = 3,75 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,0525$$

F_1 – площа фільтру;

ω - інтенсивність промивки, $\omega = 14$ дм³/с · м².

Розраховуємо площу перерізу, м²:

$$f_k = \frac{q_k}{V_k}$$

$$f_k = \frac{0,0525}{1} = 0,0525$$

V_k – швидкість руху води в колекторі при промивці, $V_k = 0,8 - 1,2$ м/с.

Діаметр колектора, м:

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{0,0525}{3,14}} = 0,26 \text{ м}$$

Витрата води у відгалуженнях, м³/с:

$$q_v = \frac{q_k}{n}$$

$$q_v = \frac{0,0525}{40} = 0,0013125$$

При двосторонньому розміщенні число відгалужень буде:

$$n = \frac{2B \cdot 10^3}{l}$$

$$n = \frac{2 \cdot 6 \cdot 10^3}{300} = 40$$

Площа перерізу відгалуження, м²:

$$f_v = \frac{q_v}{V_v}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_B = \frac{0,0013125}{1,6} = 0,000820312 \text{ м}^2$$

V_B – швидкість руху води у відгалуженні, 1,6 – 2 м/с.

Діаметр відгалуження, м:

$$d_B = 2 \sqrt{\frac{f_B}{\pi}}$$

$$d_B = 2 \sqrt{\frac{0,000820312}{3,14}} = 0,032$$

Витрата води в 1-му жолобі:

$$q_K = \frac{q_K}{n_{ж}}$$

$$q_K = \frac{0,0525}{1} = 0,0525$$

Повний фільтроцикл зворотного осмосу T_o триває 120 – 180 хвилин.

Візьмемо середнє значення промивки зворотно-осмотичної установки, з витратою води $q_v = 20 \text{ м}^3/\text{год}$, і з цього виходить, що мембрани мають промиватися один раз на 150 хвилин, відповідно витрата води становить:

$$q_{пр.зо} = 24 \cdot 60 / T_o \cdot q_v \cdot 3 / 60 = 24 \cdot 60 / 150 \cdot 20 \cdot 3 / 60 = 9,6 \text{ м}^3/\text{добу}$$

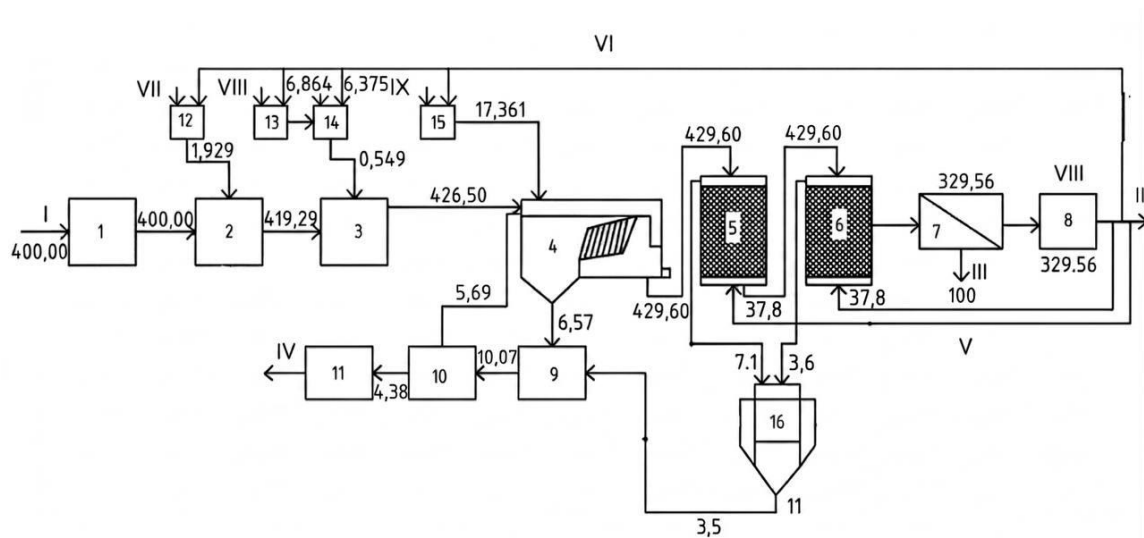


Рис. 1.2. Блок-схема матеріального балансу

Таблиця 1.4 - Матеріальний баланс

№	Назва потоку	Витрата	
		м ³ /добу	т/добу
1	Подача води на очищення	400	
2	Подача води з реактора відновлення в реактор осадження	419,29	
3	Подача води у відстійник	423,75	
4	Подача води у резервуар чистої води	420,56	
5	Вода у витратний бак FeSO ₄	17,361	
6	Вода у розчинний бак NaOH	0,849	
7	Вода у витратний бак NaOH	6,375	
8	Вода у розчинний бак флокулянту	0,14	
9	Вода у витратний бак флокулянту	1,44	
10	Всього води на приготування розчинів	6,375	
11	Подача FeSO ₄ у витратний бак		1,929
12	Подача NaOH у розчинний бак		6,864
13	Подача флокулянту у розчинний бак		0,849
14	Подача шламу в шламосховище з відстійника	6,57	
15	Подача шламу на фільтр - прес	6,57	
16	Вода після фільтрпресу	2,19	
17	Шлам на утилізацію		4,38
18	Вода на фільтри	0,0525	
19	Вода на зворотно-осматичну установку	9,6	

1.4. Теоретичні дані про процеси водоочищення

1.4.1. Вплив хрому на навколишнє середовище

Хром є одним із найпоширеніших важких металів, що потрапляють у навколишнє середовище внаслідок антропогенної діяльності. Він широко використовується в металургійній, гальванічній, хімічній та машинобудівній промисловості, а також у виробництві пігментів, фарб, антикорозійних покриттів та консервантів для деревини. Значна кількість хромовмісних відходів та стічних вод утворюється в процесах хромування металів, виробництва нержавіючої сталі та видобутку хромової руди. За відсутності належного очищення ці забруднювачі можуть потрапляти в поверхневі та ґрунтові води, ґрунти та атмосферне повітря, створюючи серйозну екологічну небезпеку.

У природному середовищі хром існує переважно у двох стабільних формах: тривалентному Cr (III) та шестивалентному Cr (VI). Тривалентний хром значно менш токсичний і має низьку рухливість у навколишньому середовищі. Шестивалентний хром, навпаки, є однією з найбільш токсичних форм важких металів. Завдяки високій розчинності у воді, Cr(VI) легко транспортується водними потоками, проникає крізь шари ґрунту та може досягати підземних водоносних горизонтів. Саме тому навіть локальні джерела забруднення можуть спричиняти масштабне поширення хрому на значні відстані від місця його потрапляння в навколишнє середовище.

Потрапляючи у водойми, сполуки хрому погіршують якість води та порушують природні процеси функціонування водних екосистем. Особливо небезпечний шестивалентний хром, який негативно впливає на водні організми навіть у відносно низьких концентраціях. Він може спричинити пошкодження клітинних структур, порушення обмінних процесів, пригнічення росту та розмноження водних організмів. Внаслідок тривалого забруднення спостерігається зменшення біологічного різноманіття водойм, погіршення умов

					Пояснювальна записка	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

життя риб та інших представників водної фауни, а також порушення природних механізмів самоочищення водних екосистем.

Забруднення хромом також становить серйозну загрозу для ґрунтового середовища. Після потрапляння в ґрунт сполуки хрому можуть накопичуватися протягом багатьох років або навіть десятиліть. Високі концентрації хрому пригнічують активність ґрунтових мікроорганізмів, які відіграють ключову роль у процесах мінералізації органічної речовини та кругообігу поживних речовин. В результаті фізико-хімічні властивості ґрунту погіршуються, знижується його родючість та здатність підтримувати нормальний розвиток рослинних організмів. Крім того, хром може поступово мігрувати в глибші горизонти ґрунту, створюючи ризик забруднення ґрунтових вод.

Негативний вплив хрому поширюється і на рослинний світ. При підвищених концентраціях цей метал накопичується в кореневій системі та надземних органах рослин, викликаючи фізіологічні порушення. Хром здатний пригнічувати фотосинтез, порушувати водний баланс рослин, знижувати інтенсивність росту та розвитку, а також викликати хлороз листя та пошкодження кореневої системи. В результаті погіршується продуктивність рослин та знижується стійкість екосистем до зовнішніх впливів.

Особливе занепокоєння викликає здатність хрому накопичуватися в біологічних ланцюгах. Забруднювач може переходити з води та ґрунту до рослин, а потім до тварин та людини. Така міграція сприяє поступовому накопиченню токсичних сполук у живих організмах та збільшує ризик негативних наслідків для здоров'я населення. Через високу токсичність, канцерогенні та мутагенні властивості шестивалентний хром класифікується як пріоритетний небезпечний забруднювач, вміст якого контролюється на міжнародному рівні.

Стійкість сполук хрому в навколишньому середовищі є ще одним фактором екологічної небезпеки. На відміну від багатьох органічних забруднювачів, важкі метали не є біорозкладними та можуть тривалий час зберігатися в природних

					Пояснювальна записка	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

екосистемах. Тому навіть після припинення забруднення його наслідки можуть проявлятися протягом багатьох років. Це зумовлює необхідність використання ефективних методів очищення хромовмісних стічних вод безпосередньо на підприємствах.

Працівники, які вдихають високі концентрації шестивалентного хрому, можуть відчувати такі наслідки для здоров'я, як: подразнення слизової оболонки носа, виразки в носі, нежить, проблеми з диханням (хрипи, кашель, задишка).

Контакт шкіри з деякими сполуками шестивалентного хрому може спричинити виразки та алергічні реакції.

Якщо їжа або вода забруднені високими концентраціями шестивалентного хрому, може виникнути подразнення слизової оболонки шлунка та кишечника, а також пошкодження чоловічої репродуктивної системи.

Сполуки шестивалентного хрому класифікуються як відомі канцерогени для людини. Вони можуть спричинити рак легенів у працівників, які зазнають впливу високих концентрацій у повітрі. У дослідженнях, де люди та тварини протягом тривалого часу зазнавали впливу високих рівнів шестивалентного хрому в питній воді, повідомлялося про підвищений ризик пухлин шлунка.

1.4.2. Реагентний метод очищення

Очищення стічних вод включає видалення, трансформацію або нейтралізацію забруднюючих речовин, що містяться у стічних водах, а також дезінфекцію для знищення шкідливих мікроорганізмів. Існує безліч методів видалення важких металів, включаючи біохімічні, іонообмінні, електрохімічні, мембранні, сорбційні, реагентні та інтегровані методи очищення.

Мембранні технології, такі як зворотний осмос та ультрафільтрація, широко визнані ефективними методами видалення хрому. Ці процеси забезпечують високу ефективність очищення та дозволяють як повторно використовувати воду, так і відновлювати розчинені сполуки. Їхні переваги

					Пояснювальна записка	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включають низькі енергоємності, компактний розмір обладнання та простоту експлуатації. Тим не менш, забруднення мембран, спричинене накопиченням затриманих речовин, може з часом знижувати продуктивність системи. Крім того, відносно низька стійкість мембран до агресивних хімічних середовищ та їх висока вартість обмежують їх застосування, особливо для висококонцентрованих стічних вод, що містять хром. Мембранні процеси зазвичай використовуються як передові етапи полірування, а не як самостійні методи очищення гальванічних стічних вод.

Сорбційні методи, що використовуються для очищення стічних вод гальванічних процесів, включають адсорбцію та іонний обмін. Різні природні та синтетичні пористі матеріали можуть бути використані як сорбенти для видалення хрому. Ці методи ефективні для зниження концентрації хрому; однак їх промислове застосування часто обмежене складністю регенерації сорбенту та проблемами, пов'язаними з його багаторазовим використанням. Необхідність періодичної заміни або регенерації відпрацьованих сорбентів може збільшити експлуатаційні витрати та ускладнити управління процесом.

Серед сорбційних технологій метод іонного обміну отримав широке застосування в багатьох країнах завдяки своїй високій ефективності у видаленні розчинених іонів металів. Один з найпоширеніших підходів включає екстракцію та відновлення шестивалентного хрому, Cr(VI), за допомогою двоколонної системи, заповненої сильнокислотою катіонообмінною смолою та сильноосновною аніонообмінною смолою відповідно. Така конфігурація забезпечує ефективне відділення та відновлення сполук хрому з потоків стічних вод.

Незважаючи на свої переваги, іонний обмін вимагає ретельної попередньої обробки стічних вод для видалення зважених твердих речовин, масел та жирів, які можуть негативно вплинути на характеристики смоли та скоротити термін її служби. Ще одним суттєвим недоліком є утворення регенераційних розчинів

					Пояснювальна записка	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(елюатів) та промивних вод, які потребують подальшого очищення або утилізації. Більше того, загальний обсяг скидання солей, пов'язаний з процесами іонного обміну, зазвичай у 2,5–3 рази вищий, ніж утворюється за допомогою традиційних методів хімічного осадження. Отже, хоча іонний обмін забезпечує чудову ефективність видалення металів та можливість відновлення хрому, його впровадження часто супроводжується додатковими експлуатаційними та екологічними проблемами, пов'язаними з управлінням відходами та вторинним очищенням стічних вод.

Біохімічні методи передбачають видалення важких кольорових металів зі стічних вод гальванічних процесів за допомогою біологічних процесів з використанням сульфатредуючих бактерій. Ці мікроорганізми перетворюють розчинені сполуки металів у нерозчинні форми, що сприяє їх відділенню від стічних вод.

Видалення шестивалентного хрому, Cr (VI), також може бути досягнуто за допомогою електрохімічних методів, які базуються на застосуванні електричної енергії під час електролізу водних розчинів електролітів. Електрохімічна обробка здатна знизити концентрацію хрому до рівнів, що відповідають нормативним стандартам скидання. Однак впровадження цієї технології часто пов'язане з відносно високим споживанням енергії та експлуатаційними витратами.

Серед доступних технологій очищення хімічний (на основі реагентів) метод залишається найбільш широко використовуваним на промислових об'єктах. Цей підхід базується на серії хімічних реакцій, включаючи окислення, відновлення, нейтралізацію, коагуляцію та осадження. В результаті цих процесів токсичні забруднювачі перетворюються на менш небезпечні сполуки, які можна видалити зі стічних вод разом з утвореним шламом.

У гальванічній промисловості хромовмісні стічні води утворюються переважно з промивних вод, пов'язаних з хромуванням, хроматуванням, травленням міді та латуні, анодуванням алюмінію, електрохімічним

					Пояснювальна записка	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поліруванням та видаленням дефектних покриттів. Хром у стічних водах переважно присутній у своїй найнебезпечнішій формі – шестивалентному хрому Cr (VI). Сполуки тривалентного хрому Cr (III) зустрічаються рідше та в основному утворюються шляхом відновлення Cr (VI) іонами Fe (II), органічними відновниками або під час процесів травлення міді.

Очищення хромовмісних стічних вод зазвичай проводиться у два основні етапи:

1. Відновлення шестивалентного хрому, Cr (VI), до тривалентного хрому, Cr (III);
2. Осадження хрому у формі гідроксиду хрому, Cr (OH)₃.

Цей двоступеневий процес очищення широко застосовується, оскільки він ефективно перетворює високотоксичний та рухомий Cr (VI) у менш небезпечну форму Cr (III), яку потім можна видалити зі стічних вод шляхом осадження та відділення осаду.

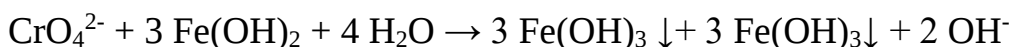
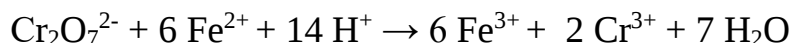
Для відновлення шестивалентного хрому можна використовувати різні відновлювачі, включаючи сульфід заліза, сульфід кальцію, перекис водню, формальдегід та інші хімічні сполуки.

Для відновлення однієї масової частини Cr (VI) може знадобитися до шістнадцяти частин відновлювача. Необхідне дозування залежить від концентрації шестивалентного хрому у стічних водах, а також від рН середовища. Швидкість відновлення Cr (VI) до Cr (III) сильно залежить від умов рН. Найвища швидкість реакції досягається в кислому середовищі при рН 2,0–2,5, що зазвичай вимагає додавання сірчаної кислоти для зниження рН. Однак слід уникати надмірного дозування відновлювача. Навіть невеликі надлишки можуть призвести до утворення сірчаної кислоти та комплексних сполук хрому, що може ускладнити подальші процеси очищення.

На додаток до звичайних відновлювачів, деякі реагенти можна застосовувати без попереднього підкислення стічних вод. Одним з

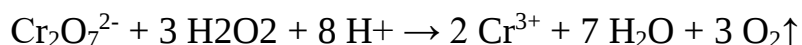
					Пояснювальна записка	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найпоширеніших прикладів є сульфат заліза (FeSO_4). Відновлення шестивалентного хрому солями двовалентного заліза відбувається з достатньо високою швидкістю не лише в кислих умовах, але й у нейтральному та лужному середовищах. Ця характеристика спрощує процес очищення та робить сульфат заліза одним з найбільш практичних та широко використовуваних відновлювальних агентів для очищення хромвмісних стічних вод.



Отже, коли як відновник використовується сульфат заліза (FeSO_4), немає потреби в попередньому підкисленні стічних вод. Реакція відновлення може ефективно проходити в діапазоні pH 4–7, що спрощує процес очищення та зменшує витрату хімікатів. Щоб забезпечити повне перетворення Cr(VI) на Cr(III), зазвичай додають невеликий надлишок відновника.

Пероксид водню (H_2O_2) часто використовується для очищення хромвмісних стічних вод з високою концентрацією хрому. У цьому випадку відновлення шестивалентного хрому Cr(VI) до тривалентного хрому Cr(III) відбувається за такою реакцією:



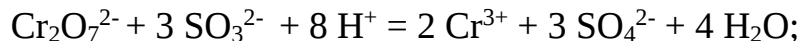
Для прискорення процесу відновлення часто застосовується надлишок перекису водню (H_2O_2). У ситуаціях, коли звичайні відновлювальні агенти недоступні, як альтернативний відновлювальний матеріал можна використовувати деревну стружку. У цьому методі розбавлені стічні води, що містять хром, змішуються із сірчаною кислотою та деревною стружкою, при

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

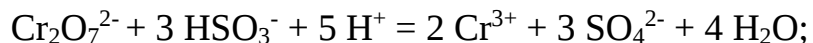
цьому подається стиснене повітря для забезпечення ефективного перемішування. Однією з головних переваг використання деревної стружки є те, що її можна використовувати повторно багато разів, що робить процес більш економічним.

Натрієві солі сірчистої кислоти також широко використовуються як відновлювальні агенти при очищенні стічних вод, що містять хром. Найпоширенішими сполуками є сульфїт натрію (Na_2SO_3), бісульфїт натрію (NaHSO_3) та метабісульфїт натрію ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$). Ці реагенти ефективно відновлюють шестивалентний хром до менш токсичної тривалентної форми за такими реакціями:

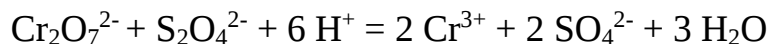
- відновлення сульфїтом натрію:



- відновлення бісульфатом натрію:



- відновлення дітіонїтом натрію:



Після завершення реакцій відновлення хрому, стічні води, що містять хром, нейтралізуються за допомогою хімічних речовин, таких як кальцинована сода (карбонат натрію), вапняне молоко або гідроксид натрію (каустична сода). На цьому етапі тривалентний хром перетворюється на нерозчинний гідроксид хрому, який потім можна відокремити від очищеної води.

Шлам, що утворюється під час процесу хімічної обробки, згодом направляється на утилізацію або подальшу переробку. Завдяки своїй ефективності та простоті експлуатації, хімічний (реагентний) метод очищення широко використовується для видалення важких та кольорових металів зі стічних вод гальванічних процесів.

Переваги реагентного методу:

1. Можливість очищення стічних вод, що містять складну суміш забруднюючих речовин;

					Пояснювальна записка	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Висока універсальність та застосовність до різних складів стічних вод;
3. Проста експлуатація та керування процесом;
4. Немає потреби окремо обробляти промивні води та концентровані потоки стічних вод.

Недоліки реагентного методу:

1. Він не завжди досягає лімітів скидів, необхідних для рибного господарства та екологічно чутливих водойм;
2. Значне споживання хімічних реагентів;
3. Вимога великих площ для зберігання та управління утвореним шламом.

Незважаючи на ці обмеження, реагентна обробка залишається однією з найпоширеніших технологій гальванічного покриття стічних вод завдяки своїй надійності, відносно низьким капітальним витратам та здатності ефективно видаляти хром та інші важкі метали з промислових стічних вод.

1.4.3. Відстоювання

Седиментація – це процес розділення грубодисперсної рідкої системи на різні фази під впливом сили тяжіння, або в умовах спокою, або під час повільного потоку рідини.

Очищення стічних вод шляхом седиментації здійснюється в піскоуловлювачах, відстійниках, очисниках та інших очисних спорудах. Залежно від напрямку потоку води, відстійники можна класифікувати як вертикальні, горизонтальні, радіальні або комбіновані. Ці установки здатні видаляти з стічних вод зважені частинки розміром менше 0,25 мм. У запропонованій схемі очищення для процесу седиментації використовується горизонтальний пластинчастий очисник (похилий пластинчастий відстійник), оскільки він забезпечує ефективно розділення твердої та рідкої фази, займаючи при цьому відносно невелику площу.

Для частинок однакового розміру швидкість осідання збільшується зі збільшенням щільності частинок і зменшується зі збільшенням в'язкості рідкої

					Пояснювальна записка	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фази. Тому при проектуванні седиментаційних споруд важливо враховувати зміни в'язкості води, особливо коли очікуються значні коливання температури, оскільки температура безпосередньо впливає на ефективність осідання частинок.

У концентрованих суспензіях седиментація відбувається не як вільне осідання окремих частинок, а як утруднене (колективне) осадження. За цих умов більші та швидше осідаючі частинки мають тенденцію захоплювати дрібніші частинки, рухаючись вниз, прискорюючи процес освітлення та сприяючи утворенню прозоріших шарів рідини у верхній частині відстійника. Це явище сприяє ефективнішому відділенню завислих твердих речовин від стічних вод та покращує загальну продуктивність відстійників.

Седиментація – це широко використовуваний метод очищення для відділення дисперсних частинок від рідин та видалення механічних домішок з води. Для ефективного осадження система не повинна піддаватися інтенсивному перемішуванню, сильним конвективним потокам або структуроутворенню, які можуть перешкоджати осіданню зважених частинок. Природні води, що забираються з поверхневих джерел води, зазвичай містять зважені тверді речовини з щільністю, вищою за щільність води; тому їх можна вважати суспензіями.

Ефективність процесу осадження визначається, перш за все, швидкістю осідання зважених частинок, що безпосередньо впливає як на необхідний час утримання, так і на розмір седиментаційних установок. Одним з ключових факторів, що впливають на тривалість процесу, є розподіл частинок за розмірами (ступінь дисперсії). Загалом, більші частинки осідають швидше, ніж менші, що призводить до ефективнішого очищення.

У найпростішому випадку вільно осідаючих сферичних частинок швидкість осідання можна описати законом Стокса. Однак стічні води та природні водні системи зазвичай містять полідисперсні суспензії, що складаються з частинок різного розміру. У таких системах більші частинки

					Пояснювальна записка	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осідають першими та утворюють осад, тоді як дрібніші частинки залишаються зваженими протягом тривалішого періоду, створюючи повільно осідаючий шар каламутності. У міру прогресування седиментації концентрація завислих речовин у верхніх шарах зменшується, що призводить до поступового освітлення рідини.

Частинка, що знаходиться у зваженому стані в рідині або парі під час процесу осідання, піддається дії кількох сил, включаючи силу тяжіння, опір рідини (силу опору) та силу інерції. Взаємодія цих сил визначає рух частинки та швидкість осідання в середовищі:

$$\frac{g(\rho - \rho_0)d^2}{18\mu} = U$$

де U – швидкість осідання часток, м²/с;

g – прискорення вільного падіння, м²/с;

ρ - густина частки, т/м³;

ρ_0 - густина частки, т/м³;

d – діаметр частки, м;

μ - динамічна щільність, г/см²·с.

Згідно із законом Стокса, швидкість осідання може бути точно визначена лише для однорідних частинок, що мають однакову щільність та форму. У випадку природних та стічних систем, де гідравлічний розмір частинок (характеристика осідання) часто невідомий, зазвичай проводяться експериментальні дослідження. Під час цих досліджень суспензію спочатку гомогенізують, потім дають їй осісти в контрольованих умовах, і висоту шару освітленої води вимірюють з часом.

Для систем, що містять однорідні частинки, процес осідання можна описати за допомогою наступного співвідношення:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де часу t_1 , дорівнює висоті шару освітленої води h_1 ;

а часу t_2 , дорівнює висоті шару освітленої води h_2 .

Швидкість осідання (U) розраховується за допомогою наступного рівняння:

$$U = \frac{h_1}{\left(t_2 \frac{h_1}{h_2}\right)^n}$$

де n – емпіричний коефіцієнт, що враховує нелінійність процесу седиментації в дисперсних системах. Цей параметр відображає той факт, що частинки осідають нерівномірно та можуть взаємодіяти одна з одною під час седиментації.

Значення швидкості осідання (U) є важливим параметром проектування, який використовується при визначенні розмірів та розрахунку відстійників. Він визначає необхідний час утримання та допомагає забезпечити ефективне відділення зважених твердих речовин від стічних вод.

Ефективна робота відстійників значною мірою залежить від конструкції систем розподілу та збору води. Рівномірний розподіл вхідного потоку по всьому резервуару забезпечує оптимальне використання доступного об'єму відстоювання, покращує ефективність седиментації та підвищує загальну продуктивність очисної установки.

1.4.4. Нейтралізація

Промислові стічні води нейтралізуються шляхом хімічної взаємодії з різними нейтралізуючими речовинами. Стічні води, що утворюються багатьма промисловими підприємствами, часто містять підвищені концентрації кислот або лугів і не можуть бути скинуті в каналізаційні системи, очисні споруди або природні водойми без попереднього зниження цих забруднювачів до прийнятного рівня. Такі стічні води зазвичай виробляються хімічною, машинобудівною, металургійною та нафтопереробною промисловістю.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Для нейтралізації промислових стічних вод можна використовувати кілька методів:

1. Безпосереднє змішування кислих та лужних потоків стічних вод перед скиданням у каналізаційну мережу;
2. Використання природної лужності міських стічних вод або водойм-приймачів;
3. Додавання хімічних реагентів у кількостях, необхідних для досягнення нейтралізації;
4. Фільтрація забрудненої води через нейтралізуючі матеріали.

У промисловій практиці стічні води з високою кислотністю зустрічаються частіше, ніж стічні води з надмірною лужністю. Нейтралізація сильних кислот, що належать до першої групи, зазвичай є простою, оскільки отримані солі легко розчиняються у воді, і осад не утворюється. На відміну від цього, нейтралізація сильних кислот другої групи є більш складною, оскільки супроводжується утворенням великої кількості нерозчинних солей, які випадають у осад і потребують подальшого видалення з очищених стічних вод.

Коли промислові стічні води скидаються нерегулярно та у відносно невеликих обсягах, потоки кислих та лужних стічних вод часто змішуються для досягнення нейтралізації. На багатьох промислових об'єктах лужні стічні води можуть переважати в певні періоди доби, тоді як кислі стічні води утворюються в інші. Для забезпечення ефективного змішування та нейтралізації використовуються спеціальні зрівнювальні резервуари, де потоки стічних вод змішуються, а їхній рН врівноважується перед подальшим очищенням або скиданням.

Нейтралізація шляхом додавання хімічних реагентів застосовується, коли змішування стічних вод або використання природної лужності приймальних вод не дає задовільних результатів, і стічні води залишаються кислими. У таких

					Пояснювальна записка	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадках додаються відповідні нейтралізуючі агенти для регулювання рН до необхідного рівня.

До поширених реагентів, що використовуються для нейтралізації кислих стічних вод, належать гідроксид натрію, гідроксид калію, вапно, вапняк, крейда та кальцинована сода. Серед них гідроксид кальцію (гашене вапно) є одним з найбільш широко використовуваних завдяки своїй доступності та економічній ефективності. Для очищення лужних стічних вод зазвичай використовуються різні кислоти, такі як сірчана кислота, соляна кислота та азотна кислота.

Нейтралізуючі реагенти можуть вводитися або у вигляді водних розчинів, або у вигляді сухих порошків. Контакт між реагентом та стічними водами відбувається у спеціально розроблених резервуарах для нейтралізації, які зазвичай забезпечують час гідравлічної утримування приблизно 10–15 хвилин для забезпечення повного змішування та ефективної нейтралізації.

1.4.5.Осадження

Осадження (седиментація) – це процес відділення твердих або рідких частинок від рідких або газоподібних гетерогенних систем під впливом гравітаційних сил, відцентрових сил або сил електричного поля.

Принцип осадження базується на розділенні гетерогенної системи на складові фази, коли суміш перебуває у стані спокою або рухається з відносно низькою швидкістю всередині очисної установки. Під дією сили тяжіння дисперсні частинки осідають і утворюють окрему фазу. Оскільки дрібні частинки осідають дуже повільно, для попереднього або грубого розділення гетерогенних сумішей зазвичай використовується звичайна седиментація. Основним параметром, що характеризує процес, є швидкість осідання частинок.

Природні води, що забираються з поверхневих джерел води, зазвичай містять зважені тверді речовини з щільністю, більшою за щільність води, і тому їх можна класифікувати як суспензії. Ефективність очищення води шляхом

					Пояснювальна записка	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

седиментації значною мірою залежить від швидкості осідання зважених частинок, що визначає як необхідний час осідання, так і розміри седиментаційних установок.

Для частинок з однаковим ступенем дисперсії швидкість осідання збільшується зі збільшенням щільності частинок і зменшується зі збільшенням в'язкості рідкої фази. Тому під час проектування седиментаційних установок важливо враховувати зміни в'язкості рідини, особливо коли очікуються зміни температури води, оскільки температура має прямий вплив на характеристики осадження зважених частинок.

Для грубодисперсних частинок ($Re > 1$) осідання часто супроводжується утворенням турбулентних вихорів навколо частинок. Ці вихори можуть захоплювати сусідні дрібніші частинки та переносити їх вниз, тим самим збільшуючи швидкість їх осідання. З іншого боку, у суспензіях, що містять високу концентрацію зважених твердих речовин, швидкість осідання може зменшуватися через взаємодію між сусідніми частинками. Це явище відоме як утруднене осідання, коли рух частинок обмежений наявністю інших осідаючих частинок.

На поведінку осідання також впливають поверхневі властивості зважених частинок, включаючи їх електричний потенціал та змочуваність (або гідрофобність). Крім того, коли змішуються потоки стічних вод з різним хімічним складом, можуть утворюватися нові тверді сполуки, включаючи коагульовані частинки та осади. Ці процеси можуть змінювати форму, розмір та характеристики осідання зважених речовин, що ускладнює встановлення точних взаємозв'язків, що регулюють поведінку седиментації.

Методи осадження:

Одним із поширених методів осадження є кристалізація з розчину, яка передбачає відділення розчиненої речовини на тверду фазу з насиченого розчину.

					Пояснювальна записка	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цього можна досягти або охолодженням розчину, або випаровуванням частини розчинника.

Кристалізація при охолодженні особливо ефективна, коли розчинність речовини значно зменшується з підвищенням температури або коли розчин містить кілька розчинених речовин з різною розчинністю. На процес кристалізації впливають такі фактори, як швидкість охолодження, інтенсивність перемішування, чистота розчину та концентрація розчинених речовин. Повільне охолодження зазвичай сприяє утворенню більших кристалів, тоді як швидке охолодження призводить до утворення менших кристалів.

Іонне осадження – це процес, у якому розчинені метали видаляються з розчину у вигляді важкорозчинних сполук, таких як карбонати, фосфати, гідроксиди, хлориди, ціаніди, сульфідиди та інші осадки. Під час осадження малорозчинних сполук з розчину послідовність їх утворення та розділення визначається змінами термодинамічного потенціалу системи, який визначає стабільність та формування отриманих твердих фаз.

Інший метод осадження передбачає використання газоподібних відновлювачів, таких як водень (H_2), монооксид вуглецю (CO) та сірковмісні гази, які можуть сприяти осадженню металів за певних умов. Ці процеси зазвичай проводяться за підвищених температур і тисків. Газофазне осадження дозволяє отримувати високочисті порошкоподібні метали ефективним та економічно привабливим способом.

Вибір відповідного методу осадження залежить від кількох факторів, включаючи природу сировини, необхідну якість кінцевого продукту, склад розчинів для вилуговування, концентрацію та вартість реагентів, наявність недорогої електроенергії та вимоги безпеки для обслуговуючого персоналу. Ці міркування відіграють важливу роль у визначенні найефективнішої та економічно доцільної технології очищення.

					Пояснювальна записка	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.6. Флокуляція

Флокуляція – це процес, у якому дрібні частинки, зважені у воді, агрегуються, утворюючи більші скупчення, відомі як флокули. Утворення цих флокулів збільшує розмір і масу частинок, що робить їх подальше видалення шляхом седиментації або фільтрації більш ефективним.

Флокуляція широко використовується для видалення зважених твердих речовин з води, коли їх природна швидкість осідання занадто низька для забезпечення ефективного очищення. Сприяючи агрегації частинок, процес значно покращує відділення дрібних і колоїдних речовин від рідкої фази.

Ефективність флокуляції залежить від правильного вибору методів очищення води, включаючи очищення, пом'якшення вапном, згущення осаду та зневоднення осаду. Наприклад, при очищенні поверхневих вод важливо враховувати, що сира каламутна вода містить різні типи зважених речовин. Деякі частинки є відносно великими та легко осідають через свій розмір, тоді як інші є дрібнодисперсними та їх набагато важче видалити за допомогою звичайного седиментації. Значна частина цих повільно осідаючих частинок може існувати в колоїдному стані, що ще більше ускладнює їх відділення. У таких випадках флокуляція відіграє вирішальну роль, дестабілізуючи та агрегуючи колоїдні частинки у більші флокули, які можна ефективніше видалити.

Стабільність цих частинок підтримується негативними електричними зарядами, присутніми на їхніх поверхнях. В результаті сусідні частинки відштовхуються одна від одної подібно до відштовхування між однаковими магнітними полюсами. Це електростатичне відштовхування запобігає агрегації частинок у більші скупчення, відомі як флоки, і, отже, перешкоджає їхньому осіданню.

Флокулянти, що утворюються внаслідок агрегації кількох колоїдних частинок, часто занадто малі, щоб осісти або ефективно зневоднитися протягом необхідного часу обробки. Флокулянти сприяють подальшому зростанню цих

					Пояснювальна записка	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

флокулянтів, створюючи місткові зв'язки між поверхнями частинок, тим самим пов'язуючи окремі частинки у більші та міцніші агломерати, які можна легше видалити.

До часто використовуваних флокулянтів належать галун, солі заліза та високомолекулярні полімери. Процес флокуляції є найефективнішим за умов дбайливого перемішування, що дозволяє флокулям поступово рости та досягати оптимального розміру та структури. Надмірна інтенсивність перемішування може розірвати утворені флоки, і коли вони знову формуються, вони рідко відновлюють свій початковий розмір та міцність.

Окрім збільшення розміру частинок, флокуляція також змінює фізичні властивості зважених твердих речовин. Наприклад, шлам та осад легше зневоднюється після флокуляції, оскільки отримані флокули мають менш желеподібну структуру. Отже, зневоднення на піщаних сушильних платформах та в механічному зневоднювальному обладнанні стає значно швидшим та ефективнішим.

Механізм дії флокулянту базується на кількох ключових явищах: адсорбції молекул флокулянту на поверхні колоїдних частинок, утворенні сітчастої структури (ретикуляції) макромолекулами флокулянту та агрегації колоїдних частинок завдяки силам Ван-дер-Ваальса. Ці процеси сприяють утворенню більших кластерів частинок, що полегшує їх подальше видалення з води.

Важливим фактором, що визначає ефективність флокуляції, є міцне прикріплення макромолекул до поверхонь частинок. Ця взаємодія посилюється утворенням водневих або хімічних зв'язків між активними центрами на поверхні частинок та функціональними групами флокулянту. Однак утворення надмірної кількості точок контакту може призвести до значної деформації полімерного ланцюга під час адсорбції та розвитку дуже тонкого адсорбційного шару, що може знизити ефективність флокуляції.

					Пояснювальна записка	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективним підходом до розділення багатокomпонентних систем є селективна флокуляція, при якій частинки однієї речовини переважно флокулюються, тоді як частинки інших речовин залишаються практично незмінними або зазнають лише мінімальної агрегації. Цей метод особливо корисний, коли потрібне селективне розділення певних компонентів.

Вибираючи найбільш підходящий флокулянт, важливо враховувати як природу диспергованих частинок, так і властивості макромолекул флокулянта. Сумісність між цими факторами значною мірою визначає ефективність процесу очищення.

Флокулянти зазвичай класифікують на три основні групи:

1. Неорганічні флокулянти;
2. Натуральні органічні флокулянти;
3. Синтетичні органічні флокулянти.

Серед неорганічних флокулянтів активована кремнієва кислота (АСК) є одним з найбільш широко використовуваних. Вона зазвичай вважається колоїдною системою, що складається з частинок з чітко визначеною фазовою межею, що сприяє агрегації та осіданню зважених твердих речовин.

До природних високомолекулярних флокулянтів належать крохмаль та його похідні, декстрин, альгінат натрію, похідні целюлози, гуарова камедь та інші природні полімери. Ці матеріали біорозкладні та часто використовуються в тих сферах, де перевага надається екологічно чистим очисним засобам.

Однак синтетичні полімерні флокулянти використовуються набагато ширше завдяки своїй високій ефективності та широкому спектру застосування. Ці флокулянти зазвичай класифікують на неіоногенні, аніонні та катіонні типи.

Одним з найбільш широко використовуваних неіоногенних флокулянтів є поліетиленоксид (ПЕО), який легко розчиняється та змішується з водою практично в будь-якій пропорції. Серед аніонних флокулянтів найпоширенішим є поліакриламід (ПАМ). Флокулянти на основі поліакриламідів зазвичай

					Пояснювальна записка	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробляються або у вигляді гелю, що містить 7–11% полімеру за масою, або, рідше, у вигляді гранул із вмістом активної речовини 82–98%.

Поліакриламід може піддаватися гідролізу в присутності води, кислот або лугів, що призводить до утворення акрилової кислоти та її солей. У промисловій практиці широко використовуються гідролізовані поліакриламід (HPAM). Ці матеріали являють собою кополімери акриламідних та акрилатних груп, зазвичай містять понад 20% акрилатних ланок, що покращує їхню флокуляційну здатність.

Прикладами катіонних флокулянтів є поліетиленімін (PEI), четвертинні амонієві солі на основі полістиролу, полімери піридинієвих солей (PSP), Amifloc та інші катіонні полімерні сполуки. Ці флокулянти особливо ефективні для обробки негативно заряджених колоїдних частинок і широко використовуються в процесах очищення води та стічних вод.

Наразі комерційно доступний широкий спектр неіоногенних, аніонних та катіонних синтетичних високомолекулярних флокулянтів. Завдяки своїй високій ефективності та стабільній роботі, ці синтетичні продукти поступово замінили багато флокулянтів природного походження в промислових системах очищення води.

У запропонованій технологічній схемі реагентної обробки хромвмісних стічних вод як флокулянт використовується поліакриламід (РАМ). Цей флокулянт посилює агрегацію дрібних зважених частинок у більші флокули, тим самим прискорюючи їх утворення та осідання в освітлювачі. В результаті процес седиментації стає ефективнішим, покращується відділення осаду та досягається вищий ступінь очищення води.

1.4.7. Перемішування

Перемішування – це процес взаємного переміщення та розподілу частинок однієї речовини в іншій для досягнення однорідного складу по всьому об'єму суміші. У рідких системах змішування широко використовується для

					Пояснювальна записка	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приготування суспензій, емульсій та гомогенних розчинів, а також для посилення хімічних реакцій, теплопередачі та масообміну. У таких застосуваннях змішування часто здійснюється безпосередньо в технологічному обладнанні, оснащеному спеціалізованими змішувальними пристроями. Речовини, що змішуються, можуть перебувати в одному або різних агрегатних станах.

Перемішування в рідких середовищах зазвичай використовується для:

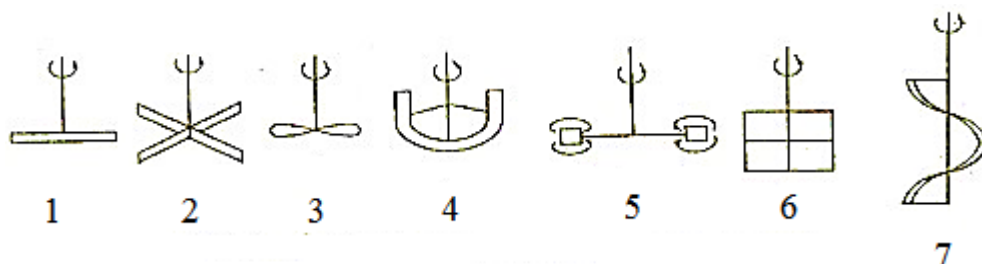
1. приготування розчинів;
2. виробництва гетерогенних систем, таких як суспензії та емульсії;
3. підтримки стабільності гетерогенних сумішей та запобігання фазовому розділенню, седиментації або флотації легших компонентів.

Залежно від того, чи змішується рідина з газом, іншою рідиною або твердим матеріалом, зазвичай розрізняють два основні методи змішування:

1. Механічне змішування, що виконується за допомогою мішалок або робочих коліс різних конструкцій;
2. Пневматичне змішування, що досягається шляхом введення стисненого повітря або інертного газу в рідину.

Окрім цих методів, змішування також може здійснюватися в трубопроводах, а також за допомогою струменів, форсунок та насосів.

Механічне змішування базується на використанні різних типів мішалок, встановлених всередині резервуарів або реакторів. Ці мішалки обертаються безперервно, створюючи рух рідини та забезпечуючи ефективний розподіл речовин по всьому об'єму рідини (рис. 1)



					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Рисунок. 1.4.7. - Основні типи механічних мішалок:

1 – однолопатева; 2 – багато лопатева; 3 – пропелерна;
4 – якірна; 5 – турбінна; 6 – рамна; 7 – шнекова.

Лопатеві та рамні змішувачі зазвичай використовуються для змішування рідин з низькою в'язкістю, тоді як пропелерні змішувачі підходять для рідин з помірною в'язкістю. Турбінні змішувачі можуть ефективно працювати як з низькою, так і з помірно в'язкими системами, тоді як якірні та гвинтові змішувачі в основному призначені для високов'язких та пластичних матеріалів.

Іншим методом змішування є потокове змішування шляхом штучного створення турбулентності, яке в основному застосовується до рідин з низькою в'язкістю, коли одна рідина розчиняється в іншій. У цьому методі турбулентність, що створюється в потоці, посилює масообмін та сприяє швидкому, рівномірному змішуванню без необхідності додаткових механічних мішалок. Цей підхід особливо ефективний для процесів, що вимагають безперервної роботи та ефективного змішування рідких компонентів.

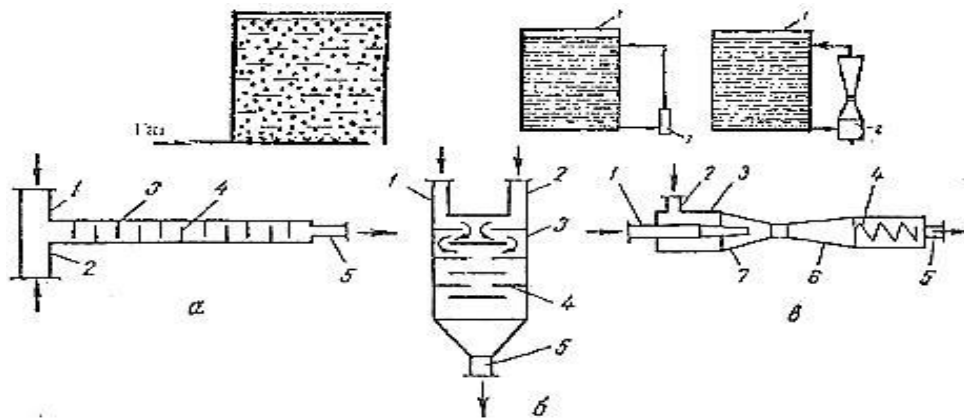


Рисунок. 1.4.7.(1) - Схема пристроїв для перемішування в потоці:

а, в - змішувачі з перегородками; б- струменевий змішувач;
1,2- патрубки введення компонентів; 3- камера змішування;
4-перегородки-турболізатори; 5- вихідний патрубок; 6-дифузор;
7-конфузор.

Пневматичне перемішування базується на пропусканні стисненого повітря або іншого газу через рідке середовище. Піднімаються газові бульбашки створюють циркуляцію всередині рідини, сприяючи розподілу та гомогенізації її компонентів. Цей метод змішування особливо підходить для підтримки зважених частинок у суспензії та запобігання їх осіданню.

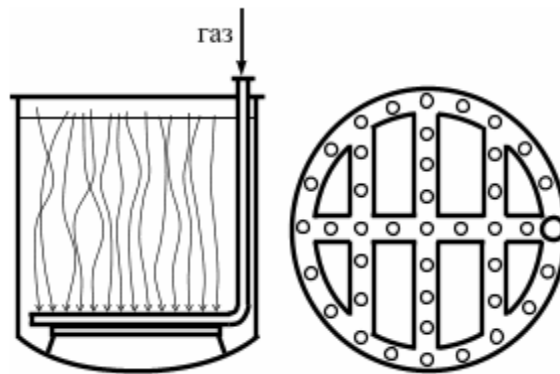


Рис.1.4.7. (2) - Аппарат для пневматичного перемішування

Циркуляційне змішування базується на багаторазовому перекачуванні рідини через замкнуту систему, що складається з насоса та резервуара. Рідина безперервно циркулює по контуру, забезпечуючи рівномірний розподіл компонентів по всій системі. Цей метод зазвичай використовується для виробництва стабільних емульсій та суспензій, а також для насичення рідин газами.

Насоси, які найчастіше використовуються в системах циркуляційного змішування, - це відцентрові насоси та струменеві насоси, завдяки їхній надійності та здатності підтримувати безперервну циркуляцію рідини.

Для оцінки та порівняння змішувальних пристроїв зазвичай використовується кілька ключових характеристик:

Ефективність змішування, яка відображає якість процесу змішування та може виражатися по-різному залежно від цільової мети змішування;

Інтенсивність змішування, яка визначається часом, необхідним для досягнення заданого технологічного результату, або, у випадку механічних змішувачів, швидкістю обертання робочого колеса, необхідною для заданої тривалості процесу. Чим вища інтенсивність змішування, тим коротший час, необхідний для досягнення бажаного ступеня змішування.

Для економічної роботи бажано досягти необхідного ефекту змішування за найкоротший час. Тому, оцінюючи споживання енергії змішувальним пристроєм, важливо враховувати загальну енергію, необхідну для досягнення цільової продуктивності змішування, а не лише миттєве споживання енергії.

Вибір змішувального обладнання та конструктивні особливості змішувальних резервуарів залежать від численних факторів, включаючи характер процесу, властивості середовища, що змішується, продуктивність технологічної лінії, робочі температурні умови та тиск процесу. Оскільки на вибір обладнання впливає багато змінних, оптимальне проектування змішувальних систем часто є складним інженерним завданням, що вимагає ретельної оцінки як технологічних, так і економічних міркувань.

1.4.8. Фільтрація

Фільтрація є одним із найпоширеніших методів очищення стічних вод, який полягає у пропусканні рідини через пористе середовище, здатне затримувати тверді частинки та інші забруднення. У процесі очищення гальванічних стоків фільтрація застосовується після стадій нейтралізації, відновлення, коагуляції та відстоювання для видалення залишкових завислих речовин і дрібнодисперсних частинок осаду.

Під час проходження води через фільтрувальне завантаження відбувається механічне затримання забруднень у порах фільтруючого матеріалу та на поверхні його зерен. Крім механічного вилучення частинок, можуть також відбуватися процеси адсорбції, завдяки яким частина розчинених домішок утримується на

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

поверхні завантаження. У результаті знижується каламутність води, зменшується вміст завислих речовин та покращуються показники якості очищення.

Для очищення гальванічних стічних вод використовують різні типи фільтрів: піщані, вугільні, багат шарові та мембранні. Вибір типу фільтра залежить від складу стічних вод, необхідного ступеня очищення та подальшого використання очищеної води. Особливого значення процес фільтрації набуває під час вилучення продуктів осадження важких металів, оскільки навіть після відстоювання у воді можуть залишатися дрібні частинки гідроксидів металів.

Ефективність фільтрації залежить від властивостей фільтрувального матеріалу, товщини шару завантаження, швидкості фільтрування та концентрації забруднень у воді. У процесі експлуатації у фільтрувальному шарі накопичуються затримані частинки, що призводить до зростання гідравлічного опору. Для відновлення працездатності фільтри періодично промивають водою або водоповітряною сумішшю, видаляючи накопичені забруднення та відновлюючи фільтруючу здатність завантаження.

1.4.9. Зворотний осмос

Зворотний осмос – це вдосконалений процес мембранного розділення, який широко використовується для виробництва високоякісної води. Процес базується на застосуванні тиску до забрудненої води, що проштовхує молекули води через напівпроникну мембрану, зберігаючи при цьому розчинені солі, важкі метали, органічні сполуки, мікроорганізми та інші домішки. В результаті потік подачі розділяється на два потоки: очищену воду, відому як пермеат, і концентрований потік відходів, що містить видалені забруднювачі. Зворотний осмос вважається однією з найефективніших технологій очищення води та може видалити до 99% розчинених твердих речовин та інших забруднювачів.

					Пояснювальна записка	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип зворотного осмосу є протилежним природному осмосу. Під час природного осмосу вода рухається через напівпроникну мембрану з розчину з нижчою концентрацією розчиненої речовини до розчину з вищою концентрацією, доки не буде досягнуто рівноваги. У зворотному осмосі до живильної води застосовується зовнішній тиск, більший за осмотичний тиск, що змушує молекули води рухатися в протилежному напрямку через мембрану, тоді як забруднювачі затримуються на стороні подачі.

Типова система зворотного осмосу складається з кількох етапів очищення. Спочатку вода проходить через фільтр осаду, який видаляє зважені тверді речовини, такі як пісок, іржа та інші тверді частинки. Потім вода проходить через вугільний фільтр, де видаляються хлор, органічні сполуки та речовини, що впливають на смак і запах. Цей етап попереднього очищення є важливим, оскільки він захищає мембрану від хімічного руйнування та забруднення. Попередньо очищена вода потім подається на мембрану зворотного осмосу під тиском. Мембрана діє як основний елемент системи, пропускаючи лише молекули води, відкидаючи розчинені солі, важкі метали, мікроорганізми та інші забруднювачі. Нарешті, для покращення якості пермеату перед повторним використанням або скиданням може бути застосований етап полірування.

Мембрани зворотного осмосу здатні видаляти широкий спектр забруднюючих речовин, включаючи зважені тверді речовини, розчинені солі, хлориди, сульфати, нітрати, пестициди, гербіциди, фармацевтичні препарати, важкі метали, такі як свинець, миш'як, ртуть та хром, а також бактерії, віруси та інші мікроорганізми. Завдяки надзвичайно малому розміру пор, приблизно 0,001 мкм, мембрани зворотного осмосу забезпечують дуже високий ступінь очищення та виробляють воду, придатну для промислового повторного використання та інших застосувань, що вимагають високої якості води.

					Пояснювальна записка	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняно зі звичайними процесами фільтрації, зворотний осмос забезпечує значно вищий рівень видалення забруднюючих речовин, оскільки розділення відбувається на молекулярному рівні, а не шляхом простого фізичного просіювання. Окрім виробництва високочистої води, системи зворотного осмосу пропонують ряд переваг, включаючи зменшене споживання хімікатів, нижчі експлуатаційні витрати порівняно з методами термічної обробки, можливості автоматизації, компактну конструкцію та можливість повторного використання води. Ці характеристики роблять зворотний осмос привабливою технологією для очищення промислових стічних вод та їх відновлення.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОБЛАДНАННЯ

2.1. Реагентне господарство

Здійснюємо розрахунок резервуарів в якому готуються реагенти, та де здійснюється механічне змішування з водою.

Об'єм витратного баку:

$$W_B = \frac{q \cdot D_p \cdot t}{10000 \cdot v_B \cdot \rho},$$

де W_B – об'єм витратного баку;

q – витрата води, м³/год;

D_p – доза реагенту, г/м³;

t – період роботи станції в годинах, що забезпечується даною кількістю реагенту;

v_p – концентрація реагенту в витратному баку, %;

ρ – густина розчину, т/м³.

Об'єм витратного баку FeSO₄:

$$W_B = \frac{17,4 \cdot 482,31 \cdot 8}{10000 \cdot 1 \cdot 1,008} = 6,66 \text{ м}^3.$$

Беремо 3 витратних баки. Об'єм одного баку $W_1 = 1,45 \text{ м}^3$.

Висота $H = 1,5 \text{ м}$.

Площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_{B1}}{h} = \frac{1,45}{1,5} = 0,97 \text{ м}^2.$$

Діаметр витратного баку:

$$d = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,97}{3,14}} = 1,1 \text{ м}.$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм розчинного баку NaOH:

$$W_p = \frac{17,4 \cdot 530,7 \cdot 8}{10000 \cdot 20 \cdot 1,219} = 0,3 \text{ м}^3.$$

Беремо 3 розчинних баки. Об'єм одного баку $W_1 = 0,063 \text{ м}^3$.

Висота $H = 0,5 \text{ м}$.

Площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_1}{h} = \frac{0,063}{0,5} = 0,126 \text{ м}^2.$$

Діаметр розчинного баку:

$$d = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0,063}{3,14}} = 0,28 \text{ м}.$$

Об'єм витратного баку:

$$W_B = \frac{B_p}{B_B} \cdot W_p,$$

де W_B - об'єм витратного баку;

B_p – концентрація у розчинному баку, %;

B_B – концентрація у витратному баку, %;

W_p – об'єм розчинного баку.

Об'єм витратного баку NaOH:

$$W_B = \frac{20}{3} \cdot 0,3 = 2 \text{ м}^3.$$

Беремо 4 витратних бака. Об'єм одного баку $W_1 = 0,42 \text{ м}^3$.

Висота $H = 1 \text{ м}$.

Площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_{B1}}{h} = \frac{0,42}{1} = 0,42 \text{ м}^2.$$

Діаметр витратного баку:

$$d = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0,42}{3,14}} = 0,73 \text{ м}.$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм розчинного баку флокулянту:

$$W_p = \frac{17,4 \cdot 4 \cdot 8}{10000 \cdot 1 \cdot 1} = 0,06 \text{ м}^3.$$

Беремо 2 розчинних баки. Об'єм одного баку $W_1 = 0,02 \text{ м}^3$.

Висота $H = 1 \text{ м}$.

Площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_1}{h} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \text{ м}^2.$$

Діаметр розчинного баку:

$$d = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0,02}{3,14}} = 0,16 \text{ м}.$$

Об'єм витратного баку флокулянту:

$$W_b = \frac{1}{0,1} \cdot 0,04 = 0,4 \text{ м}^3.$$

Беремо 2 витратних баки. Об'єм одного баку $W_1 = 0,2 \text{ м}^3$.

Висота $H = 0,5 \text{ м}$.

Площа перерізу баку:

$$F = \frac{W_{b1}}{h} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4 \text{ м}^2.$$

Діаметр витратного баку:

$$d = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0,4}{3,14}} = 0,7 \text{ м}.$$

2.2. Накопичувач хромвмісних стоків

Вода в накопичувачі перебуває 2 доби.

Об'єм реактора:

$$W = Q \cdot t = 400 \cdot 2 = 800 \text{ м}^3.$$

Приймаємо висоту реактора $h = 4 \text{ м}$.

Тоді площа дзеркала води в накопичувачі:

					Пояснювальна записка	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{W}{h} = \frac{800}{4} = 200 \text{ м}^2.$$

Габаритні розміри накопичувача ХВС : a = 10 м; b = 5 м.

2.3. Реактори відновлення і нейтралізатор

У реактора відновлення та нейтралізатора однакові параметри. Вода в реакторах перебуває 30 хвилин.

Об'єм реактора:

$$W = \frac{q \cdot t}{60} = \frac{17,4 \cdot 30}{60} = 8,7 \text{ м}^3.$$

Висота реактора h = 2 м.

Площа дзеркала води в реакторі:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{8,7}{2} = 4,35 \text{ м}^2.$$

Діаметр реактора:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{4,35}{3,14}} = 2,35 \text{ м}.$$

2.4. Розрахунок тонкошарового відстійника

У цих установках (рис. 2.4) зона відстоювання розділена на ряд неглибоких шарів за допомогою похилих пластин. Рух стічних вод та осілого осаду відбувається у протитечійному режимі, що покращує процес розділення. Пластини встановлені паралельно одна одній під кутом 45–60°, що дозволяє проводити очищення ефективніше та за коротший проміжок часу. Наявність похилих пластин значно зменшує турбулентність між шарами, створюючи сприятливі умови для осідання частинок. Оскільки відстань між сусідніми пластинами значно менша за загальну глибину звичайного відстійника, шлях осідання зважених частинок значно скорочується. В результаті необхідний час

					Пояснювальна записка	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відстоювання суттєво зменшується, а загальна ефективність видалення твердих речовин та очищення води покращується.

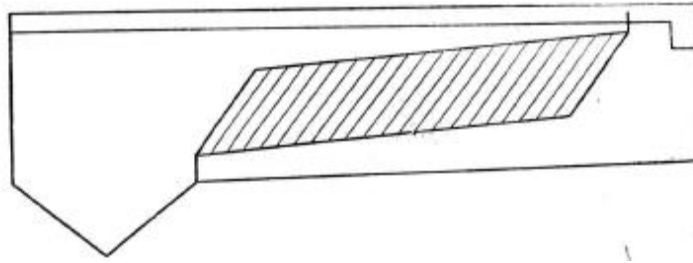


Рисунок. 2.4 - Схема відстійника, обладнаного тонкошаровими блоками, що працює за противоточною схемою видалення домішок.

Висота відстійника береться рівно 3 м, а гідравлічна крупність осаду $U_0 = 0,4$ мм/с. Відстоювання здійснюється між паралельними пластинами, які розміщені під кутом 45° . Відстань між пластинами складає 0,08 м.

Проводимо розрахунок робочої довжини відстійника:

$$l_p = \frac{h_{яp} \cdot V}{K \cdot U_0 \cdot \cos \alpha} = \frac{0,08 \cdot 5}{0,7 \cdot 0,4 \cdot \cos 45^\circ} = 2,02 \text{ м},$$

де $h_{яp}$ – відстань між двома пластинами,

$$h_{яp} = 0,08 \text{ м};$$

α - кут нахилу пластин, $\alpha = 45^\circ$;

V – лінійна швидкість руху води, $V = 5$ мм/с;

U_0 – гідравлічна крупність осаду, $U_0 = 0,4$ мм/с;

K – коефіцієнт, залежить від напрямку руху води та осаду, при русі води і осаду протитокотом $K=0,7$.

Ширина відстійника визначається за формулою:

$$B = \frac{q}{U_0 \cdot n \cdot N \cdot l_p \cdot 3,6} = \frac{52,969}{0,4 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 2,02 \cdot 3,6} = 0,91 \text{ м}$$

де q – витрата води, $q = 423,75/8 = 52,969$ м³/зм;

n – число пластин у секції, $n = 20$;

N – число секцій, $N = 1$;

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Довжину відстійника розраховуємо за формулою:

$$L = n \cdot N \cdot l_p = 20 \cdot 1 \cdot 2,02 = 40,4 \text{ м}$$

В даній технологічній схемі приймаємо два тонкошарових відстійника.

2.5. Розрахунок вугільного фільтру

$$F = \frac{Q}{T \cdot V_H - 3,6 \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 - t_2 \cdot V_H \cdot n}$$

$$F = \frac{400}{24 \cdot 5 - 2 \cdot 3,6 \cdot 14 \cdot 0,1 - 0,33 \cdot 5 \cdot 2} = 3,75 \text{ м}^2$$

Q – об'єм води, який фільтрується за добу, м³;

T – час роботи станції протягом доби, $T = 24$ год;

V_H – швидкість фільтрування, $V_H = 5 - 10$ м/год;

ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, $\omega = 12 - 18$ дм³/с · м²;

t_1 – час промивання фільтру, $t_1 = 0,1$ год;

n – число промивань фільтру, $n = 2$;

t_2 – час простою фільтрів у зв'язку з промивкою:

при водній промивці $t_2 = 0,33$ год,

при водоповітряній $t_2 = 0,5$ год.

Кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2}$$

$$N = \frac{\sqrt{3,75}}{2} \approx 1.$$

Площа одного фільтра:

$$F_1 = \frac{F}{N}$$

$$F_1 = \frac{3,75}{1} = 3,75$$

Витрати води на промивання одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \times F_1$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{пром}} = 14 \times 3,75 = 52,5 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Так як для 1-го фільтру $t = 0,1 \text{ год.} = 6 \text{ хв} = 360 \text{ сек}$, а $n = 2$, значить витрачається на промивку одного фільтру за добу:

$$q'_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot t_1 \cdot n$$

$$q'_{\text{пром}} = 52,5 \cdot 360 \cdot 2 = 37,8 \text{ м}^3$$

Швидкість фільтрування за форсованого режиму, м/год:

$$V_{\phi} = \frac{N}{N-N_1} V_H$$

$$V_{\phi} = \frac{1}{1-0} * 5 = 5$$

N – число фільтрів;

N_1 – число фільтрів, відключених на ремонт: $N < 20$, $N_1 = 1$;

Загальна висота фільтру:

$$H = H_{\text{п.з}} + H_{\text{ф.з}} + H_{\text{в}} + H_{\text{д}} + h_{\text{б}}$$

$$H = 0,7 + 1,5 + 2 + 1,13 + 0,5 = 5,83 \text{ м}$$

$H_{\text{д}}$ – додатковий рівень води, що створюється при відключенні одного з фільтрів на промивку, м;

$H_{\text{п.з}}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{\text{п.з}} = 0,7 \text{ м}$;

$H_{\text{ф.з}}$ – фільтруюче завантаження, $H_{\text{ф.з}} = 1,5 \text{ м}$;

$h_{\text{б}}$ – будівельний запас висоти, $h_{\text{б}} = 0,3 - 0,5 \text{ м}$;

$H_{\text{в}}$ – висота шару води, $H_{\text{в}} \sim 2 \text{ м}$.

Формула для розрахунку $H_{\text{д}}$:

$$H_{\text{д}} = \frac{W_{\text{д}}}{F_{\text{с}}}$$

$$H_{\text{д}} = \frac{23,925}{21,105} = 1,13 \text{ м}$$

Додатковий об'єм води, м^3 :

					Пояснювальна записка	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_d = F_1 V_n t_2$$

$$W_d = 2,24 * 5 * 0,33 = 3,7 \text{ м}^3$$

t_2 – час простою фільтру в зв'язку з промивкою, год; F_1 – площа одного фільтру, м^2 ;

V_n – нормальна швидкість фільтрування, $\text{м}/\text{год}$.

Відстань між відгалуженнями складає 250 – 350 мм. Дренажну систему розраховуємо за режимом промивки. Визначимо витрату води у колекторі при промивці, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$q_k = F_1 \omega \cdot 10^{-3}$$

$$q_k = 3,75 * 14 \cdot 10^{-3} = 0,0525$$

F_1 – площа фільтру;

ω - інтенсивність промивки, $\omega = 14 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$.

Розраховуємо площу перерізу, м^2 :

$$f_k = \frac{q_k}{V_k}$$

$$f_k = \frac{0,0525}{1} = 0,0525$$

V_k – швидкість руху води в колекторі при промивці, $V_k = 0,8 - 1,2 \text{ м}/\text{с}$.

Діаметр колектора, м :

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{0,0525}{3,14}} = 0,26 \text{ м}$$

Витрата води у відгалуженнях, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$q_v = \frac{q_k}{n}$$

$$q_v = \frac{0,0525}{40} = 0,0013125$$

При двосторонньому розміщенні число відгалужень буде:

$$n = \frac{2B * 10^3}{l}$$

$$n = \frac{2 * 6 * 10^3}{300} = 40$$

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Площа перерізу відгалуження, м²:

$$f_B = \frac{q_B}{V_B}$$

$$f_B = \frac{0,0013125}{1,6} = 0,000820312 \text{ м}^2$$

V_B – швидкість руху води у відгалуженні, 1,6 – 2 м/с.

Діаметр відгалуження, м:

$$d_B = 2 \sqrt{\frac{f_B}{\pi}}$$

$$d_B = 2 \sqrt{\frac{0,000820312}{3,14}} = 0,032$$

Витрата води в 1-му жолобі:

$$q_K = \frac{q_K}{n_K}$$

$$q_K = \frac{0,0525}{1} = 0,0525$$

2.6. Розрахунок механічного фільтру

$$F = \frac{Q}{T \cdot V_H - 3,6 \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 - t_2 \cdot V_H \cdot n}$$

$$F = \frac{400}{24 \cdot 5 - 2 \cdot 3,6 \cdot 14 \cdot 0,1 - 0,33 \cdot 5 \cdot 2} = 3,75 \text{ м}^2$$

Q – об'єм води, який фільтрується за добу, м³;

T – час роботи станції протягом доби, $T = 24$ год;

V_H – швидкість фільтрування, $V_H = 5 - 10$ м/год;

ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, $\omega = 12 - 18$ дм³/с · м²;

t_1 – час промивання фільтру, $t_1 = 0,1$ год;

n – число промивань фільтру, $n = 2$;

t_2 – час простою фільтрів у зв'язку з промивкою:

					Пояснювальна записка	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при водній промивці $t_2 = 0,33$ год,

при водоповітряній $t_2 = 0,5$ год.

Кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2}$$

$$N = \frac{\sqrt{3,75}}{2} \approx 1.$$

Площа одного фільтра:

$$F_1 = \frac{F}{N}$$

$$F_1 = \frac{3,75}{1} = 3,75$$

Швидкість фільтрування за форсованого режиму, м/год:

$$V_\phi = \frac{N}{N - N_1} V_H$$

$$V_\phi = \frac{1}{1 - 0} * 5 = 5$$

N – число фільтрів;

N_1 – число фільтрів, відключених на ремонт: $N < 20$, $N_1 = 1$;

Загальна висота фільтру:

$$H = H_{п.з} + H_{ф.з} + H_v + H_d + h_б$$

$$H = 0,7 + 1,5 + 2 + 1,13 + 0,5 = 5,83 \text{ м}$$

H_d – додатковий рівень води, що створюється при відключенні одного з фільтрів на промивку, м;

$H_{п.з}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{п.з} = 0,7$ м;

$H_{ф.з}$ – фільтруюче завантаження, $H_{ф.з} = 1,5$ м;

$h_б$ – будівельний запас висоти, $h_б = 0,3 - 0,5$ м;

H_v – висота шару води, $H_v \sim 2$ м.

					Пояснювальна записка	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формула для розрахунку H_d :

$$H_d = \frac{W_d}{F_c}$$

$$H_d = \frac{23,925}{21,105} = 1,13 \text{ м}$$

Ширина фільтру становить: В 4 м

Довжина фільтру складає

$$L = \frac{F1}{B} = \frac{3,75}{4} = 0,9375 \text{ м}$$

2.7. Зворотноосмотична установка

Установка демінералізації зворотного осмосу складається з двох модулів зворотного осмосу Ecosoft МО-16. Це повністю автоматизована система очищення води з продуктивністю приблизно 16–20 м³/год, призначена для ефективного видалення розчинених солей та інших забруднень з води.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики зворотно-осмотичної установки Ecosoft МО-16

Мембранні елементи	16 шт
Габаритні розміри (В х Ш х Г)	2,2×5,2×2,0 м
Вага	1000 кг
Вимоги до електроживлення	400 В 50 Гц
Тиск вихідної води	2-4 бар
Робочий тиск	7-10 бар
Витрата вихідної води в режимі виробництва	20-25 м³/год

Основний комплект обладнання включає насос високого тиску Grundfos, який забезпечує робочий тиск, необхідний для процесу зворотного осмосу, а також мембранні елементи наднизького тиску Dow Filmtec™, що забезпечують високий рівень відновлення води та відмінне видалення забруднень.

Система також оснащена електромагнітними клапанами Danfoss та регулювальними клапанами Honeywell, які забезпечують надійну автоматичну роботу, керування процесом та захист мембранної системи.

2.8. Резервуар чистої води

Резервуар для зберігання очищеної води являє собою круглу конструкцію в плані, призначену для тимчасового зберігання очищеної води. Гідравлічний час утримання води в резервуарі становить $t = 8$ годин. Частина накопиченої води використовується для приготування хімічних розчинів, необхідних у процесі очищення, а решта об'єму скидається в каналізаційну систему або направляється для подальшого використання. Конструкційний розрахунок резервуара для зберігання, перш за все, передбачає визначення його необхідного об'єму та геометричних розмірів, забезпечення достатньої місткості для забезпечення заданого часу утримання та очікуваної витрати очищеної води.

Об'єм резервуару очищеної води обраховуємо за формулою:

$$W = \frac{q_{\text{доб}} \cdot t}{8 \cdot 60} = \frac{420,56 \cdot 60}{8 \cdot 60} = 52,57 \text{ м}^3,$$

де $q_{\text{доб}}$ – витрата води, $q_{\text{доб}} = 420,56 \text{ м}^3/\text{зм}$.

Висота резервуара складає 2 м, тоді площа резервуара становить:

$$F = \frac{W}{H} = \frac{52,57}{2} = 26,3 \text{ м}.$$

Діаметр резервуару очищеної води:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{26,3}{3,14}} = 5,8 \text{ м}.$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9. Накопичувач шламу

Споруда, в якій накопичується шлам, що поступає з відстійника, перед його подальшою обробкою. Розрахунок здійснюється до визначення об'єму накопичувача відповідно до часу перебування в ньому шламу:

$$W = \frac{V_{\text{ос}} \cdot t}{24} = \frac{6,57 \cdot 72}{24} = 19,71 \text{ м}^3,$$

$t = 72$ год – час перебування шламу в накопичувачі.

Висота $h = 1,5$ м.

Площа накопичувача:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{19,71}{1,5} = 13,14 \text{ м}^2.$$

Габаритні розміри накопичувача $a = 1,1$ м, $b = 1,2$ м.

2.10. Розрахунок шламосховища.

Об'єм осаду, який поступає в шламосховище, протягом доби, $W_{\text{ос.ш.}} = 2,19$ м³/добу. Отже:

$$F_{\text{ш}} = \frac{W_{\text{ос.ш.}}}{H_{\text{ш}}} = \frac{2,19}{0,5} = 4,38 \text{ м}^2$$

$H_{\text{ш}}$ - висота шламосховища, $H = 5$ м.

Діаметр шламосховища:

$$D_{\text{ш}} = 2 \sqrt{\frac{F_{\text{ш}}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{4,38}{3,14}} = 2,36 \text{ м}$$

2.11. Фільтр - прес

Фільтр-прес – це обладнання, яке використовується для зневоднення та ущільнення осаду, що утворюється в процесі очищення стічних вод. Під час роботи тверда фаза відділяється від рідкої, утворюючи зневоднений осадовий осад та потік фільтрату. Зневоднений осад згодом транспортується на утилізацію

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

або подальшу переробку, а фільтрат рециркулює назад до реактора відновлення для додаткової обробки. Для технологічної схеми нашого проекту обрано рамний фільтр-прес FP-400/11.

2.12. Насоси

Для подачі хромовмісних стічних вод до системи очищення використовується насос LOWARA 2HM–4HMS продуктивністю 7,8 м³/год. Крім того, для подачі води, що використовується в процесі промивання фільтр-преса, передбачено насос LOWARA SV203.4 продуктивністю 0,6 м³/год. Така схема забезпечує ефективне зневоднення осаду та надійну роботу фільтрувального обладнання в системі очищення.

2.13. Розрахунок відстійника-усереднювача

Витрата води:

$$q = \frac{400}{24} = 16,67 \text{ м}^3/\text{год}$$

Площа зони відстоювання:

$$F_{\text{з.в.}} = \frac{q \cdot \beta}{3,6 \cdot V \cdot N}$$

де:

q – витрата води, м³/год;

V – швидкість підйому води, мм/с;

N – число відстійників;

β – коефіцієнт, який враховує повноту використання об'єму відстійника.

Приймаємо:

$$\beta = 1,3;$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = 0,6 \text{ мм/с};$$

$$N = 1.$$

Тоді:

$$F_{з.в.} = \frac{16,67 \cdot 1,3}{3,6 \cdot 0,6 \cdot 1} = 10,03 \text{ м}^2$$

Площа отвору насадки

$$f_0 = \frac{q}{3600 \cdot N \cdot v_n}$$

де:

v_n – швидкість витікання води з насадки, $v_n = 3 \text{ м/с}$.

$$f_0 = \frac{16,67}{3600 \cdot 1 \cdot 3} = 0,00154 \text{ м}^2$$

Діаметр отвору насадки

$$d_{отв} = 2 \sqrt{\frac{f_0}{\pi}}$$

$$d_{отв} = 2 \sqrt{\frac{0,00154}{3,14}} = 0,044 \text{ м}$$

Площа перерізу камери

$$f_k = \frac{q \cdot t}{60 \cdot N_k \cdot H_k}$$

де:

N_k – число камер, $N_k = 1$;

H_k – висота камери, $H_k = 5 \text{ м}$;

t – час перебування води в камері, $t = 20 \text{ хв}$.

$$f_k = \frac{16,67 \cdot 20}{60 \cdot 1 \cdot 5} = 1,11 \text{ м}^2$$

Діаметр камери

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{f_k}{\pi}}$$

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{1,11}{3,14}} = 1,19 \text{ м}$$

Гідравлічний опір

$$h = \lambda \cdot \frac{v_n^2}{2g}$$

де:

λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя, $\lambda = 1,118$;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

$$h = 1,118 \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9,8} = 0,51 \text{ м}$$

Ширина відстійника-усереднювача

$$B = \sqrt{F_{з.в.} + f_k}$$

$$B = \sqrt{10,03 + 1,11} = 3,34 \text{ м}$$

Висота нижньої частини

$$h_{н.ч} = \frac{B - d_{отв}}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta'}$$

де:

β' – кут нахилу стінок нижньої частини, $\beta' = 50^\circ$;

$d_{отв}$ – діаметр патрубку для видалення осаду.

$$h_{н.ч} = \frac{3,34 - 0,044}{2 \cdot 20 \cdot 9,8 \cdot (90 - 50)} = 0,00021 \text{ м}$$

Площа перерізу патрубка

$$f = \frac{\pi d_{отв}^2}{4}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f = \frac{3,14 \cdot 0,044^2}{4} = 0,00152 \text{ м}^2$$

Об'єм накопичення осаду

$$W = \frac{1}{3} h_{\text{н.ч}} (F_{3.\text{в.}} + f + \sqrt{F_{3.\text{в.}} \cdot f})$$

$$W = \frac{1}{3} \cdot 0,00021 (10,03 + 0,00152 + \sqrt{10,03 \cdot 0,00152})$$

$$W = 0,00072 \text{ м}^3$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ БУДІВЛІ

Промислова будівля являє собою одноповерхову однопрогонову конструкцію каркасного типу з прольотом 18 м, висотою будівлі 9,6 м та загальною довжиною 60 м. Адміністративні та службові приміщення розташовані всередині будівлі.

Зовнішні стіни побудовані з великопанельних одношарових газобетонних панелей товщиною 250 мм та довжиною панелей 6 м. Колони зовнішніх рядів та зовнішніх стін вирівняні з поздовжніми осями сітки А та В зі зміщенням 0 мм. Колони, розташовані поруч із торцевими стінами та в поперечному деформаційному шві, розташовані на відстані 500 мм від поперечних осей сітки 1, 7 та 10.

Каркас будівлі складається із залізобетонних колон прямокутного перерізу. Відстань між колонами становить 12 м, а колони спираються на залізобетонні фундаменти гніздоподібного типу. Як основні несучі конструктивні елементи використовуються залізобетонні кроквяні ферми.

Конструкція даху сформована з попередньо виготовлених залізобетонних плит розміром 3 × 12 м, що забезпечує міцну та надійну систему покриття. Будівля обладнана роздільно-рамними вікнами розміром 3000 × 2000 мм та 1500 × 2000 мм, що забезпечує достатнє природне освітлення. Доступ до приміщення здійснюється через двостулкові розпашні ворота розміром 3600 × 3000 мм.

3.1 Колони

Для будівлі, яка спроектована без мостових кранів, було обрано залізобетонні колони прямокутного перерізу.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Зовнішні ряди утворені залізобетонними колонами КППІ-54, виготовленими відповідно до ГОСТ 25628-90. Кожна колона має ширину (b) 500 мм, глибину (h) 600 мм та висоту (H_k) 9600 мм. Вага однієї колони становить приблизно 7 тонн. Ці колони спеціально розроблені для використання в одноповерхових промислових будівлях без мостових кранів (рис. 3.1).

Для підтримки стінових панелей та протидії вітровим навантаженням, що діють на торцеві стіни, а також для забезпечення опори поздовжніх стінових панелей, розташованих з інтервалом 6 м, встановлюються фахверкові (фаверкові) колони. Ці колони мають прямокутний переріз 400×400 мм та висоту 8100 мм.

Фаверкові колони підтримуються окремими фундаментами. Вони жорстко закріплені на рівні фундаменту та з'єднані шарнірним з'єднанням зверху з конструкцією плити даху. Таке розташування забезпечує достатню стійкість стінової системи, водночас дозволяючи каркасу конструкції витримувати вплив температури та деформації.

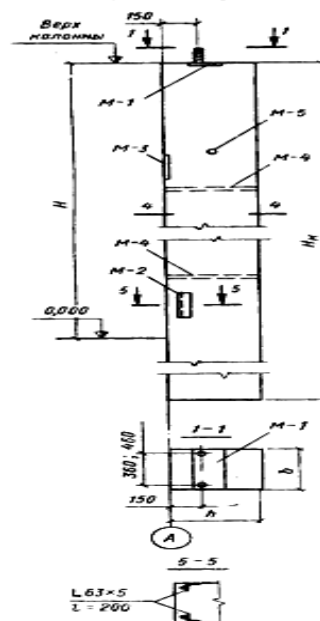


Рисунок 3.1 - Крайня колона

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

3.2. Фундаменти

Для колон було обрано залізобетонний фундамент з такими розмірами. Поперечний переріз колони становить $a_k \times b_k = 600 \times 500$ мм. Опорна частина (гніздо колони) має розміри $a \times b = 1500 \times 1000$ мм, тоді як основа фундаменту має розміри $a_1 \times b_1 = 4100 \times 2900$ мм. Ступінчасті частини фундаменту мають розміри $a_2 \times b_2 = 3300 \times 2300$ мм та $a_3 \times b_3 = 2300 \times 1700$ мм.

Всі сходинок фундаменту розроблені зі стандартизованою висотою 300 мм, що забезпечує однорідність будівництва. Глибина гнізда колони становить $h_s = 900$ мм, а загальна висота фундаменту – $h_x = 2150$ мм.

Для парних колон, розташованих на поперечних деформаційних швах, використовується комбінований фундамент. У цьому випадку розміри п'єдесталу збільшуються до $a \times b = 1500 \times 1500$ мм, що дозволяє підтримувати обидві колони одним фундаментним блоком, зберігаючи при цьому структурну стійкість та враховуючи теплові рухи всередині каркаса будівлі.

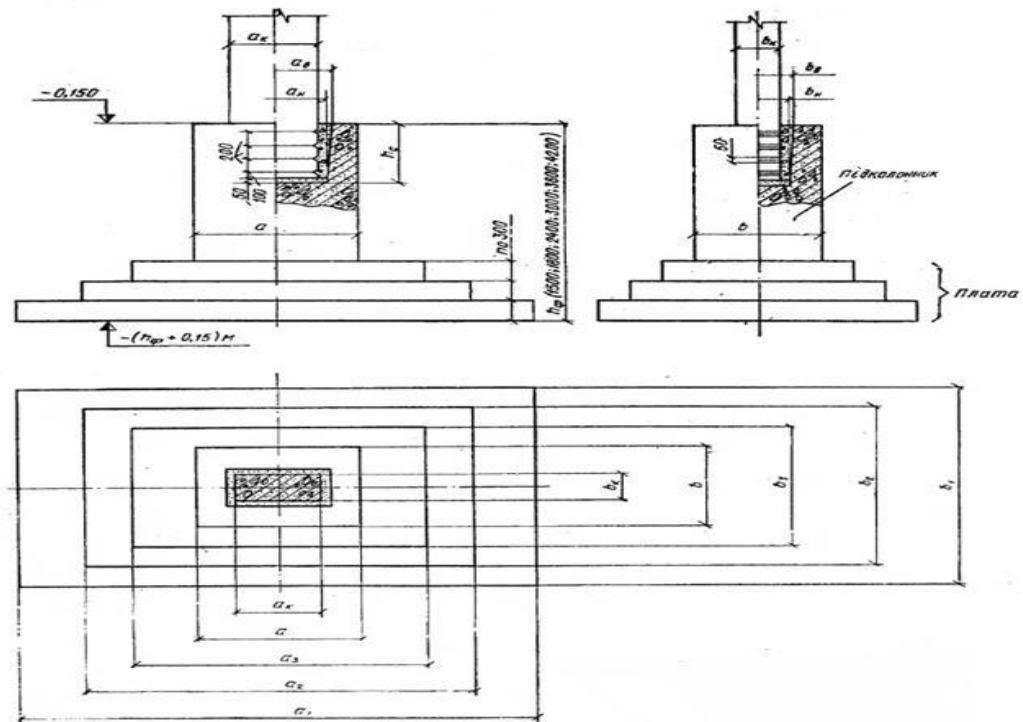


Рисунок 3.2 - Фундамент під колони

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Для колон фахверку було обрано залізобетонний фундамент ФБ2-1. Цей фундамент має такі розміри: поперечний переріз колони $a_k \times b_k = 500 \times 400$ мм, а розміри п'єдесталу (гнізда колони) $a \times b = 1200 \times 1200$ мм. Розміри основи фундаменту $a_1 \times b_1 = 1800 \times 1800$ мм. Глибина гнізда колони $h_s = 800$ мм, а загальна висота фундаменту $h_x = 1100$ мм (рис. 3.2).

3.3. Стіни

Зовнішні стіни будівлі побудовані з одношарових газобетонних панелей висотою 1200 мм та довжиною 6000 мм. Товщина стіни становить 250 мм (рис.3.3). Внутрішні стіни допоміжних та службових приміщень побудовані з цегляної кладки товщиною 250 мм.

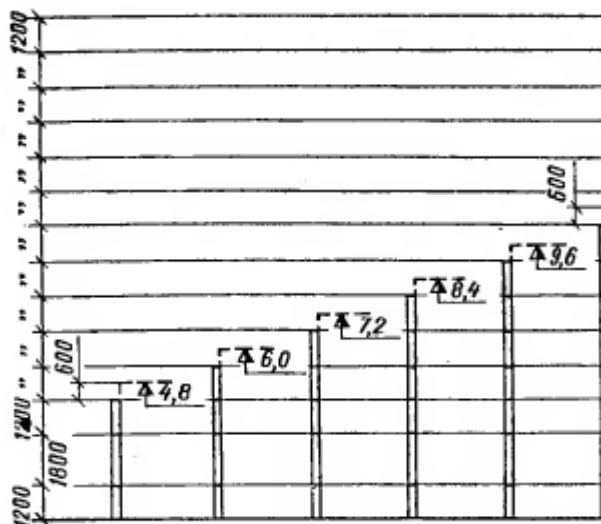


Рис. 3.3. Нижня частина стіни при висоті будівлі 9,6 м.

3.4 Сегментні ферми

Будівля оснащена сегментними залізобетонними кроквяними фермами FS18-1A з прольотом 18 м. Ферми встановлені з кроком 6 м та розраховані на допустиме навантаження 250 кг/м^2 .

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Основні розміри обраної ферми такі: $b = 200$ мм, $a = 1200$ мм, $h_n = 180$ мм, $h_v = 180$ мм, $b_r = 150$ мм та $h_r = 120$ мм. Загальна вага однієї ферми становить приблизно 4,5 тонни.

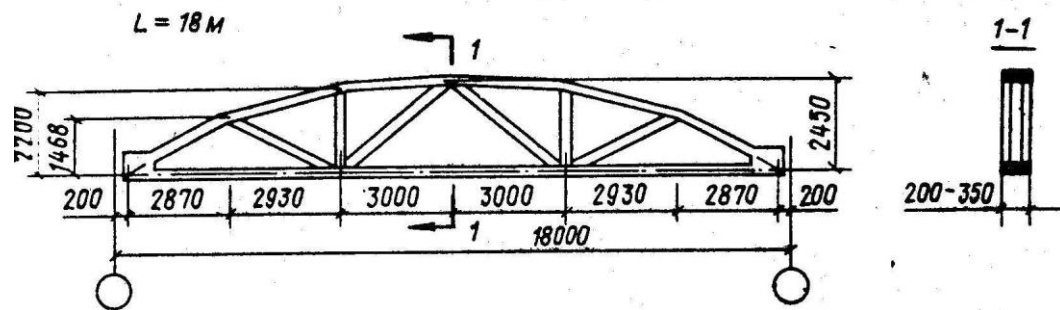


Рис. 3.4. Сегментна ферма.

3.5 Плити покриття

Конструкція даху включає збірні залізобетонні плити типу (Р I / 3×12)–1 номінальною довжиною 12 м. Вибрані плити мають розміри 3×12 м і розраховані на рівномірно розподілене навантаження $170\text{--}400$ кг/м².

Кожна плита має два основних поздовжніх ребра висотою 450 мм разом з поперечними ребрами меншої висоти. Номінальна відстань між поперечними ребрами становить 1,5 м.

Вага однієї плити даху становить приблизно 6,8 тонни (рис. 3.5).

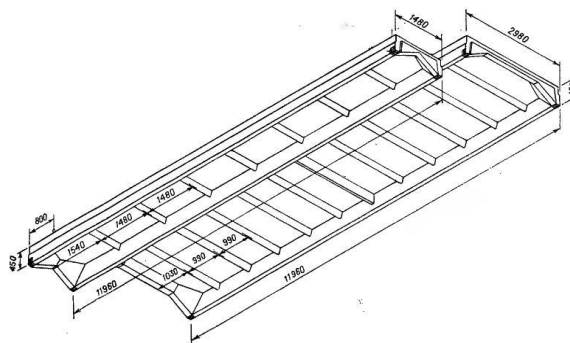


Рис. 3.5. Плита покриття.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

3.6 Підлога

Конструкція підлоги складається з двох шарів матеріалу. Перший шар виготовлений з гравію, утрамбованого в ґрунт, товщиною 100 мм. Над гравійною основою розміщується шар бетону товщиною 60 мм.

3.7 Вікна

Будівля оснащена вікнами з роздільними рамами, розташованими у два ряди вздовж зовнішніх стін. Вікна мають дерев'яні рами з одинарним склінням, що забезпечує природне освітлення внутрішніх приміщень. У проєкті використовуються два розміри вікон: 3000 мм × 2000 мм та 1500 мм × 2000 мм.

3.8 Двері

Зовнішні двері будівлі – одностулкові з лівим напрямком відчинення. Дверне полотно суцільне та виготовлене з дерева. Кожні двері мають ширину 900 мм та висоту 2000 мм. Такий самий тип дверей встановлено на вході, що з'єднує адміністративно-сервісну зону з виробничим цехом. Усередині будівлі також використовуються одностулкові міжкімнатні двері з суцільними дерев'яними полотнами. Ці двері мають розміри 900 мм завширшки та 2000 мм заввишки.

3.9 Ворота

Будівля обладнана двостулковими розпашними воротами, що складаються з двох дерев'яних стулків, встановлених у сталевій рамі. Ворота мають ширину 3000 мм та висоту 3600 мм. У проєкті будівлі передбачено один вузол воріт.

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Опираючись на статтю 23 закону України “Про охорону праці”, який був ухвалений 14 жовтня 1992 р. та здійснює визначення щодо основних тверджень про право громадян конституційно реалізовувати охорону здоров’я та життя під час виробничого процесу. В загальному здійснює впорядкованість в Україні охорони праці – врегульовує співпрацю між відповідним державним органом та власником підприємства, організації та установи або уповноваженим ним органом та спеціаліста з гігієни і безпеки виробничого середовища та праці.

Темою проєкту є: «Модернізація схеми очистки гальванічних стоків».

Цех, в якому працює працівник, складається з таких характеристик: площа – 60 м², об’єм 120 – м³, висота будови 4 м, підлога бетонна, вимощена кислотно стійкою плиткою з аварійними дренажними решітками, на стінах висотою до 1,5 м фарба зеленого кольору, а на висоті 1,5 м знаходиться крейдова побілка. В цеху функціонують два працівники, що підходить під санітарні норми (ДСП 173-96).

На робочій зоні присутні небезпечно шкідливі фактори:

1. Повітря робочої зони
2. Освітлення
3. Виробничий шум та вібрація

4.1. Повітря робочої зони

При аналізі особливостей повітряного простору основним показником являється хімічний склад. В нього входить природне повітря та різні забруднення. Головним фактором, який здійснює циркуляцію повітря та оновлення забрудненого повітря в цеху на чисте являється вентиляція.

Найголовнішим завданням вентиляції є встановлення необхідних умов чистого повітря у виробничому приміщенні.

Існує дві системи способів перенесення повітряних мас – природна та механічна вентиляція. В природній вентиляції повітря переміщується за

					Пояснювальна записка	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою перепаду температур в робочій зоні та повітрям назовні або через вітровий напір.

Механічна вентиляція в свою чергу доочищує похибки природної вентиляції.

Системи механічних вентиляцій розрізняються в напрямках руху повітря. Приливна система забезпечує подачу повітря, а витяжна система забезпечує видалення повітря.

По території дії існує загальнообмінна і місцева вентиляція. В цьому проєкті місцева та загальнообмінна вентиляція сполучена. Загальнообмінна вентиляція представляє собою підтримання належних параметрів повітря по всьому приміщенню. Дана система вентиляції застосовується при рівномірному розподіленні забруднюючих речовин по приміщенню.

Місцева вентиляція представляє собою очищення повітря на зафіксованих робочих місцях. Це здійснюється за допомогою пристроїв забору повітря – всмоктувачів, витяжок, тощо; які розміщують поруч з місцем утворення шкідливого повітря. Відповідно, для економії на виробництві, можливо здійснювати очистку повітря лише на робочих місцях працівників. Це допомагає уникнути розповсюдження шкідливих повітряних мас в цеху та скоротити витрати на вентиляцію шляхом уловлення небезпечних речовин в осередку їх утворення.

Робота працівника цеху належить до категорії Пб, згідно ДСН 3.3.6.042-99.

. Робота працівника є стоячою, при якій здійснюється ходьба та транспортування негабаритних вантажів (до 10 кг). В цій роботі здійснюється помірне фізичне навантаження і енерговитрата працівника становить 201-250 ккал/год.

Робота працівника в приміщенні здійснюється цілий рік, і має відповідні показники клімату для різних пір року, які вказані у табл. 4.1.

					Пояснювальна записка	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця - 4.1. Показники клімату.

Пора року	Категорія роботи	Температура повітря, С		Швидкість руху повітря, м/с		Відносна волога, %	
		Фактична	Допустима	Фактична	Допустима	Фактична	Допустима
У зимовий період	Пб	19	23	0,25	0,3	7	Не більше 65
У літній період	Пб	28	29	0,27	0,3	6	Не більше 65

З наведеної таблиці видно, що показники клімату знаходяться в межах норми.

Для покращення показників клімату у виробництві здійснюють такі дії:

1. Здійснення притяжно-витяжної вентиляції.
2. Покращення процесів на виробництві.
3. Введення теплоізоляції установок для унеможливлення перепаду температур.
4. Створення нормованого часу відпочинку робітників.

4.2. Освітлення

Світло являється однією з основних умов виробничої діяльності, оскільки завдяки ньому працівник встановлює зоровий контакт з середовищем. Завдяки зору людина може сприймати близько 80 % від загальної інформації з довкілля. Коректно встановлене освітлення вдало сприяє роботі нервової системи. Витрати енергії працівника на робочий процес зменшуються, підвищується його

					Пояснювальна записка	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

продуктивність, збільшується якість виготовленої продукції, зменшується випадок травм на підприємстві тощо.

Загальні критерії до виробничого освітлення

Наявні джерела освітлення на підприємстві, для підтримання належних умов, мають відповідати таким критеріям:

1. Освітлення робочої зони має бути відповідно гігієнічних норм відповідного підприємства.
2. На підприємстві має бути рівномірний та стабільний рівень освітлення, що собою являє коректно освітлену робочу зону та відсутність на ній контрастних тіней що рухаються.
3. При роботі немає створюватись блиск який може осліпити.
4. В робочій зоні має використовуватись штучне освітлення, яке максимально наближене до природнього.
5. В роботі мають бути відсутні згубні та несприятливі компоненти, у вигляді шумового забруднення, температурне випромінювання, пожежно-вибухова небезпека, тощо.
6. Освітлення має бути якісним, компактним та міцним в використанні.

Методи при постачанні освітлення:

Керуючись санітарними нормами ДБН В.2.5-28:2018, виробниче приміщення відноситься до першої категорії приміщень, в яких пошук предметів здійснюється в закріпленому напрямленню очей на робочу зону. $E_{необх}=200$ лм.

В оцінці точності виконання робіт, робота фахівця розташовується в розряді найвищої точності.

Забезпечення виробничого освітлення здійснюється:

При штучному освітленні приміщення очисних споруд використовуються сучасні світлодіодні LED-світильники потужністю 40 Вт зі світловим потоком близько 5500 лм. Номінальна напруга живлення світильників становить 220 В. Розрахункова кількість світильників у приміщенні складає 30 шт. Для

					Пояснювальна записка	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращення освітленості та рівномірного розподілу світлового потоку стеля повинна бути пофарбована в тон стін.

Контроль освітлення здійснюється люксометром ТКА-ЛЮКС, не рідше одного разу на рік або після ремонту ламп та світильників.

На підприємстві природнє освітлення здійснюється через віконні рами.

Для доповнення природнього освітлення зі штучним, відповідно ДБН В.2.5-28:2018, рівномірно розміщуються лампи.

4.3. Виробничий шум та вібрація

На підприємстві шум та вібрація утворюється від установок та приладів, таких як насоси, компресори, електродвигуни тощо.

Шум та вібрація від виробництва є дуже небезпечними та негативно відображаються на організмі – виникає біль у голові та вухах, підвищується дратівливість та втома. Також вібрації негативно впливають на роботу установок. Деталі та машини потребують частішого ремонту та оновлення, через що знижується їх працездатність і підвищується ризик аварій.

Ступінь отриманого шуму людиною вираховується спектром частот і рівнем шуму.

На підприємстві реальний показник шуму складає 60 дБА, що відповідає нормі 65 дБА в нормах ДСН 3.3.6.037-99.

Дії, які були здійснені:

Завдяки звукоізоляційним матеріалам, було вдосконалено установки, що спричинило зниження рівня шуму. Було встановлено вентиляційне обладнання та звукоізолюючий кожух.

Загальні засоби по зменшенню шуму та вібрації:

1. Виявлення джерела виникнення шуму та усунення його наслідків.
2. Зниження шуму на усіх етапах виробництва.
3. Забезпечення належним екіпіруванням робітників.

					Пояснювальна записка	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Хромати зазвичай зустрічаються у стічних водах, що утворюються гальванічними підприємствами, фарбувальними заводами текстилю, шкіряно-обробною промисловістю та різними хімічними підприємствами. Підвищені концентрації сполук Cr(VI) та Cr(III) проявляють токсичні та канцерогенні властивості. У розглянутому випадку стічні води забруднені сполуками хрому в концентраціях $C(\text{Cr(VI)}) = 50 \text{ мг/дм}^3$ та $C(\text{Cr(III)}) = 1 \text{ мг/дм}^3$. Ці концентрації перевищують допустимі норми для скидання в міську каналізацію і тому потребують попереднього очищення перед утилізацією.

Для зниження концентрації хрому до прийнятного рівня запропоновано схему очищення стічних вод на основі реагентного методу. Процес очищення включає відновлення шестивалентного хрому до тривалентного хрому з подальшим осадженням гідроксиду хрому та подальшим розділенням на тверду та рідку фази.

У бакалаврському проекті представлено характеристики стічних вод та вимоги до очищення, наведено вибір та обґрунтування запропонованої технологічної схеми, а також розрахунки матеріального балансу, що використовуються для визначення розмірів обладнання. Обговорюються теоретичні основи процесів очищення, що реалізуються в системі, та представлені конструктивні параметри очисної споруди.

Основні очисні установки, що входять до технологічної схеми, включають реактор відновлення, реактор осадження, установки зворотного осмосу, резервуари для розчинів та дозування, резервуар для зберігання очищеної води, резервуар для зберігання осаду та фільтр-прес для зневоднення осаду.

Розділ будівельної частини проекту включає проектування очисної споруди відповідно до чинних санітарних та протипожежних норм. Також підготовлено інженерні креслення технологічної схеми, компоновання установки, а також поздовжні та поперечні розрізи споруди.

					Пояснювальна записка	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

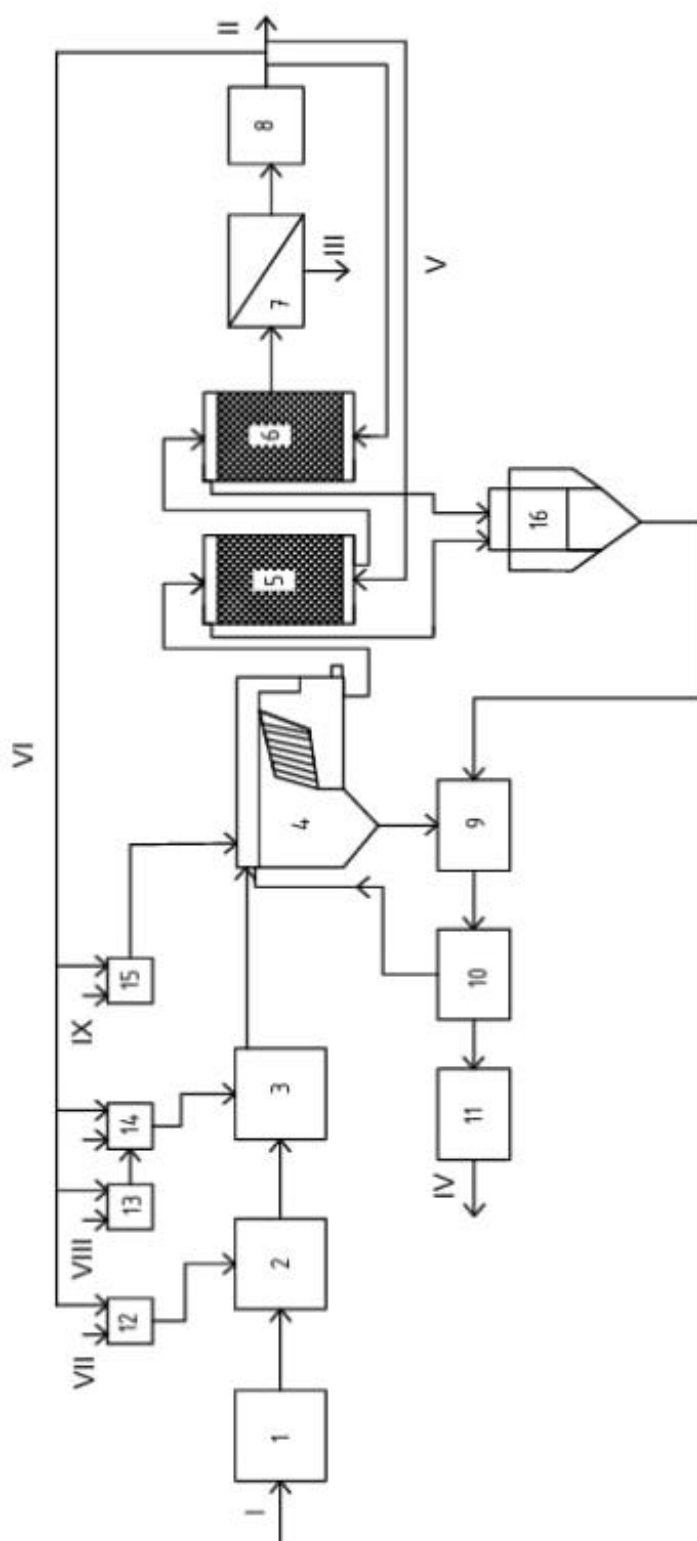
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. та ін. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. – Київ: Лібра, 2000. – 552 с.
2. Гіроль М.М., Гіроль А.М. Технології водовідведення промислових підприємств. – Рівне: НУВГП, 2013. – 625 с.
3. Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Дейкун І.М. «Очисні споруди. Основи проектування». – К.:КПІ, 2007 – 170с.
4. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. та ін. Технології захисту навколишнього середовища. Частина 2. Методи очищення стічних вод. – Херсон: Олді-Плюс, 2019. – 298 с.
5. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти. – Київ: ВПЦ «Київський університет», 1999. – 319 с.
6. Орлов В.О., Мартинов С.Ю. Водовідведення та очищення стічних вод. – Рівне: НУВГП, 2012. – 352 с.
7. Астрелін І.М., Запольський А.К. Фізико-хімічні методи очищення води. – Київ: НТУУ «КПІ», 2005. – 196 с.

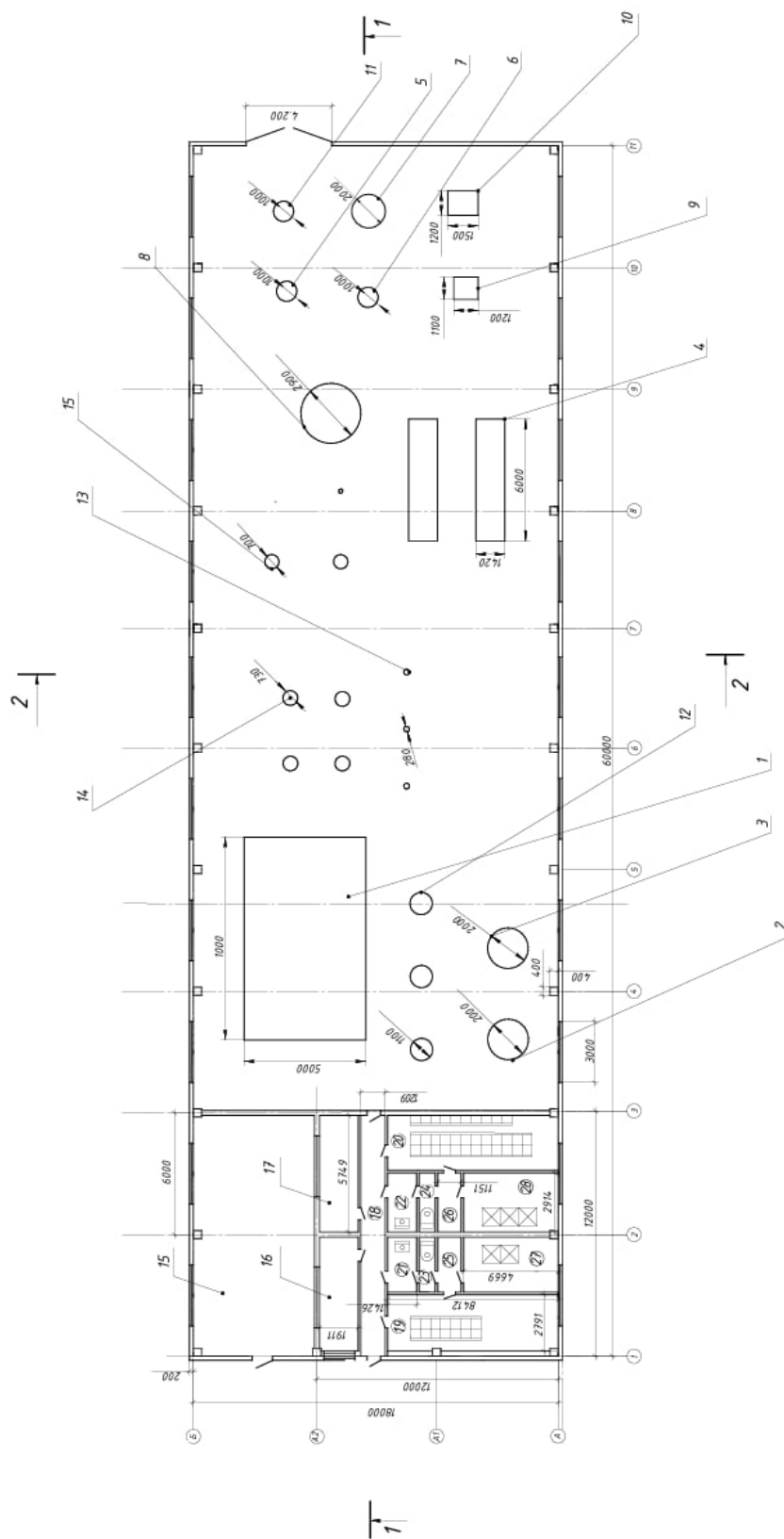
					Пояснювальна записка	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА

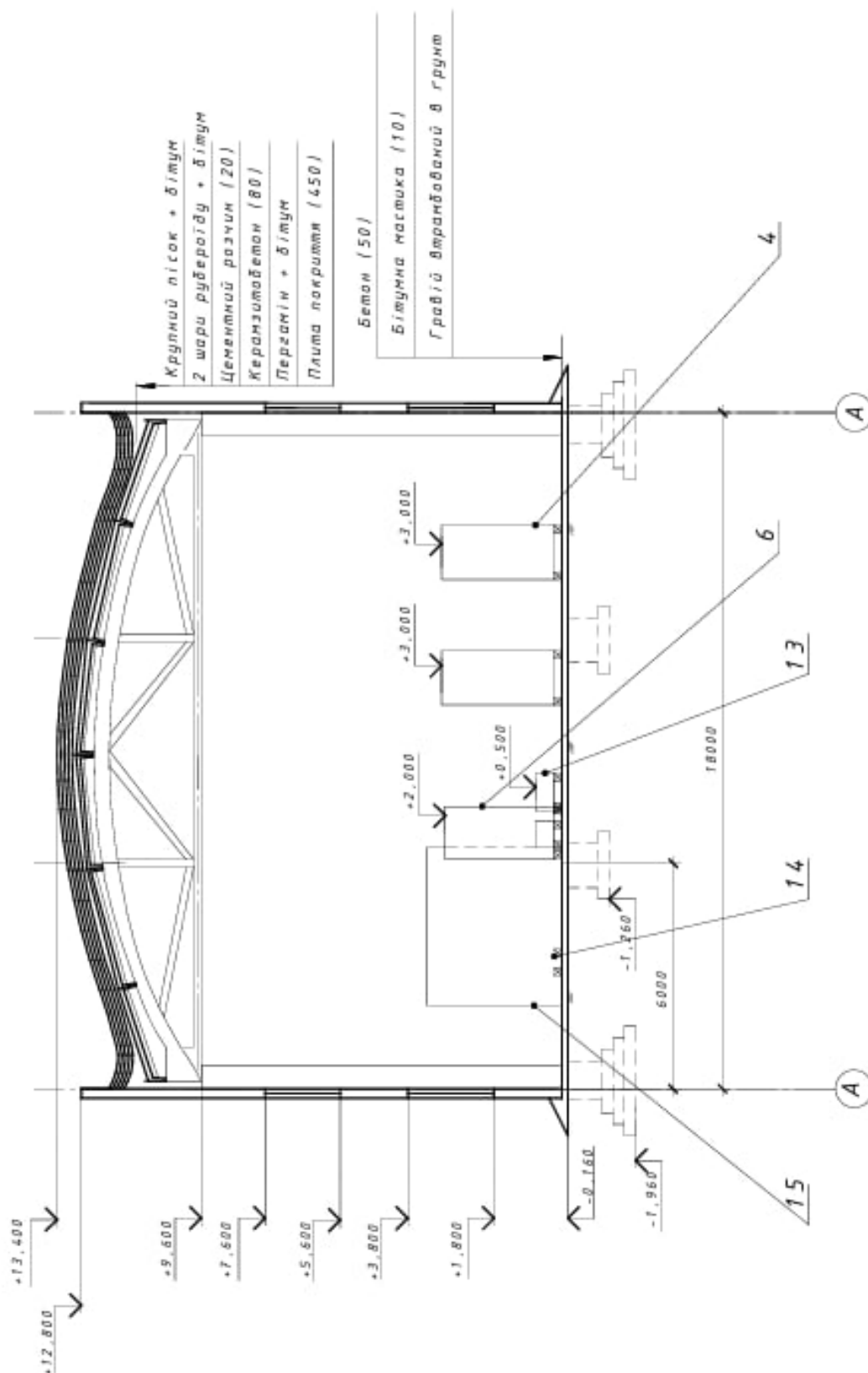


ДОДАТОК Б ПЛАН ЦЕХУ



					ДП ЛЕ21.02.026 ПЦ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

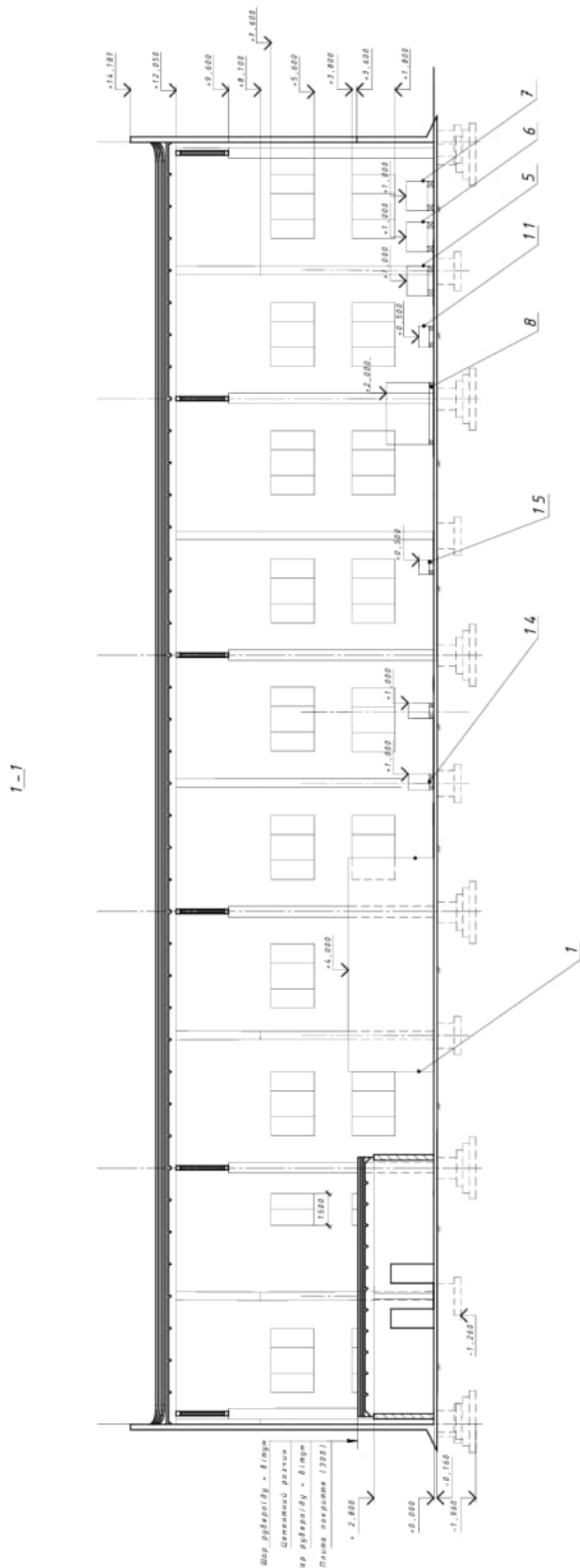
2-2



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

ДОДАТОК Д ПОВЗДОВЖНІЙ РОЗРІЗ ЦЕХУ



ДОДАТОК Е СПЕЦИФІКАЦІЯ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

№	Найменування
1	Накопичувач хромвмісних стоків
2	Реактор відновлення
3	Реактор осадження
4	Тонкошаровий відстійник
5	Вугільний фільтр
6	Механічний фільтр
7	Фільтр зворотнього осмосу
8	Резервуар очищеної води
9	Шламонакопичувач
10	Фільтр-прес
11	Шламосховище
12	Витратний бак сульфату заліза (II)
13	Розчинний бак NaOH
14	Витратний бак NaOH
15	Витратний бак флокулянту
I	Подача стічної води на очищення
II	Скид очищеної води в каналізацію
III	Скид у каналізацію підприємства
IV	Подача води на фільтри
V	Подача води на розведення
VI	Подача FeSO ₄
VII	Подача NaOH
IX	Подача флокулянту

ДОДАТОК Є СПЕЦИФІКАЦІЯ ДО ПЛАНУ ЦЕХУ

№	Найменування
1	Накопичувач хромвмісних стоків
2	Реактор відновлення
3	Реактор осадження
4	Тонкошаровий відстійник
5	Вугільний фільтр
6	Механічний фільтр
7	Фільтр зворотнього осмосу
8	Резервуар очищеної води
9	Шламонакопичувач
10	Фільтр-прес
11	Шламосховище
12	Витратний бак сульфату заліза (II)
13	Розчинний бак NaOH
14	Витратний бак NaOH
15	Витратний бак флокулянту
I	Подача стічної води на очищення
II	Скид очищеної води в каналізацію
III	Скид у каналізацію підприємства
IV	Подача води на фільтри
V	Подача води на розведення
VI	Подача FeSO ₄
VII	Подача NaOH
IX	Подача флокулянту

ДОДАТОК Ж СПЕЦИФІКАЦІЯ ДО ПОПЕРЕЧНОГО РОЗРІЗУ ЦЕХУ

№	Найменування
4	Тонкошаровий відстійник
6	Резервуар очищеної води
13	Розчинний бак флокулянту
14	Витратний бак флокулянту
15	Ворота

ДОДАТОК 3 СПЕЦИФІКАЦІЯ ДО ПОВЗДОВЖНЬОГО РОЗРІЗУ ЦЕХУ

№	Найменування
1	Накопичувач
5	Механічний фільтр
6	Вугільний фільтр
7	Фільтр зворотнього осмосу
8	Резервуар очищеної води
11	Шламосховище
14	Витратний бак NaOH
15	Витратний бак флокулянту

					ДП ЛЕ21.04.026 ПР	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		