

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М. Д. Гомеля

«__» _____ 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності – 161 Хімічні технології та інженерія

**на тему: «Модернізація технологічної схеми очищення стічних вод від
хроматів»**

Виконав:

Студентка IV курсу, групи ЛЦ-11 Попович Софія Леонідівна

Керівник:

доц., д.т.н., Трус І.М.

Консультант з розділу Охорона праці:

ст. викл., к.т.н., Ковтун А. І.

Рецензент:

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

Студент(-ка)

Київ – 2025 рік

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання дипломного проєкту	2	
2	A4	ДП ЛЦ11.00.014 ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A1		Таблиця вихідних даних та вимоги до якості води	1	
4	A1		Технологічна схема	1	
5	A1		Генеральний план	1	
6	A1		План цеху	1	
7	A1		Поздовжній розріз цеху	1	

				ДП ЛЦ-11.00.014 ПЗ		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Попович С. Л.			Відомість дипломного проєкту	Арк.	Аркушів
Керівн.	Трус І. М.				2	
Зав. каф.	Гомеля М. Д.				КПП ім. Ігоря Сікорського каф. Е та ТРП ГР. ЛЦ-11	

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо-професійна програма «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Микола ГОМЕЛЯ
«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студентці
Попович Софії Леонідівні

1. Тема проєкту «Модернізація технологічної схеми очищення стічних вод від хроматів», керівник проєкту Трус Інна Миколаївна, доцент., д.т.н., затверджені наказом по університету від «20» 05 2025 р. №1653-с.
2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2025 року.
3. Вихідні дані до проєкту: Витрата води – 203,7 м³/добу; концентрація хроматів – 128 мг/дм³; концентрація сульфатів – 420 мг/дм³; концентрація іонів Cr³⁺ – 4,6 мг/дм³; рН – 2,0 ÷ 7,5. Місце скиду стічних вод – міська каналізація м. Києва.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, обґрунтування розробки проєкту по модернізації схеми очищення стічних вод гальванічної дільниці, технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд, будівельна частина, охорона праці, висновки, список використаної літератури, додатки.
5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема, план цеху з розташуванням очисних споруд, повздовжній переріз цеху.
6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун А. І., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 19 травня 2025 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Отримання завдання	19.05.2025	Виконано
2	Розробка та обґрунтування технологічної схеми	20.05.2025-24.05.2025	Виконано
3	Виконання розрахунку матеріального балансу	24.05.2025-28.05.2025	Виконано
4	Виконання розрахунків очисних споруд	29.05.2025-03.06.2025	Виконано
5	Виконання будівельної частини проєкту	04.06.2025-06.06.2025	Виконано
6	Опрацювання розділу охорони праці	06.06.2025-07.06.2025	Виконано
7	Виконання графічної частини проєкту	08.06.2025-10.06.2025	Виконано

Студент _____

Попович С.Л.

Керівник _____

Трус І.М.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Модернізація технологічної схеми очищення стічних вод від
хроматів»

Київ – 2025 року

АНОТАЦІЯ

Метою дипломного проєкту є розробка модернізованої технологічної схеми очистки хромовмісної стічної води.

У роботі наведено характеристики та вимоги до стічних вод, розглянуто методи їх очищення, зокрема розробку та обґрунтування технологічної схеми очищення промивних вод методом електрокоагуляції. Проведено розрахунок матеріального балансу, представлено блок-схему та охарактеризовано основні процеси, що реалізуються в цій технологічній схемі.

Виконано розрахунки технологічних і гідравлічних параметрів установок водопідготовки, а також здійснено вибір основних конструктивних елементів цеху. Додатково розроблено креслення плану будівлі у масштабі 1:100 та технологічної схеми у масштабі 1:50.

ХРОМАТИ, ПРОМИВНІ ВОДИ, ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЯ, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ANNOTATION

The purpose of the diploma project is to develop a modernized technological scheme for the treatment of chromium-containing wastewater.

The paper presents the characteristics and requirements for wastewater, considers methods for their treatment, in particular, the development and justification of a technological scheme for the treatment of washing water by the electrocoagulation method. The material balance is calculated, a block diagram is presented and the main processes implemented in this technological scheme are characterized.

Calculations of technological and hydraulic parameters of water treatment plants are performed, and the main structural elements of the workshop are selected. Additionally, a drawing of the building plan on a scale of 1:100 and a technological scheme on a scale of 1:50 are developed.

CHROMATES, WASTEWATER, ELECTROCOAGULATION, MATERIAL BALANCE, TECHNOLOGICAL SCHEME.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

ВСТУП.....	10
1. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ ПО МОДЕРНІЗАЦІЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	13
2.1. Характеристика води, вимоги до очищеної води	13
2.2. Вибір та обґрунтування технологічної схеми	14
2.3. Розрахунок матеріального балансу	18
2.3.1 Вхідні дані для розрахунку матеріального балансу	18
2.4. Технологічні дані про хімічні та фізичні процеси що відбуваються в даній технологічній схемі.....	26
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД	32
3.1. Розрахунок приймальної камери	32
3.2. Розрахунок камери реакції	32
3.3. Розрахунок електрокоагулятора	33
3.4. Розрахунок йоршового змішувача.....	34
3.5. Розрахунок тонкошарового відстійника	34
3.6. Розрахунок стрічкового фільтру.....	35
3.7. Розрахунок біовугільного фільтру	38
3.8. Розрахунок резервуару очищеної води.....	38
3.9. Розрахунок витратного баку вапна	39
3.10. Розрахунок витратного баку флокулянту	40
3.11. Розрахунок шламосховища хромовмісних осадів	40

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

3.12. Розрахунок фільтр-пресу.....	41
3.13. Розрахунок аератора	41
4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	42
4.1. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі.....	42
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
ВИСНОВОК.....	50
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТОК А.....	54
ДОДАТОК Б.....	55
ДОДАТОК В	56
ДОДАТОК Г.....	57
ДОДАТОК І.....	58

ВСТУП

Наразі промисловість можна охарактеризувати як галузь що стрімко нарощує виробничі потужності. Це позитивно впливає на економічний розвиток, проте для довкілля це має негативний ефект адже зростає техногенне навантаження. Особливо важливою та актуальною є проблема забруднення водойм промисловими стоками які містять в собі токсичні речовини та важкі метали.

До найнебезпечніших промислових забруднювачів відноситься категорія хромовмісних сполук. Сполуки шестивалентного хрому широко застосовуються в металургії, гальванотехніці, електроніці та хімічній промисловості. Висока токсичність та канцерогенність цих речовин становить загрозу для здоров'я людини та довкілля. З огляду на цю проблему виникає необхідність у впровадженні ефективних та екологічно безпечних технологій очищення стічних вод від хроматів.

Збільшення різноманітності та обсягів виробництва високотехнологічної продукції на підприємствах сприяє ускладненню складу стічних вод, цей процес потребує удосконалення вже існуючих методів очистки та розробки нових технологічних рішень.

Метою дипломного проекту є розробка модернізованої установки очищення стічних вод від хроматів методом електрокоагуляції з урахуванням техніко-економічних та екологічних вимог. У межах проекту передбачено аналіз джерел утворення забруднення, оцінку ефективності існуючої очисної системи та розробку нової технологічної схеми з підвищеними показниками очищення.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ ПО МОДЕРНІЗАЦІЇ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

У процесі роботи гальванічної дільниці КП СПБ «Арсенал» утворюються стічні води, що містять хімічно небезпечні компоненти, зокрема сполуки шестивалентного хрому (Cr^{6+}). Дані речовини характеризуються високим рівнем токсичності, а їх потрапляння у навколишнє середовище може становити загрозу не лише для довкілля, а й для здоров'я людини. Водночас, існуюча система очищення вже морально і технічно застаріла та не забезпечує стабільного досягнення нормативів гранично допустимих скидів.

На даний момент на підприємстві функціонує така система очистки стічних вод:



Рисунок 1.1 – Схема очисних споруд

Контроль якості усіх стічних вод, що скидаються у каналізаційну мережу міста проводиться спеціалізованою лабораторією.

Аналіз технологічної лінії показав наявність певних недоліків – нерівномірне дозування реагентів, перевантаження окремих вузлів, неефективне зневоднення осаду. Також відсутні сучасні етапи доочистки, які дозволили б зменшити залишкову концентрацію хроматів до рівня, встановленого чинними екологічними нормами.

У зв'язку з цим, виникає необхідність у впровадженні модернізованої схеми очищення стічних вод, яка забезпечить стабільну та ефективну роботу очисної установки в умовах дійсного навантаження. Запропоновані технічні рішення передбачають використання поетапного очищення з попередньою аерацією, електрокоагуляцією із застосуванням залізних анодів, флокуляцією, вапнуванням, тонкошаровим відстійником, біофільтрацією та сучасними методами зневоднення осаду.

Окрему увагу в проєкті приділено автоматизації процесів дозування реагентів та контролю якості очищення, а також реконструкції шламосховища та резервуарів очищеної води відповідно до нових гідравлічних параметрів.

Реалізація проєкту дозволить значно підвищити надійність роботи очисної системи, зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище та забезпечити відповідність чинним нормативним документам (ДСП, ДСТУ, ДБН, НПАОП). Враховано також покращення умов праці персоналу за рахунок автоматизації окремих етапів та впровадження сучасних засобів контролю.

Модернізація є економічно обґрунтованим кроком, що дозволить підприємству зменшити витрати, пов'язані з утилізацією відходів і реагентів, уникнути штрафів та забезпечити екологічну безпеку виробництва.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика води, вимоги до очищеної води

Для скидання в каналізацію промислові стічні води після очищення, повинні бути безпечними для навколишнього середовища та здоров'я людей. Вони не повинні містити: токсичних сполук, нерозчинних олій, сміття, кислот, радіоактивних речовин. Також у складі стічних вод не повинно бути речовин, для яких відсутні встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК).

Характеристики вихідної води та вимоги до стічних вод, що приймаються до централізованої системи водовідведення м. Києва, представлено у табл. 1.1. Важливо, що якість стічних вод має суворо відповідати нормам, встановленим правилами прийому стічних вод «Київводоканалу».

Таблиця 1.1 – Характеристики вихідної води

Показник	Вміст в вихідній воді, г/м ³ (°)	Вимоги до скиду в каналізацію, г/м ³
pH	2,0 ÷ 8,5	6,5 – 9,0
Cr ⁶⁺	55,0 – 128,0	> 0,1
Cr ³⁺	1,5 – 4,6	> 2,5
Cl ⁻	37,0 – 115,0	> 350
SO ₄ ²⁻	97,3 – 360,0	> 400
Температура	(18,0 – 40,0)	(≥ 40,0)

Зокрема також приведено дані:

Продуктивність очисних споруд 203,7 м³/добу.

Для забезпечення належної якості очищених вод необхідно впровадити нормативи щодо вмісту важких і кольорових металів, алюмінію, фосфатів та

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

азотних сполук. Ці нормативи визначають максимально допустимі концентрації зазначених компонентів, що сприяє збереженню екологічної безпеки водних ресурсів.

2.2. Вибір та обґрунтування технологічної схеми

Рациональне використання водних ресурсів, підвищення вимог до якості очищених стічних вод і необхідність дотримання екологічних норм обумовлюють потребу в модернізації існуючих систем очищення. Одним з актуальних завдань є створення ефективної технології знешкодження хромвмісних стічних вод гальванічних виробництв, які містять високотоксичні сполуки шестивалентного хрому (Cr^{6+}), а також іони Cr^{3+} та Fe^{3+} .

На гальванічній ділянці КП СПБ «Арсенал» формуються стічні води з концентрацією хроматів до $128,0 \text{ мг/дм}^3$. Такі стоки належать до висококонцентрованих і потребують застосування вискоефективних методів очищення. Серед можливих технологічних рішень – хімічне відновлення, сорбція, мембранні процеси, біологічна обробка. Проте більшість з них мають суттєві обмеження: високу вартість реагентів, утворення додаткових регенераційних стоків, складність експлуатації тощо.

У цих умовах доцільним і ефективним є застосування електрокоагуляції – методу, який базується на електрохімічному розчиненні залізних або алюмінієвих анодів з утворенням гідроксидів металів, що виступають коагулянтами. Цей підхід дозволяє не лише ефективно знешкоджувати хромати, а й скоротити використання дорогих реагентів і зменшити кількість шкідливих побічних продуктів (рис. 2.1).

Технологічна схема побудована за поетапним принципом з урахуванням специфіки виробництва та оптимізації експлуатаційних витрат.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

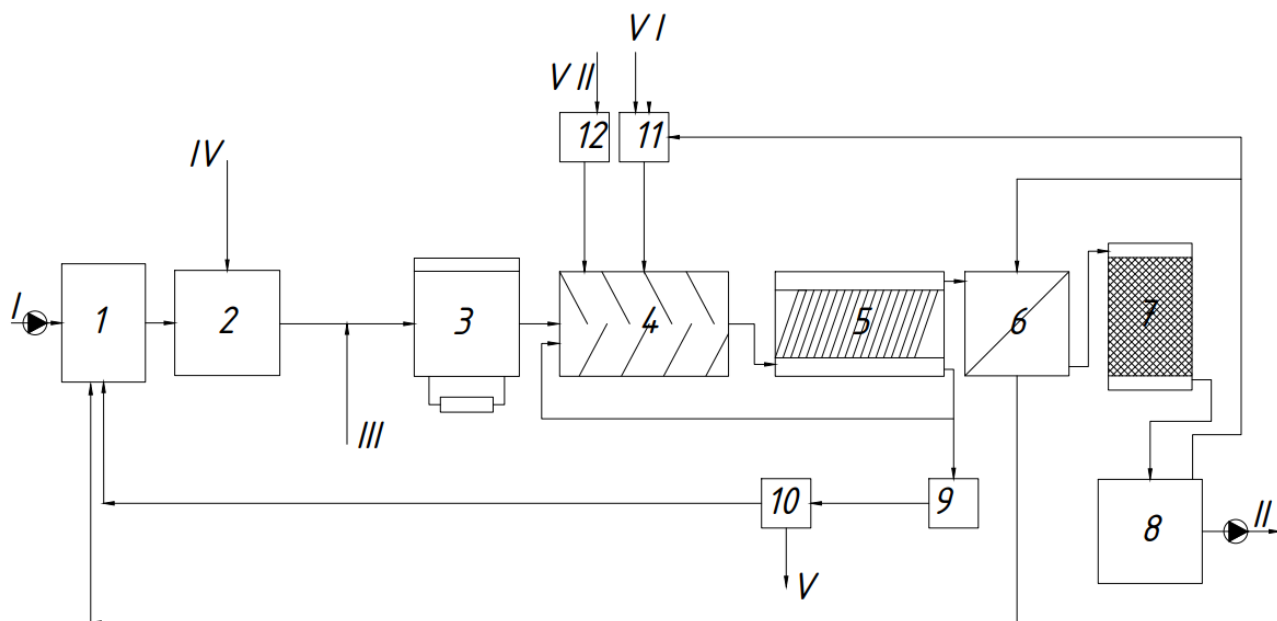


Рисунок 2.1 – Технологічна схема очищення стічних вод від хроматів

1 – приймальна камера; 2 – камера реакції; 3 – електрокоагулятор; 4 – йоршовий змішувач; 5 – тонкошаровий відстійник; 6 – стрічковий фільтр; 7 – біовугільний фільтр; 8 – резервуар очищеної води; 9 – шламосховище; 10 – фільтр-прес; 11 – витратний бак флокулянту (ПАА); 12 – витратний бак вапна.

I – подача стічної води на очищення; II – скид очищеної води у каналізацію; III – аерація; IV – подача реагенту для вирівнювання рН; V – зневоднений осад на утилізацію; VI – подача сухого вапна; VII – подача флокулянту (ПАА);

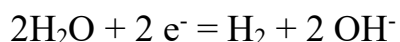
Схема передбачає наступні стадії:

На першому етапі відбувається подача стічної води у приймальну камеру (1) для усереднення та накопичення. Після приймальної камери вода поступає в камеру реакції (2) де встановлюється оптимальний рН (3–6) за допомогою дозування NaOH. Це необхідно для підготовки середовища до ефективного електрохімічного відновлення Cr^{6+} . Між камерою реакції та електрокоагулятором (3) відбувається процес аерації. Аерація сприяє утворенню активних гідроксидних

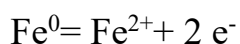
комплексів які краще адсорбують забруднення та їх легше видаляти. В самому електрокоагуляторі (3) відбувається розчинення анодів і утворення Fe^{2+} , який у присутності кисню окиснюється до Fe^{3+} . У свою чергу, Fe^{3+} і OH^- утворюють гідроксид заліза, що осаджує Cr^{3+} у вигляді $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Анод – титанова комірка з заповненням залізною стружкою або алюмінієм.

Основні процеси можна представити рівняннями:

Катод:



Анод:



Розчин:



У йоршовий змішувач (4) додається флокулянт та гідроксид кальцію з витратних баків (11) і (12). Це сприяє агрегації частинок і формуванню щільного осаду. Після цього суміш прямує у тонкошаровий відстійник (5), установлена конструкція забезпечує високу ефективність осадження завдяки збільшеній площі відстою. Зібраний осад надходить до шламосховища (9). Для підвищення ефективності процесів утворення осадів у змішувач повертається ~ 6 % осаду з тонкошарового відстійника. Вода, очищена від основної маси забруднень, проходить крізь стрічковий фільтр (6) забезпечує механічне доочищення, видаляючи залишкові завислі речовини. Промивні води повертаються в приймальну камеру. А потім вода фільтрується через біовугільний фільтр (7), використовуючи сорбційний фільтр із біовугілля сосни, що дозволяє досягти ступеня очищення до 99 %. Висока ефективність досягається при мінімальних витратах сорбенту.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Очищена вода накопичується в резервуарі (8) і подається до загальної каналізації (II).

Осад із відстійника та стрічкового фільтра збирається у шламосховищі, після чого подається на фільтр-прес для зневоднення. Фільтр-прес забезпечує ефективне механічне видалення вологи з осаду, зменшуючи його об'єм. Зневоднений осад може бути використаний як компонент керамічної маси, що дозволяє утилізувати відходи без шкоди довкіллю. Вода, відокремлена під час зневоднення, повертається у приймальну камеру для повторного очищення.

Технологічна схема характеризується високим ступенем очищення, технологічною простотою, низькими експлуатаційними витратами та екологічною безпечністю. Потужність установки – 203,7 м³/добу – добре відповідає характеристикам обраного методу.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Розрахунок матеріального балансу

2.3.1 Вхідні дані для розрахунку матеріального балансу

В таблиці 2.2 зазначені вихідні дані для розрахунку матеріального балансу.

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних даних для розрахунку матеріального балансу

Назва показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
Виробнича потужність установки	м ³ /добу	203,7
Концентрація вапна у витратному баку	%	10,0
Вміст основного компоненту у технічному реагенті(вапні)	%	60,0
Густина 10%-ї суспензії вапна	г/см ³	1,02
Концентрація Cr ⁶⁺ у стічній воді	г/м ³	128
Концентрація змулених речовин у воді, що виходить з відстійника	г/м ³	8,0
Концентрація твердих домішок у осаді після відстійника	г/м ³	20000,0
Термін ущільнення осаду	год	6,0
Час роботи станції за добу	год	8,0
Концентрація флокулянту у витратному баку	%	0,5
Витрата очищеної води на промивку фільтра	м ³ /добу	20,7
Вміст хрому(III) у стічній воді	г/м ³	4,6
Вміст сульфатів у стічній воді	г/м ³	420,0
Каламутність води після фільтра	г/м ³	1,5
pH стічної води	---	2,0 - 4,5
Вологість осаду після фільтр-пресу	%	50,0

Створюємо блок-схему матеріального балансу (рис. 2.1)

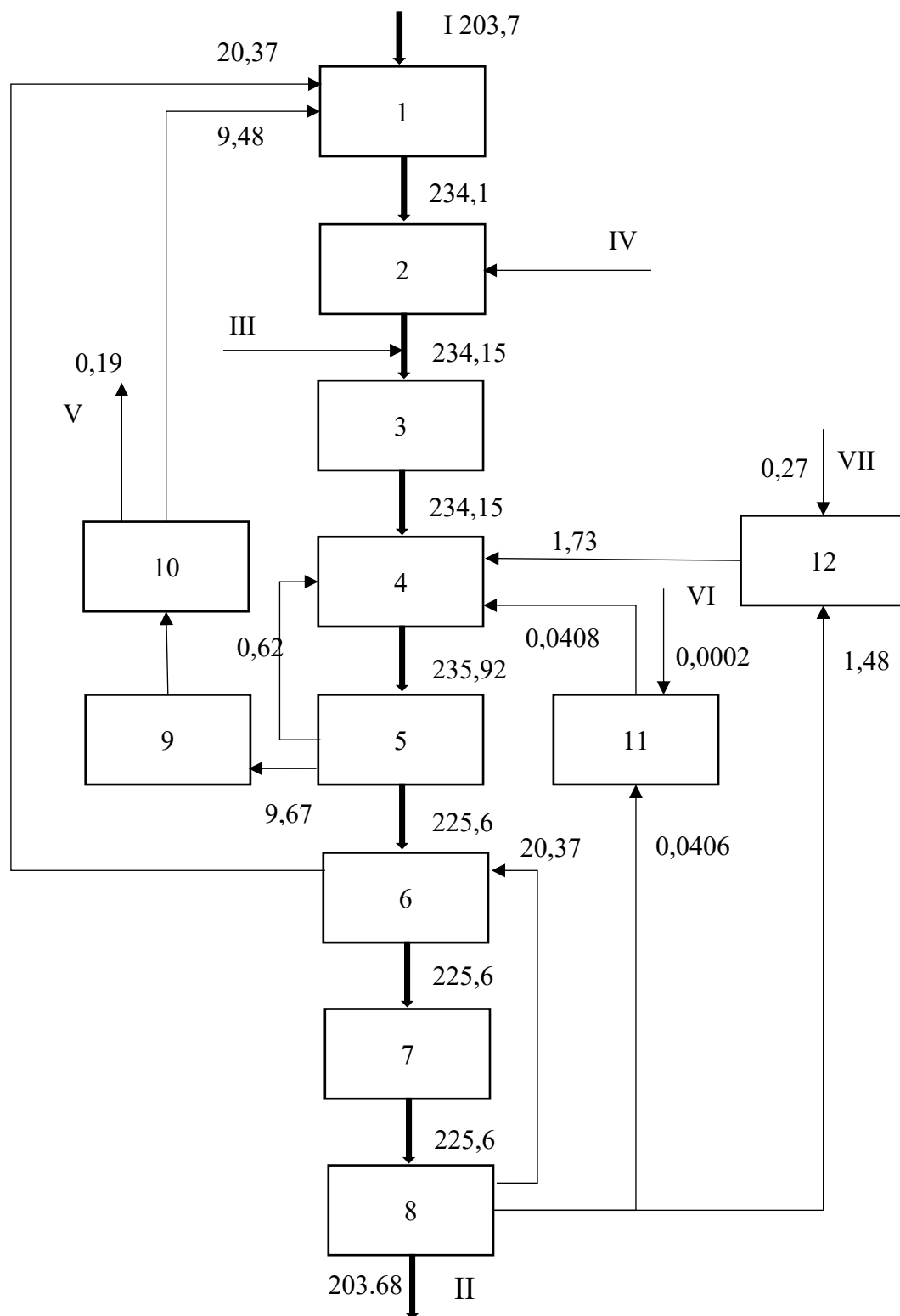


Рисунок 2.2 – Блок-схема до розрахунку матеріального балансу

1 – приймальна камера; 2 – камера реакції; 3 – електрокоагулятор;
4 – йоршовий змішувач; 5 – тонкошаровий відстійник; 6 – стрічковий фільтр;
7 – біовугільний фільтр; 8 – резервуар очищеної води; 9 – шламосховище;
10 – фільтр-прес; 11 – витратний бак флокулянту (ПАА); 12 – витратний бак вапна.

I – подача стічної води на очищення; II – скид очищеної води у каналізацію;
III – аерація; IV – подача реагенту для вирівнювання рН; V – зневоднений осад на утилізацію

Проведення розрахунку матеріального балансу

В даному випадку виробнича потужність водоочисної станції становить:

$$Q = 203,7 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.1)$$

Визначаємо кількість Fe^{2+} , що утворюється в електрокоагуляторі:

$$Q_{\text{Fe}} = \frac{q_{\text{Fe}} C_{\text{Cr}} q \cdot 8}{1000k} = \frac{2,5 \cdot 128 \cdot 25,46 \cdot 8}{1000 \cdot 0,8} = 81,472 \text{ кг/добу} \quad (2.2)$$

де: q_{Fe} – питома витрата заліза, мг, на 1 мг Cr^{6+} , C_{Cr} – концентрація Cr^{6+} , q – витрата стічної води, $\text{м}^3/\text{год}$ (при 8 годинній роботі), k – вихід за струмом (0,8)

Визначаємо кількість утворених хромвмісних стоків за годину:

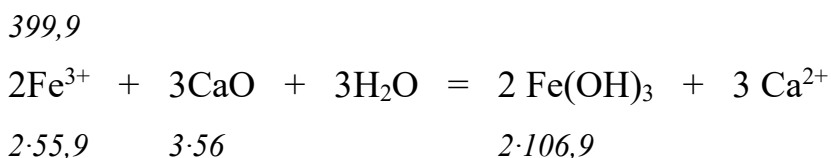
$$q = 203,7/8 = 25,46 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.3)$$

Визначаємо концентрацію Fe^{2+} в електрокоагуляторі:

$$C_{\text{Fe}} = \frac{Q_{\text{Fe}}}{Q} = \frac{81,472}{203,7} = 399,9 \text{ г/м}^3 \quad (2.4)$$

При відновленні хроматів (Cr^{6+}) до (Cr^{3+}) іони Fe^{2+} окислюються до Fe^{3+} . При обробці води вапном відбувається гідроліз іонів Fe^{3+} та іонів Cr^{3+} . Тому потрібно розрахувати витрату вапна на гідроліз іонів Fe^{3+} та Cr^{3+} .

Розраховуємо витрату вапна на гідроліз Fe^{3+} буде:



					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$q_{\text{CaO(Fe)}} = \frac{399,9 \cdot 3 \cdot 56}{2 \cdot 55,9} = 600,9 \text{ г/м}^3 \quad (2.5)$$

Розраховуємо концентрацію Fe(OH)_3 воді після гідролізу:

$$C_{\text{Fe(OH)}_3} = \frac{399,9 \cdot 2 \cdot 106,9}{2 \cdot 55,9} = 764,7 \text{ г/м}^3 \quad (2.6)$$

Концентрація іонів $\text{C}(\text{Cr}^{3+})$ дорівнюватиме сумі концентрацій присутніх у воді іонів Cr^{3+} на вході в очисні споруди та утворених після відновлення хроматів в електрокоагуляторі.

$$\text{Cr}^{3+} = 128 + 4,6 = 132,6 \text{ г/м}^3 \quad (2.7)$$

Розраховуємо витрату вапна по Cr^{3+} :

$$\begin{array}{ccccccc} 128,0 & & & & & & \\ 2\text{Cr}^{3+} & + & 3\text{CaO} & + & 3\text{H}_2\text{O} & = & 2\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{Ca}^{2+} \\ 2 \cdot 52 & & 3 \cdot 56 & & & & 2 \cdot 103 \\ q_{\text{CaO(Cr)}} & = & \frac{128,0 \cdot 168,0}{104,0} & = & 206,8 \text{ г/м}^3 & & \end{array} \quad (2.8)$$

Розраховуємо концентрацію Cr(OH)_3 :

$$C_{\text{Cr(OH)}_3} = \frac{128,0 \cdot 206,0}{104,0} = 253,5 \text{ г/м}^3 \quad (2.9)$$

Визначаємо загальну витрату вапна:

$$q_{\text{CaO(Fe,Cr)}} = 600,9 + 206,8 = 807,7 \text{ г/м}^3 \quad (2.10)$$

Визначаємо необхідну масу чистого вапна на добу,:

$$m_{\text{CaOч}} = C_{\text{CaO}} \cdot Q = 807,7 \cdot 203,7 = 164529 \text{ г} = 164,5 \text{ кг} \quad (2.11)$$

Враховуючи вміст основного компоненту 60 % у технічному продукті визначаємо масу технічного продукту:

$$m_{\text{CaOт}} = \frac{164,5}{0,6} = 274,2 \text{ кг} \quad (2.12)$$

Розраховуємо витрату технічного вапна:

$$q_{\text{CaOт}} = 274,2 / 1000 = 0,2742 \text{ т/добу} \quad (2.13)$$

Масова частка вапна в розчині, який подається – 10 %

Розраховуємо кількість води, яка необхідна для розведення,:

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$V_{H_2O} = \frac{m_{CaO} \cdot 95}{5} = \frac{164,5 \cdot 90}{10} = 1480,5 \text{ дм}^3 = 1,48 \text{ м}^3 \quad (2.14)$$

Подача води для розведення вапна буде:

$$q_{8-12} = 1,48 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.15)$$

Розраховуємо загальну масу розчину вапна:

$$m_{\text{розчину}} = m_{CaO} + m_{H_2O} = 274,2 + 1480,5 = 1754,7 \text{ кг} = 1,76 \text{ т} \quad (2.16)$$

Розраховуємо об'єм розчину вапна:

$$V_{CaO} = \frac{m_{\text{розчину}}}{\rho_{CaO}} = \frac{1,76}{1,02} = 1,73 \text{ м}^3 \quad (2.17)$$

де ρ_{CaO} – густина 10 % розчину CaO , $\rho_{CaO} = 1,02 \text{ т/м}^3$

Отже, подача розчину вапна у змішувач становить:

$$q_{12-4} = 1,73 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.18)$$

Доза флокулянту становить близько $1-3 \text{ мг/дм}^3 = 1 \text{ г/м}^3$

Визначаємо необхідну масу флокулянту на добу,:

$$m_{\text{фл}} = q_{\text{фл}} \cdot Q = 1 \cdot 203,7 = 203,7 \text{ г} = 0,204 \text{ кг} \quad (2.19)$$

Визначаємо кількість води для розведення флокулянту у витратному баку:

$$V_{H_2O} = \frac{m_{\text{фл}} \cdot 99,5}{0,5} = \frac{0,204 \cdot 99,5}{0,5} = 40,596 = 0,0406 \text{ м}^3 \quad (2.20)$$

Подача води для розведення флокулянту буде:

$$q_{8-11} = 0,0406 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.21)$$

Розраховуємо загальну масу розчину флокулянту:

$$m_{\text{розчину}} = m_{\text{фл}} + m_{H_2O} = 0,204 + 40,6 = 40,8 \text{ кг} = 0,041 \text{ т} \quad (2.22)$$

Отже, подача розчину флокулянту у змішувач становить:

$$q_{11-4} = 0,041 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.23)$$

Загальна концентрація осаду $C_{Cr(OH)_2}$ та $C_{Fe(OH)_2}$,:

$$C_{oc} = 764,7 + 253,5 = 1018,2 \text{ г/м}^3 \quad (2.24)$$

Визначаємо об'єм осаду, що надходить в шламосховище і далі на фільтр-перс:

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$W_{oc} = \frac{Q(C_{oc}-m)}{\delta} = \frac{203,7(1018,2-8)}{20000} = 10,29 \text{ м}^3 \quad (2.25)$$

де m – концентрація осаду, що надходить на механічні фільтри, $m = 8 \text{ г/м}^3$; δ – концентрація твердої фази в осаді, 20000 г/м^3 .

Визначаємо масу осаду що рециркулює:

$$M_{p.o.} = 10,29 \cdot 0,06 = 0,62 \quad (2.26)$$

$$q_{5-4} = 0,62 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.27)$$

Визначаємо витрату осаду з відстійника на фільтр-прес:

$$q_{5-9} = 10,29 - 0,62 = 9,67 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.28)$$

Приймаємо зниження вологості осаду на фільтр-пресі до 50 %.

Визначаємо масу зневодненого осаду по сухій речовині:

$$M_{знев} = 9,67 \cdot \frac{20000}{1000000} = 0,1934 \text{ т} \approx 0,19 \text{ т} \quad (2.29)$$

Визначаємо масу осаду з 50 % вологістю

$$M = 0,19/0,5 = 0,38 \text{ т} \quad (2.30)$$

Відведення осаду на переробку становить:

$$q_v = 0,19 \text{ т/добу} \quad (2.31)$$

Витрата фільтрату, що повертається назад на очистку становить:

$$q_{10-1} = 9,67 - 0,19 = 9,48 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.32)$$

Виходячи із блок-схеми матеріального балансу розраховуємо значення інших потоків.

Подача води в приймальну камеру 1 дорівнює: $q_1 = Q = 203,7 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Подача води, що надходить у електрокоагулятор і далі у змішувач становить:

$$q_{1-2} = q_{2-3} = q_{3-4} = q_1 + q_{10-1} + q_{7-1} = 203,7 + 9,48 + 20,37 = 233,55 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.33)$$

Згідно наведених розрахунків подача води у відстійник становить:

$$q_{4-5} = q_{3-4} + q_{12-4} + q_{11-4} + q_{5-4} = 233,55 + 1,73 + 0,041 + 0,62 = 235,32 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.34)$$

Подача води на фільтр та в резервуар очищеної води становить:

$$q_{5-6} = q_{6-7} = q_{7-8} = q_{4-5} - q_{5-9} = 235,32 - 10,29 = 225,65 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.35)$$

Добова витрата води, що скидається в каналізацію становить:

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$q_{II} = q_{7-8} - q_{8-6} - q_{8-11} - q_{8-12} = 225,65 - 20,37 - 0,0406 - 1,48 = 203,7 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.36)$$

Витрата води, що подається на промивку фільтрів (q_{6-5}) складає 10 % від витрати очищеної води:

$$q_{6-5} = 203,7 \cdot 0,1 = 20,4 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.37)$$

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.3 – Таблиця матеріального балансу

№	Назва потоку	Значення, м ³ /добу (т/добу)
1	Подача води на очищення (q_I)	203,7
2	Скид води у каналізацію (q_{II})	203,6
3	Добова витрата заліза у електрокоагуляторі	(0,082)
4	Добова витрата технічного вапна	(0,2742)
5	Об'єм води, що подається у витратний бак вапна(q_{8-12}) за добу	1,48
6	Об'єм води, що подається у витратний бак флокулянту (q_{8-11}) за добу	0,041
7	Витрата шлам у відстійника у фільтр-прес(q_{5-9})	10,2
8	Витрата води із камери 1 в камеру реакції 2 (q_{1-2}) та в електрокоагулятор 3 (q_{2-3})	234,15
9	Витрата води із електрокоагулятора 3 у змішувач 4 (q_{3-4})	234,15
10	Витрата води із змішувача 4 у відстійник 5 (q_{4-5})	235,92
11	Витрата води із відстійника на фільтр (q_{5-6}), з фільтра на біовугільний фільтр (q_{6-7}), та в резервуар чистої води (q_{7-8})	225,63
12	Витрата води на промивання фільтрів(q_{8-6})	20,4
13	Відведення води після промивання фільтрів(q_{6-1})	20,4
14	Повернення фільтрату із фільтр-пресу у приймальну камеру(q_{9-1})	10,1
15	Відведення осаду на переробку(q_v)	(0,21)

2.4. Технологічні дані про хімічні та фізичні процеси що відбуваються в даній технологічній схемі

Аерація відіграє ключову роль у процесі електрокоагуляції, особливо при очищенні води від стійких органічних речовин і мікрозабрудників. Її значення не зводиться лише до постачання кисню – вона прямо впливає на ефективність формування коагулянтів і деструкцію забруднювачів.

У присутності розчиненого кисню залізні електроди, які зазвичай використовуються в електрокоагуляції, утворюють активні гідроксидні комплекси з полярною структурою. Ці комплекси краще адсорбують забрудники та сприяють агрегуванню частинок у більші флокули, які можна легко видалити. При цьому аерація сприяє окисненню розчинених металів (наприклад, Fe^{2+} до Fe^{3+}), що, у свою чергу, покращує коагуляційну здатність системи.

Крім того, як підкреслюється в дослідженнях впливу аерації на електрокоагуляцію, подача повітря сприяє подальшій деградації певних органічних речовин через генерацію гідроксильних радикалів. Це особливо помітно у випадках поєднання електрокоагуляції з аеробними процесами, де аерація значно підвищує швидкість і ступінь окиснення складних сполук.

У практичному сенсі, контрольована аерація дає змогу оптимізувати витрати електроенергії та покращити стабільність процесу – менше завислих фрагментів, краща осаджуваність і вища якість очищення.

Регулювання рівня рН це надзвичайно важливий етап в очищенні стічних вод, що дозволяє контролювати кислотність або лужність розчину за допомогою спеціальних реагентів. Для коригування рівня рН, тобто підвищення або зниження його рівня, застосовують гідроксид натрію для пілужнення, та соляну кислоту для підкислення. Застосування цих реагентів дозволяє створити оптимальні умови для подальшої коагуляції та ефективного осадження хрому. Часто регулювання є

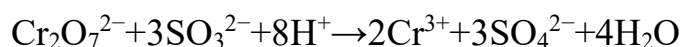
					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

необхідним після певних етапів очищення, наприклад, аерації або реакцій, що знизили рН.

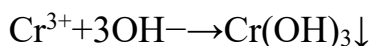
Метою додавання реагентів є не тільки зміна рівню рН, а і деякі інші цілі:

1. Підготовка до коагуляції: Осадження гідроксидів металів, таких як $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ та $\text{Ni}(\text{OH})_2$, відбувається лише за певних значень рН. Для тривалентного хрому ($\text{Cr}(\text{III})$) оптимальним є діапазон $\text{pH } 5,5 \pm 0,5$.
2. Контроль хімічної рівноваги: Надмірне лужне або кисле середовище може перешкоджати формуванню щільного осаду гідроксидів важких металів або навіть призводити до їхнього розчинення. Утримання рН в необхідному діапазоні допомагає уникнути цього, забезпечуючи стабільність осаду та його ефективне відділення.
3. Створення ефективних умов для коагуляції: Більшість коагулянтів та флокулянтів найкраще працюють при нейтральному або слаболужному рН. Під час очищення стічних вод відбуваються наступні хімічні реакції:

Відновлення шестивалентного хрому:



Осадження тривалентного хрому після регулювання рН:

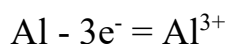
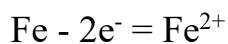


Електрокоагуляція – це технологічний метод, який широко використовується на підприємствах для очищення стічних вод, зокрема тих, що містять шестивалентний хром (Cr^{6+}). Суть електрохімічних методів, коли хром бере участь в реакціях, полягає в тому, щоб відновити шестивалентний хром до тривалентної форми. Принцип процесу полягає в електрохімічному розчиненні заліза, внаслідок чого утворюються іони Fe^{2+} . Вони здатні відновлювати Cr^{6+} до тривалентного стану Cr^{3+} , що далі призводить до утворення нерозчинного гідроксиду хрому після додавання відповідного реагенту.

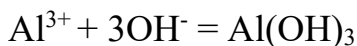
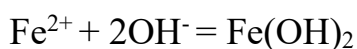
					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Очистка стічних вод на електрокоагуляторі, заснована на електролізі вод із використанням сталевих чи алюмінієвих анодів, які розчиняються електролітично. Розглянемо механізм очищення води.

1. Розчинення металевих анодів. В результаті їх розчинення вода збагачується іонами заліза та алюмінію за реакціями:

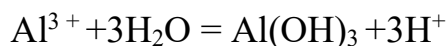
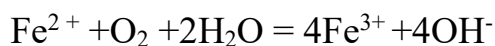


2. Формування коагулянтів у воді. Іони Fe^{2+} та Al^{3+} взаємодіють із гідроксид-іонами, що присутні у воді, утворюючи нерозчинні гідроксида:



Ці сполуки мають високу сорбційну здатність, яка відповідає за захоплення і об'єднання частинок забруднень у флокули.

3. Окислення заліза та покращення коагуляційної здатності. Через кисень, що розчинений у воді, іони феруму окислюються від двохвалентних до трьохвалентних, а також протікає реакція взаємодії алюмінію з водою:



Гідроксида трьохвалентного заліза є дуже потужними флокулянтами, які дуже ефективно зв'язують дрібнодисперсні забруднення.

В результаті цього проходить процес коагуляції, який подібний відповідному процесу обробки стічних вод солями алюмінія або заліза. Важливими перевагами електрокоагуляції є висока швидкість та повнота процесу. Проте складністю процесу є те що на практиці досить важко точно дотримуватись параметрів стічних вод, особливо при наявності у воді сторонніх іонів які заважатимуть ефективному відновленню. Також перевагою перед реагентним коагулюванням є те, що під час процесу не відбувається забруднення води

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

хлоридами, сульфатами та іншими аніонами, що значно знижує навантаження на очисні споруди та дозволяє повторно використовувати воду.

При електрокоагуляції стічних вод протікають деякі інші електрохімічні, фізико-хімічні та хімічні процеси, зокрема:

1. Електрофорез, цей процес допомагає краще перемішувати колоїдні частинки до коагулянтів;
2. Катодне відновлення, яке дозволяє осаджувати розчинені органічні та неорганічні сполуки;
3. Утворення важкорозчинних сполук, коли іони Al^{3+} або Fe^{2+} взаємодіють з аніонами, наприклад, сульфідами або фосфатами;
4. Флотація, що полегшує видалення завислих частинок завдяки бульбашкам водню, які утворюються на катоді;
5. Сорбція домішок, що відбувається на гідроксидах заліза й алюмінію, які мають високу здатність поглинати забруднення.

Перевагами методів електрокоагуляції, є компактність установки, простота експлуатації, ефективне очищення без застосування великих об'ємів реагентів, відсутність надлишкового забруднення хлоридами та сульфатами, а також можливість вилучити цінні метали.

Недоліками електрокоагуляції є витрата металевих електродів, залізних або алюмінієвих, їх пасивація і необхідність очистки, а також високе споживання електроенергії. Для розчинення одного граму заліза і алюмінію необхідно витратити відповідно 3 і 12 Вт/год. Фактичне витрата електроенергії зазвичай виявляється дещо вищою через витрати на нагрівання води, поляризацію електродів, подолання опору оксидних плівок на металі, що утворюються на поверхні листових анодів, які в основному і використовуються в електрокоагуляторах.

Електрокоагуляція також може застосовуватись для видалення зі стічних вод дрібнодисперсних органічних домішок, нафтопродуктів тощо.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Електрокоагуляція є ефективним методом очищення стічних вод, особливо для об'єктів з обмеженою площею або тих, що розташовані у віддалених районах. Ця технологія найбільш доцільна для обробки стоків з витратою до 50-80 м³/год.

Більшість електрокоагуляторів працюють як безнапірні пластинчасті електролізери. Вони можуть бути горизонтальними або вертикальними, а їхні електроди розташовані на відстані 4-20 мм один від одного. Щоб уникнути короткого замикання, використовуються спеціальні ізолюючі вставки. Цікаво, що електричний струм подається до кожного електрода, забезпечуючи рівномірність процесу.

Залежно від того, як вода рухається через електрокоагулятори, їх поділяють на однопотокові, багатопотокові та змішані. У однопотокових системах вода проходить через своєрідний лабіринт, утворений послідовно з'єднаними каналами між електродами. Такий підхід значно зменшує пасивацію електродів, що продовжує термін їхньої служби. Натомість, у багатопотокових системах вода одночасно проходить через проміжки між електродами, що можна порівняти з паралельним з'єднанням каналів.

Напрямок руху рідини теж має значення: він може бути горизонтальним або вертикальним. Але вертикальний потік знизу вгору є значно ефективнішим, оскільки він допомагає видаляти гази та інші побічні продукти, що утворюються під час електрокоагуляції. Це як висхідний потік, що природно виносить усе зайве.

Електродна система електрокоагулятора часто має вигляд вертикальних залізних або алюмінієвих циліндрів, розташованих навколо ежекторної циркуляційної системи. Вода подається через трубу на ежектор, забезпечуючи активну циркуляцію в міжелектродному просторі. Така конструкція не лише зменшує поляризацію електродів, а й знижує витрату електроенергії, покращуючи умови для формування пластівців гідроксиду. Важливо, щоб корпус електрокоагулятора був обладнаний внутрішньою антикорозійною ізоляцією та мав вентиляційний пристрій.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Проте, є й проблемні місця. Одним з них є використання листового металу для анодів у пластинчастих електролізерах. Це питання можна вирішити за допомогою насипних електродів, де анодами слугують металеві стружки або лом. Хоча такі конструкції вже існують, вони все ще стикаються з викликами: складністю керування процесом, значною витратою анодного матеріалу та забиванням міжелектродного простору побічними продуктами.

Для ще більшої ефективності процесу електрокоагуляції розроблено конструкцію віброелектрокоагулятора. Застосування віброколивань у середньому діапазоні частот майже повністю усуває пасивацію електродів, знімає дифузійні обмеження по всьому робочому об'єму та спрощує видалення побічних газів і осадів. Ці продукти вивантажуються через спеціальний клапан, не перериваючи роботу апарату. Це як постійний потік, що самоочищується.

Електрокоагулятори зі сталевими електродами особливо ефективні для очищення стічних вод від шестивалентного хрому та інших важких металів на промислових підприємствах. Їх варто використовувати, коли витрата стічних вод не перевищує 50 м³/год, концентрація завислих речовин становить до 100 мг/дм³, а загальний вміст іонів кольорових металів (цинку, міді, нікелю, кадмію, тривалентного хрому) – до 100 мг/дм³ (при цьому концентрація кожного іона металу до 30 мг/дм³). Крім того, мінімальний загальний солевміст стічної води повинен бути не менше 300 мг/дм³.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

3.1. Розрахунок приймальної камери

Розраховуємо об'єм приймальної камери хромовмісних стоків:

$$W = q \cdot T = 25,46 \cdot 2 = 50,9 \text{ м}^3 \quad (2.38)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{добу}$, T – час перебування води в камері, год;

Висоту камери приймаємо $H = 3$ м; кількість приймальних камер приймаємо – 1.

Розраховуємо площу камери:

$$F = \frac{W}{H} = \frac{50,9}{3} = 17,0 \text{ м}^2 \quad (2.39)$$

Приймаємо, що ширина камери: $B = 3$ м

Розраховуємо довжину камери :

$$L = \frac{F}{B} = \frac{17,0}{3} = 5,7 \text{ м} \quad (2.40)$$

3.2. Розрахунок камери реакції

Розраховуємо об'єм приймальної камери хромовмісних стоків:

$$W = q \cdot T = 25,46 \cdot 2 = 50,9 \text{ м}^3 \quad (2.41)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{добу}$, T – час перебування води в камері, год;

Висоту камери приймаємо $H = 3$ м; кількість приймальних камер приймаємо – 1.

Розраховуємо площу камери:

$$F = \frac{W}{H} = \frac{50,9}{3} = 17,0 \text{ м}^2 \quad (2.42)$$

Приймаємо, що ширина камери: $B = 3$ м

Розраховуємо довжину камери :

$$L = \frac{F}{B} = \frac{17,0}{3} = 5,7 \text{ м} \quad (2.43)$$

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3.3. Розрахунок електрокоагулятора

Струм в електричному колі, А, обчислюють за формулою:

$$I = 3,1CCr q = 3,1 \cdot 148 \cdot 25,46 = 11681,1 \text{ А} \quad (2.44)$$

Загальну площу поверхні анодів, м², визначають із виразу:

$$F = \frac{I}{j_a} = \frac{11681,1}{200} = 58,4 \text{ м}^2 \quad (2.45)$$

Якщо вибрали розміри однієї пластини такі: ширина b (0,3...0,6 м), робоча висота h_p (0,6...1 м), то площа робочої поверхні одного електрода, м², буде:

$$f_{pa} = 2 b h_p = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 0,72 \text{ м}^2 \quad (2.46)$$

Загальна кількість електродних пластин:

$$N_{пл} = 2 \frac{f_a}{f_{pa}} = 2 \cdot \frac{58,4}{0,72} = 162,2 \quad (2.47)$$

Округливши приймаємо $N_{пл} = 165$

Загальну масу електродних пластин обчислюють:

$$M = N_{пл} f_a \delta \rho_{Fe} = 165 \cdot 0,72 \cdot 0,003 \cdot 7,874 = 2,8 \text{ т} \quad (2.48)$$

де δ – товщина електродної пластини ($\delta = 0,003 - 0,006$ м); ρ_{Fe} – густина заліза, $\rho_{Fe} = 7,874 \text{ т/м}^3$.

Кількість електродних блоків визначають, виходячи з положення, що маса одного блоку не повинна перевищувати 0,05 т:

$$N_{бл} = \frac{M}{0,05} = \frac{2,8}{0,05} = 57 \text{ бл.} \quad (2.49)$$

У блоці 4 пластини. Висота блоку 0,6м, ширина блоку 0,6, товщина блоку 0,4м.

Робочий об'єм електрокоагулятора, м³:

$$W_{ел} = f_a v' N_{пл} = 0,72 \cdot 0,01 \cdot 165 = 1,2 \quad (2.50)$$

де v' – відстань між електродними пластинами ($v' = 0,005 \dots 0,01$ м).

Час обробки стічних вод (час перебування води в міжелектродному просторі), год:

$$t = \frac{W_{ел}}{q} = \frac{1,2}{25,46} = 0,05 \quad (2.51)$$

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Питома витрата заліза для обробки стічних вод, кг/добу,

$$Q_{Fe} = \frac{q_{Fe} C_{Cr} q \cdot 8}{1000k} = \frac{2,5 \cdot 128 \cdot 25,46 \cdot 8}{1000 \cdot 0,8} = 94,2113 \quad (2.52)$$

де q_{Fe} – питома витрата мг заліза на 1 мг хрому, $q_{Fe} = 2,5$; C_{Cr} – концентрація хрому, мг/дм³; q – витрата води, м³/год; k – вихід за струмом, $k = 0,8$.

Ширину одного електродного блоку, м, при товщині пластини δ (звичайно $\delta = 0,003 \dots 0,006$ м) розраховують за формулою:

$$B = \frac{N_{nl}}{N_{\delta l}} \delta + v' \left(\frac{N_{nl}}{N_{\delta l}} - 1 \right) = \frac{165}{57} 0,003 + 0,01 \left(\frac{165}{57} - 1 \right) = 0,03 \quad (2.53)$$

де N_{nl} – загальна кількість пластин; $N_{\delta l}$ – кількість електродних блоків; δ – товщина пластини, м; v' – відстань між електродними пластинами ($v' = 0,005 \dots 0,01$ м).

3.4. Розрахунок йоршового змішувача

Приймаємо число перегородок у змішувачі – 12 шт.

Час перебування води в змішувачі – 2 хв.

Розраховуємо об'єм йоршового змішувача:

$$W = \frac{Q \cdot t}{8 \cdot 60} = \frac{203,7 \cdot 2}{8 \cdot 60} = 0,9 \text{ м}^3 \quad (2.54)$$

Приймаємо ширину йоршового змішувача $B = 1$ м.

Приймаємо висоту йоршового змішувача $H = 1$ м.

Площа йоршового змішувача:

$$F = \frac{W}{H} = \frac{0,9}{1} = 0,9 \text{ м}^2 \quad (2.55)$$

Довжина йоршового змішувача:

$$L = \frac{W}{B} = \frac{0,9}{1} = 0,9 \text{ м} \quad (2.56)$$

3.5. Розрахунок тонкошарового відстійника

Приймаємо відстійник із протиточним рухом води і осаду

Спочатку визначаємо робочу довжину відстійника, м:

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$l_p = \frac{h_{яp} V}{K U_0 \cos \alpha} = \frac{0,14 \cdot 5}{0,7 \cdot 0,5 \cos 50} = 2,07 \text{ м} \quad (2.57)$$

де $h_{яp}$ – відстань між двома пластинами, м; α – кут нахилу пластин (50°), м;
 V – лінійна швидкість руху води, мм/с (5-10 мм/с); U_0 – гідравлічна крупність осаду, мм/с ($\leq 0,6$ мм/с); K – коефіцієнт, який залежить від напрямку руху води та осаду ($K = 0,7$).

Загальна довжина тонкошарового відстійника:

Прийmemo число пластин в секції $n=6$, числом секцій $N=1$

$$L = l_p \cdot n \cdot N = 2,07 \cdot 4 \cdot 1 = 8,3 \text{ м} \quad (2.58)$$

Ширина відстійника, м, визначається за формулою:

$$B = \frac{q}{U_0 n N l_p 3,6} = \frac{25,46}{0,5 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 2,07 \cdot 3,6} = 1,7 \text{ м} \quad (2.59)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; U_0 – гідравлічна крупність осаду, мм/с; n – число пластин у секції; N – число секцій; l_p – робоча довжина відстійника, м.

Розрахуємо площу тонкошарового відстійника:

$$F = B \cdot L = 1,7 \cdot 8,3 = 14,11 \text{ м}^2 \quad (2.60)$$

Об'єм зони накопичення осаду, м^3 , розраховують за формулою:

$$W = \frac{qt(C-m)}{\delta} = \frac{25,46 \cdot 8(1196,6-8)}{20000} = 12,1 \text{ м}^3 \quad (2.61)$$

Висота зони накопичення осаду:

$$H_{oc} = \frac{W}{F} = \frac{12,1}{14,11} = 0,86 \text{ м} \quad (2.62)$$

Загальна висота відстійника розраховується за формулою:

$$H = H_e + H_{oc} + 0,3 = 3 + 0,86 + 0,3 = 4,16 \text{ м} \quad (2.63)$$

де H_e – глибина зони відстоювання або висота шару води в відстійнику (3 - 3,5 м);

3.6. Розрахунок стрічкового фільтру

Площа фільтрування, м^2 , розраховується за формулою:

$$F = \frac{Q}{TV_H - 3,6 \omega t_1 n - t_2 V_H n} = \frac{203,7}{8 \cdot 5 - 2 \cdot 3,6 \cdot 12 \cdot 0,1 - 0,33 \cdot 5 \cdot 2} = 7,3 \text{ м}^2 \quad (2.64)$$

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

де Q – об'єм води, який фільтрується за добу, м^3 ; T – час роботи станції протягом доби, $T = 8 \text{ год}$; V_H – швидкість фільтрування, $V_H = 5 - 10 \text{ м/год}$; ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, $\omega = 12 - 18 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$; t_1 – час промивання фільтру, $t_1 = 0,1 \text{ год}$; n – число промивань фільтру, $n = 2$ або 3 ; t_2 – час простою фільтрів у зв'язку з промивкою: при водній промивці $t_2 = 0,33 \text{ год}$, при водоповітряній $t_2 = 0,5 \text{ год}$.

Розрахуємо кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{7,3}}{2} = 1,4 = 2 \quad (2.65)$$

Розрахуємо площу одного фільтру, м^2 :

$$F_1 = \frac{7,3}{2} = 3,2 \text{ м}^2 \quad (2.66)$$

Витрати води на промивання одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \cdot F_1 = 12 \cdot 3,2 = 0,0384 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.67)$$

Якщо врахувати, що для одного фільтру $t = 0,1 \text{ год.} = 6 \text{ хв} = 360 \text{ сек}$, а $n = 2$, тоді на добу на промивання одного фільтру витрачається:

$$q'_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot t_1 \cdot n = 0,0384 \cdot 360 \cdot 2 = 27,65 \text{ м}^3 \quad (2.68)$$

Для 2 фільтрів кількість води на промивання складає на добу:

$$q''_{\text{пром}} = 27,65 \cdot 2 = 55,3 \text{ м}^3. \quad (2.69)$$

Загальна кількість промивної води з двох блоків доочищення:

$$\Sigma q''_{\text{пром}} = 337 \text{ м}^3 \quad (2.70)$$

Розраховують швидкість фільтрування у форсованому режимі, м/год :

$$V_{\Phi} = \frac{N}{N - N_1} V_H = \frac{2}{2 - 1} \cdot 5 = 10 \text{ м/год} \quad (2.71)$$

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

Загальна висота фільтру:

$$H = H_{\text{п.з}} + H_{\text{ф.з}} + H_{\text{в}} + H_{\text{д}} + h_6 = 0,7 + 1,5 + 2 + 0,7 + 0,3 = 5,2 \text{ м} \quad (2.72)$$

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

де H_0 – додатковий рівень води, що створюється при відключенні одного з фільтрів на промивку, м; $H_{н.з}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{н.з} = 0,7$ м; $H_{ф.з}$ – фільтруюче завантаження, $H_{ф.з} = 1,5$ м; h_6 – будівельний запас висоти, $h_6 = 0,3 - 0,5$ м; H_6 – висота шару води, $H_6 \sim 2$ м.

H_0 створюється, коли $N < 6$:

$$H_0 = \frac{W_0}{F_c} = 0,7 \text{ м} \quad (2.73)$$

Додатковий об'єм води, м^3 , розраховується за формулою:

$$W_0 = F_1 V_n t_2 = 3,2 \cdot 5 \cdot 0,33 = 5,28 \text{ м}^3 \quad (2.74)$$

де 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 розраховують за режимом промивки. Спочатку визначають витрату води у колекторі при промивці, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$q_k = F_1 \omega \cdot 10^{-3} = 3,2 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,038 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.75)$$

де F_1 – площа фільтру; ω – інтенсивність промивки, $\omega = 12 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$.

Далі розраховують площу перерізу колектора, м^2 :

$$f_k = \frac{q_k}{V_k} = \frac{0,038}{1} = 0,038 \text{ м}^2 \quad (2.76)$$

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

Діаметр колектора, м, розраховують за формулою:

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{f_k}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,038}{3,14}} = 0,22 \text{ м} \quad (2.77)$$

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

$$q_6 = \frac{q_k}{n} = \frac{0,038}{16} = 0,0024 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.78)$$

При двосторонньому розміщенні число відгалужень буде:

$$n = \frac{2B \cdot 10^3}{l} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^3}{250} = 16 \quad (2.79)$$

де l – відстань між відгалуженнями – 250 мм; B – загальна ширина фільтру, м.

Приймаємо ширину фільтру $B = 2$ м

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Площа перерізу відгалуження, м²:

$$f_{\epsilon} = \frac{q_{\epsilon}}{V_{\epsilon}} = \frac{0,0024}{1,6} = 0,0015 \text{ м}^2 \quad (2.80)$$

Швидкість руху води у відгалуженні: $V_{\epsilon} = 1,6 - 2 \text{ м/с}$;

Діаметр відгалуження, м:

$$d_{\epsilon} = 2 \sqrt{\frac{f_{\epsilon}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,0015}{3,14}} = 0,044 \text{ м} \quad (2.81)$$

Витрата води в одному жолобі:

$$q_{\text{жс}} = \frac{q_{\kappa}}{n_{\text{жс}}} = \frac{0,038}{4} = 0,01 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.82)$$

3.7. Розрахунок біовугільного фільтру

Враховуючи витрату води 203,7 м³/добу та сорбційну ємність сорбенту (0,01 г/г, щільність 300 кг/м³), що являє собою подрібнене до 100-500 мкм біовугілля, яке одержують з відходів рослинної сировини, визначаємо, що необхідний об'єм завантаження біофільтра для доочищення води від, для доочищення добової кількості стічних вод з концентрацією хрому на рівні 1 мг/дм³ становитиме 0,068 м³. Річна витрата становить: $0,068 \cdot 365 = 24,8 \text{ м}^3$.

Розраховуємо площу біофільтру:

$$F = \frac{W_{\text{зав}}}{H} = \frac{24,8}{4} = 6,2 \text{ м}^2 \quad (2.83)$$

де H – робоча висота біофільтра, м.

Кількість біофільтрів N=1.

Визначаємо діаметр фільтру:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{6,2}{\pi}} = 2,8 \text{ м} \quad (2.84)$$

3.8. Розрахунок резервуару очищеної води

Для забезпечення надійної та безперебійної роботи системи очищення стічних вод необхідно передбачити резервуар для тимчасового зберігання очищеної води перед її відведенням у каналізацію або подальшим використанням.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Такий резервуар дозволяє вирівнювати гідравлічне навантаження та компенсувати нерівномірність подачі очищеної води.

Резервуар розраховується з урахуванням часу перебування води в ньому та середньої витрати очищеної води за годину. Формула для розрахунку:

$$W = \frac{q \cdot t}{T} = \frac{25,46 \cdot 2}{8} = 6,4 \text{ м}^3 \quad (2.85)$$

t – час перебування води в резервуарі – 1 год.; q – витрата води за годину; T - період роботи станції.

Приймаємо прямокутну форму резервуару для зручності монтажу та обслуговування. Визначаємо його розміри:

Приймаємо висоту резервуару $H = 2 \text{ м}$.

Приймаємо ширину резервуару $B = 2 \text{ м}$.

Площа резервуару очищеної води:

$$F = \frac{W}{H} = \frac{6,4}{2} = 3,2 \text{ м}^2 \quad (2.86)$$

W – об'єм резервуару.

Довжина резервуару:

$$L = \frac{F}{B} = \frac{3,2}{2} = 1,6 \text{ м} \quad (2.87)$$

3.9. Розрахунок витратного баку вапна

З метою приготування і зберігання розчину вапна для технологічного процесу необхідно визначити оптимальний об'єм витратного бака. Об'єм бака розраховується за наступною формулою, м^3 :

$$W_{\text{ван}} = \frac{q \cdot D_p \cdot t}{10000 \cdot \rho_p \cdot \rho} = \frac{203,7 \cdot 949,6 \cdot 8}{10000 \cdot 5 \cdot 1,047} = 29,56 \quad (2.88)$$

Кількість баків становить $N=2$. Тоді площа одного баку буде становити:

$$F = \frac{W_{\text{ван}}}{2} = \frac{29,56}{2} = 14,78 \quad (2.89)$$

Для зручності експлуатації приймаємо вертикальний циліндричний бак з висотою $H = 4 \text{ м}$.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Тоді радіус баку буде становити:

$$r = \sqrt{\frac{W_{\text{ван}}}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{14,78}{3,14 \cdot 4}} = 1,08 \text{ м} \quad (2.90)$$

3.10. Розрахунок витратного баку флокулянту

Для забезпечення безперебійного дозування флокулянту в процесі очищення стічних вод необхідно визначити об'єм витратного бака, який дозволить накопичити необхідну кількість розчину з запасом на певний період. Об'єм бака розраховується за формулою, м³:

$$W_{\text{фл}} = \frac{q \cdot D_p \cdot t}{10000 \cdot \rho_p \cdot \rho} = \frac{203,7 \cdot 1,8}{10000 \cdot 0,5 \cdot 1} = 0,33 \quad (2.91)$$

Кількість баків становить N=2. Тоді площа одного баку буде становити:

$$F = \frac{W_{\text{фл}}}{2} = \frac{0,33}{2} = 0,17 \quad (2.92)$$

Для простоти обслуговування приймається вертикальний циліндричний бак висотою H = 1 м.

Розрахуємо радіус основи бака з формули об'єму циліндра:

$$r = \sqrt{\frac{W_{\text{флк}}}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{0,17}{3,14 \cdot 1}} = 0,23 \text{ м} \quad (2.93)$$

3.11. Розрахунок шламосховища хромовмісних осадів

Для тимчасового зберігання осаду після етапів його оброблення передбачено шламосховище, об'єм якого визначається відповідно до тривалості перебування осаду в ньому. Час перебування зазвичай приймається залежно від технологічних умов та режиму роботи споруд, і в даному випадку становить 8 годин. Витрата осаду на цьому етапі приймається 10,29 м³/добу.

Оскільки розрахунок ведеться в годинах, необхідно перевести добовий об'єм у погодинний:, м³:

$$W = W_{\text{ос}} \cdot t = \frac{10,29 \cdot 8}{24} = 3,43 \quad (2.94)$$

Геометричні параметри шламосховища:

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Висота резервуару $H = 2$ м.

Площа шламосховища, м^2 :

$$f = \frac{W}{H} = \frac{3,43}{2} = 1,72 \quad (2.95)$$

Діаметр шламосховища:

$$D = 2 \sqrt{\frac{f}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{1,72}{\pi}} = 1,5 \text{ м} \quad (2.96)$$

3.12. Розрахунок фільтр-пресу

Для визначення об'єму фільтр-преса, необхідного для обробки осаду в процесі очищення стічних вод, використовуємо наступну формулу, м^3 :

$$W = W_{\text{ос}} \cdot t = 12,1 \cdot 2 = 24,2 \quad (2.97)$$

де t – час перебування осаду у фільтр пресі, $t = 2$ год.

Ширина фільтр пресу $B = 2$ м.

Висота фільтр пресу $H = 2$ м.

Довжина фільтр пресу, м:

$$L = \frac{W}{2B} = \frac{24,2}{2 \cdot 2} = 6,05 \text{ м} \quad (2.98)$$

3.13. Розрахунок аератора

У наукових публікаціях зазначено, що короткочасна аерація (2-5 хв) перед ЕК дозволяє покращити коагуляційну здатність осаду, особливо при застосуванні залізних анодів.

Обираємо: занурювальний ежекторний насос (аератор) EFJ

Тип: Занурювальний ежекторний насос-аератор.

Потужність: Від 0,5 до 7,5 к.с.

Особливості:

- Висока ефективність переносу кисню (до 3,3 кг O_2 /год).
- Підходить для глибини води 1,5–4 м.
- Підходить для очищення стічних вод та застосувань в аквакультурі.

4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі

Згідно з об'ємно-планувальним вирішенням спроектовано одноповерхову промислову будівлю. Кількість прогонів – 2 довжиною по 18 м. Крок колон 6 метрів з сіткою 18х6м, вони передбачені для кріплення стін з одношарових газобетонних панелів. Висота поверху становить 10,8 м. Довжина будівлі сягає 96 метрів. Також будівля оснащена двома мостовими кранами з вантажопідйомністю 20 тон. Край рельси знаходиться на висоті 8,15м. Рельси знаходяться на основних колонах. На поперечних стінах встановлені колони фахверку. Огороджувальну функцію виконують одношарові газобетонні панелі. Для підтримання стійкості промислової будівлі було встановлено два деформаційних шва з прив'язкою колон 500мм

4.2. Конструктивне вирішення будівлі

Обрано збірні залізобетонні колони. Крайні колони мають однобічні, а середні – двобічні консолі. Також передбачене встановлення колон фахверку. Висота колон становить 10800 мм; $h=800$ мм; $b=400$ мм;

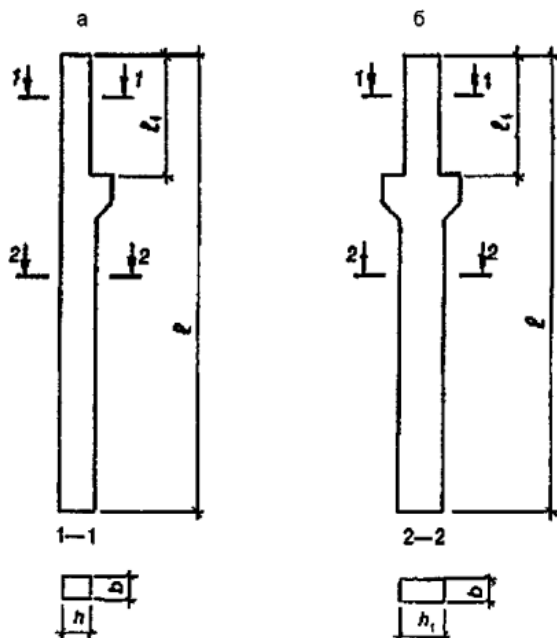


Рисунок 4.1 а – колона для крайніх рядів; б – колона для середніх рядів

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

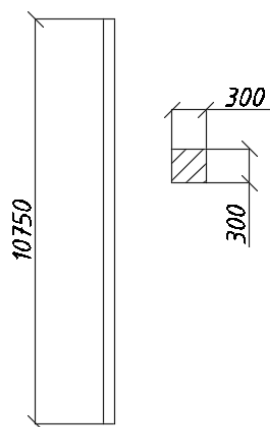


Рисунок 4.2 – колони фахверку

На основні колони встановлюється сталева кроквяна ферма з паралельними поясами для плоских покриттів, яка виконує опорну функцію для плит покриття (рис. 4.3).

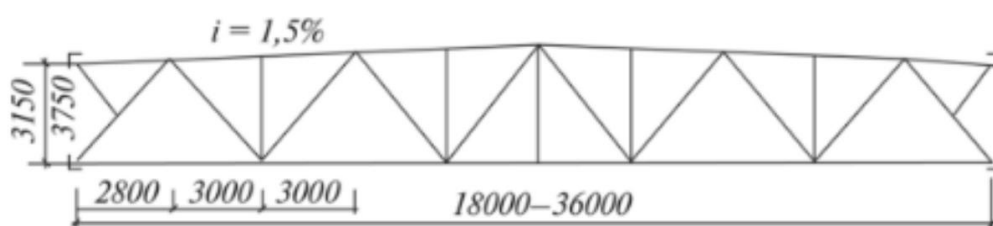


Рисунок. 4.3 – ферма з паралельними поясами для плоских покриттів

В основі покриття лежать залізобетонні плити розміром 3х6м (рис.4.4).

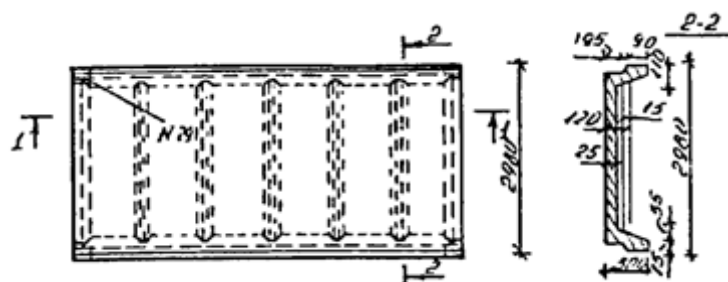


Рисунок. 4.4 – Бетонні плити покриття

Також в будівлі присутні 2 мостових крани, які опираються на підкранові балки, які в свою чергу розташовані на консолях основних колон (рис. 4.5).

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

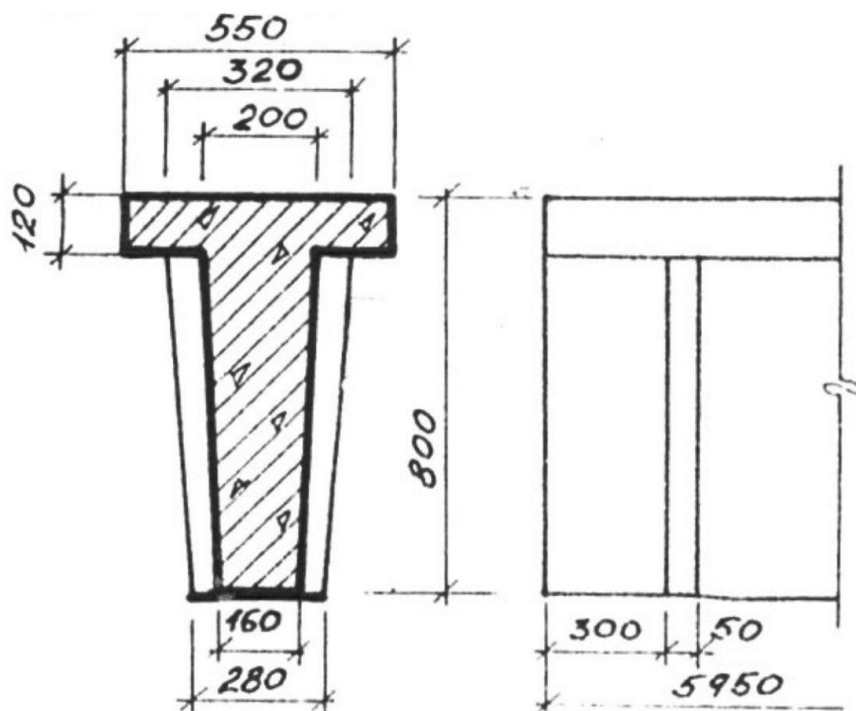


Рисунок 4.5 – Підкранова балка

Фундамент виконується стаканного типу (рис. 4.6) і встановлюється під усіма колонами, в тому числі колонами фахверку.

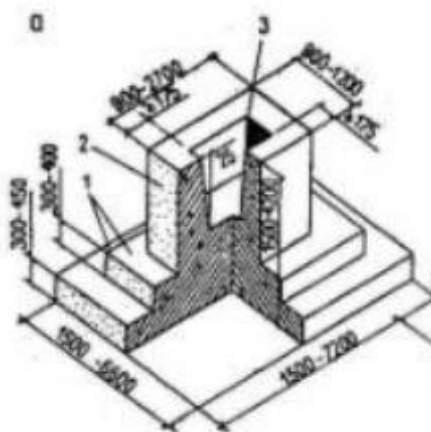


Рисунок 4.6 – Монолітний стовповий залізобетонний фундамент, стаканного типу

Розмір воріт обраний 3600x3600; розмір дверних блоків 1000x2500; віконні блоки присутні, їх розмір становить 4800x3000.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці це правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні і лікувально-попереджувальні заходи та засоби, спрямовані на збереження життя, здоров'я і працездатності людини під час трудової діяльності.

При розробці проєкту, відповідно до теми «Модернізація технологічної схеми очищення стічних вод від хроматів», всі рішення були прийняті з урахуванням норм і вимог щодо охорони праці. В даному розділі приведені правила техніки безпеки для персоналу, що задіяний в роботі та обслуговуванні обладнання для очистки хромовмісних стоків гальванічного цеху.

Основними джерелами небезпеки на підприємстві являються хімічні речовини, та електроприлади. До хімічної небезпеки відноситься робота з гідроксидом натрію, вапном, флокулянтами, та хромовмісними речовинами. До електробезпеки відноситься робота з електрокоагулятором та насосами. Також існують механічні ризики в роботі з елементами установки, такими як рухомі частини стрічкового фільтра та змішувача.

Робота з реагентами та шкідливими речовинами

1. Шестивалентний хром

Cr^{6+} (зокрема CrO_3) належить до I класу небезпеки (надзвичайно небезпечний), ГДК=0,01мг/м³, являється канцерогеном, мутагеном, сенсibilізатором, токсичний. Джерелом небезпеки є стічна вода, може потрапляти в організм через шкіру, дихальні шляхи та при випадковому проковтуванні, як наслідок подразнення шкіри, слизових оболонок, дерматити, ураження печінки, нирок, органів дихання, онкологічні захворювання.

Запобіжні заходи для роботи з хромовмісними стоками:

- Використовувати респіратори, герметичні рукавички, окуляри, щитки.
- Уникати розбризкування та вдихання парів.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- Роботи проводити у витяжній шафі або в добре вентильованому приміщенні.

- Забороняється приймати їжу та пити воду на робочому місці.

2. Гідроксид натрію

NaOH, (каустична сода) належить до II класу небезпеки тобто є високонебезпечним, ГДК=0,5 мг/м³, це сильнолужна речовина, викликає хімічні опіки при контакті зі шкірою або слизовими. Подається в камеру реакції для регулювання рН, може потрапити на тіло при розливі, розбризкуванні, випаровуванні. Наслідками контакту з речовиною є опіки, набряки, сліпота при потраплянні в очі, подразнення дихальних шляхів.

Запобіжні заходи:

- Надягати герметичні захисні окуляри та гумові рукавички.
- Завжди додавати NaOH до води, а не навпаки (уникати бурхливої реакції).
- У разі потрапляння на шкіру – промити великою кількістю води, звернутися до медпункту.

3. Гідроксид кальцію

Ca(OH)₂, (негашене вапно або вапняне молоко) належить до помірно небезпечних речовин, клас III, ГДК=5 мг/м³, сильний луг, утворює корозійний пил, здатний викликати хімічні опіки. Подається з витратного баку вапна та може потрапити в організм через вдихання пилу, контакт із вологою шкірою, очима. Наслідками контакту є подразнення дихальних шляхів, очей, опіки шкіри, дерматити.

Запобіжні заходи:

- Застосовувати респіратор, захисний костюм, щільні рукавички.
- Забезпечити хорошу вентиляцію або локальні витяжки.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- У разі потрапляння пилу в очі – ретельно промити проточною водою і звернутися до лікаря.

4. Флокулянти

Флокулянти належать до умовно безпечних/помірно небезпечних речовин, ГДК= <10 мг/м³, можуть бути подразниками, викликають слизькість поверхонь, що збільшує ризик травм. Потрапляють в організм через контакт із шкірою, слизовими, вдихання пари від концентрату, як наслідок можуть викликати алергічні реакції, подразнення шкіри, слизових оболонок.

Запобіжні заходи:

- Працювати у рукавичках і захисному одязі.
- Не допускати розливів – негайно прибирати флокулянт з поверхонь.
- Зберігати у герметичній тарі подалі від тепла та прямих сонячних променів.

Електробезпека

Основним джерелом потенційної електробезпеки у виробничому приміщенні є електрокоагулятор. Для безпечної експлуатації даного обладнання передбачено наступні вимоги:

- Оператор електрокоагулятора повинен працювати у діелектричних рукавичках і взутті.
- Працівник має бути ознайомлений з інструкцією з експлуатації та чітко знати порядок дій у разі виникнення аварійної ситуації.
- У випадку аварії оператор зобов'язаний негайно активувати систему аварійного вимкнення, після чого повідомити про інцидент керівника зміни або відповідальну особу.

З метою забезпечення електробезпеки на об'єкті реалізовано такі технічні заходи:

1. Система аварійного відключення обладнання.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Ізоляція струмопровідних частин електрообладнання.
3. Розміщення знаків безпеки у зонах з потенційною небезпекою.
4. Встановлення електричних блокувань та систем попереджувальної сигналізації.
5. Розміщення попереджувальних плакатів на робочих місцях.

Пожежна безпека

Виробниче приміщення належить до:

- Категорії «Д» за ДСТУ Б В.1.1-36:2016 (приміщення з негорючими речовинами у холодному стані);
- Класу зони І згідно з НПАОП 40.1-1.32 (зона без утворення вибухонебезпечних сумішей);
- Класу умов праці 5 відповідно до ДСП 173-96 (шкідливі виробничі фактори за санітарно-гігієнічними критеріями).

Для забезпечення безпечної експлуатації станції передбачено реалізацію наступних заходів:

- Експлуатація обладнання дозволяється лише за умови його повної справності.
- Обов'язкове дотримання нормативних вимог та законодавства з електробезпеки.
- Контроль за технологічним процесом з дотриманням встановлених режимів.
- Забезпечення герметичності технологічного обладнання та комунікацій.
- Вжиття заходів для запобігання механічним травмам і ураженню електричним струмом.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- У разі виявлення несправностей у роботі обладнання або контрольно-вимірювальних приладів, персонал зобов'язаний негайно повідомити відповідального інженера і діяти згідно з інструкцією.

- Безперебійна робота вентиляційної системи має гарантувати ефективне відведення шкідливих парів та газів.

- Допуск до роботи дозволяється лише після проходження інструктажу з охорони праці та техніки безпеки.

Для мінімізації впливу шкідливих речовин розроблено додаткові інструкції з урахуванням специфіки дії конкретних реагентів, впроваджено регулярні перевірки технічного стану обладнання, резервуарів і допоміжного інвентарю.

Допуск працівників до роботи здійснюється лише за умови: проходження обов'язкового інструктажу з охорони праці; перевірки знань нормативно-правових актів і технологічних регламентів; наявності відповідної кваліфікації та розуміння хімічних процесів, що відбуваються у резервуарах; використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) згідно з нормами (рукавиці, респіратори, окуляри, спецодяг тощо).

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ВИСНОВОК

У рамках дипломного проєкту було розроблено модернізовану технологічну схему очищення стічних вод гальванічної ділянки підприємства від хроматів методом електрокоагуляції. Це рішення дозволяє значно зменшити викиди хромовмісних сполук у міську каналізаційну систему, знижуючи навантаження на центральні очисні споруди.

Для розробки технологічної схеми здійснено аналіз існуючого методу очищення на підприємстві КП СПБ «Арсенал». Існуюча система ґрунтується на реагентному методі, що передбачає хімічне відновлення шестивалентного хрому (Cr^{6+}) до тривалентного (Cr^{3+}) з подальшим осадженням нерозчинного гідроксиду хрому. Незважаючи на відповідність нормативам скиду, ефективність цього методу обмежена через застарілість обладнання, високу витратність реагентів та змішування різнорідних потоків стоків, що ускладнює контроль видалення Cr^{6+} .

Відсутність окремої лінії для очищення хроматів знижує точність процесу та створює потенційні екологічні ризики, особливо у випадку перевантаження системи чи збоїв у хімічному дозуванні.

У процесі проєктування нової технологічної схеми було виконано матеріальний баланс, на основі якого визначено ключові параметри кожного елемента системи. Проведено гідравлічні розрахунки, що дозволили визначити оптимальні розміри складових, їх розташування та нанесення на креслення.

Будівельна частина проєкту включає аналіз об'ємно-планувальних рішень конструкції споруди, розрахунок площ адміністративно-побутових приміщень, а також визначення місця розташування очисних споруд на плані об'єкта.

Графічна документація

У рамках графічного матеріалу розроблено:

- план будівлі (формат А1, масштаб 1:100);
- технологічну схему (формат А1, масштаб 1:50);

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- експлікацію до плану (формат А4);
- специфікацію до технологічної схеми (формат А4).

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Гомеля М. Д., Глушко О. В., Камаєв В. С. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Очисні споруди. Основи проектування». – К.: ТОВ «Інфодрук», 2012. – 173 с
2. Гомеля М. Д., Крисенко Т. В., Омельчук Ю. А. Методи та технології очищення стічних вод: навч. посіб. – Севастополь: Інститут ядерної енергії та промисловості, 2012. – 244 с.
3. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Радовенчик Я. В. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник. – К.: Кондор Видавництво, 2019. – 256 с.
4. Донченко М. І., Фроленкова С. В. Екологічна безпека гальванотехніки. Частина 1. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 202 с.
5. Медведєв В. І., Соловійов Г. А. Промислові стічні води: очищення та утилізація. – Харків: ХНУРЕ, 2016. – 328 с.
6. Мельник О. С. Обґрунтування вибору методу очищення хромовмісних гальваностоків [Електронний ресурс] // Наукові записки [Української академії друкарства]. – 2013. – № 3. – С. 129–132.
7. Патлун Д. В. Ефективність електрокоагуляційного очищення хромовмісних стоків // Екологічна безпека. – 2021. – № 2. – С. 47–53.
8. Швецов А. Л. Технологія очищення стічних вод гальванічних виробництв. – Київ: Техніка, 2012. – 248 с.
9. Гомеля М. Д., Радовенчик В. М., Шаблій Т. О. Основи проектування. Очисні споруди. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.
10. ДСТУ ISO 11074:2003. Якість води. Технічні настанови з відбору проб води, стоків та ґрунтів.
11. СанПіН 4630-88. Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

12. Lakshmanan D., Clifford D. A., Samanta G. Ferrous and ferric ion generation during iron electrocoagulation //Environmental science & technology. – 2009. – T. 43. – №. 10. – С. 3853-3859.
13. Trinh D. T. T. et al. Evaluation of magnetic stirring and aeration on electrocoagulation performance in actual industrial treatment //Frontiers in Environmental Science. – 2021. – T. 9. – С. 719248.

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК В

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Г

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Г

					ДП ЛЦ01.00.002 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		