

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Відділення адсорбційного очищення стічних вод від органічних
поліюганічних

Київ – 2017 року

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

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

Н.М. Толстопалова

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.051301 – Хімічна технологія
(код і назва)

на тему: Відділення адсорбційного очищення стічних вод від органічних поллютантів

Виконав: студент 4 курсу, групи ХН-31

Квашук Віталій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доц., к.х.н Донцова Т.А.

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

(підпис)

Консультант:

з автоматичного регулювання

(назва розділу)

ст. викл. Лукінюк М.В.

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

(підпис)

з економіко-організаційних рішень

(назва розділу)

доц., к.т.н. Підлісна О.А.

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

(підпис)

з охорони праці

(назва розділу)

доц., к.т.н. Полукаров Ю.О.

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

(підпис)

Рецензент:

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

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2017 року

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

Факультет хіміко-технологічний
(повна назва)

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.051301 – Хімічна технологія
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

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

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Квашуку Віталію Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Відділення адсорбційного очищення стічних вод від органічних політантів,

керівник проекту: доц., к.х.н. Донцова Т.А.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту: продуктивність відділення 1000 м³/добу.

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

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

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

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

Студент

_____ (підпис)

Квашук В.В.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Донцова Т.А.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 106 стор.; 5 рис.; 18 табл.; 33 посилань.

Розроблено проект технологічного процесу вилучення органічних поллютантів зі стічних вод новим композиційним сорбентом на основі сапонітової глини. В проекті на підставі літературних відомостей обґрунтовано адсорбційний спосіб очистки стічних вод. Вибрано вихідну сировину та напівпродукти для синтезу магнітокерованого сорбенту на основі сапоніту (MKS7-MoS_2) у відповідності з діючими стандартами та технічними вимогами. Розраховано матеріальний баланс виробництва та тепловий баланс отримання магнітної рідини.

Обрано та розраховано основний апарат – магнітний відстійник і вибрано обладнання у відповідності з заданою потужністю виробництва. Наведено схему автоматичного контролю і керування процесом та технічні рішення з охорони довкілля. Розроблено економіко-організаційну частину проекту.

СТІЧНІ ВОДИ, БАРВНИКИ, АДСОРБЦІЯ, САПОНІТ, МАГНЕТИТ,
МАГНІТНА СЕПАРАЦІЯ, ДИСУЛЬФІД МОЛІБДЕНУ, СЕПАРАТОР,
АДСОРБЕР, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЕКОЛОГІЧНЕ РІШЕННЯ, ОХОРОНА
ПРАЦІ, ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

ABSTRACT

Explanatory message: 106 pages; 5 figures; 18 tables; 33 references.

Developed a project of technological process of extracting organic pollutants from sewage with new composite sorbent on the basis of saponite clay. In the project, based on literary information, an adsorption method of wastewater treatment is substantiated. Selected raw materials and intermediates for the synthesis of a saponite based magnetized sorbent (MKS7-MoS₂) in accordance with current standards and technical requirements. The material balance of production and the thermal balance of the acquiring of a magnetic fluid were calculated.

The main apparatus - the magnetic sump was chosen and the equipment was selected in accordance with the given production capacity. The scheme of automatic control and process control and technical solutions for the protection of the environment were presented. The economic-organizational part of the project was developed.

WASTEWATER, CARBONS, ADSORPTION, SAPONITE,
MAGNETITE, MAGNETIC SEPARATION, MOLYBDEN DISPULTS,
SEPARATOR, ADSORBER, AUTOMATION, ENVIRONMENTAL
SOLUTION, LABOR PROTECTION, ECONOMIC CALCULATIONS

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП	11
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА	13
1.1 Очищення води коагулянтами.....	13
1.2 Біологічне очищення води.....	15
1.3 Біологічне очищення води.....	16
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ	19
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ	22
4 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВІДДІЛЕННЯ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ОРГАНІЧНИХ ПОЛЮТАНТІВ	29
5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ.....	32
5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва.....	32
5.2 Витратні коефіцієнти.....	37
5.2 Енергетичні розрахунки	37
6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	40
6.1 Розрахунок та вибір магнітного відстійника	40
6.2 Розрахунок і вибір електромагніта	43
6.3 Розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання.....	46

					ХН3108 1440 000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Квашук В.В.			Відділення адсорбційного очищення стічних вод від органічних полютантів Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Донцова Т.А.						10	106
Реценз.				"КПІ ім. Ігоря Сікорського", ХТФ, гр. ХН-31					
Н. Контр.		Супрунчук В.І.							
Затверд.		Толстопалова Н.							

	6.3.1 Насос подачі очищеної води на власні потреби.....	46
	6.3.2 Реактор синтезу магнетиту Fe_3O_4	47
	6.3.3 Реактор приготування суспензії МКС7-MoS ₂	47
	6.3.4 Адсорбційний реактор	48
	6.3.5 Бак промивки магнетиту.....	48
	6.3.6 Мірник сапоніту.....	48
	6.3.7 Колектор стічних вод	49
	6.3.8 Збірник шламу відпрацьованого сорбенту.....	49
	6.3.9 Збірник магнітного дистилату.....	49
7	АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА.....	51
	7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.....	51
	7.2 Автоматичне регулювання та контроль виробництва	52
8	ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ.....	55
	8.1 Визначення вартості оборотних фондів (річний запас).....	55
	8.1.1 Визначення вартості сорбенту.....	55
	8.1.2 Розрахунок фонду оплати праці.....	58
	8.1.3 Розрахунок вартості електроенергії.....	59
	8.1.4 Розрахунок витрат на опалення.....	60
	8.2 Техніко-економічні показники.....	61
9	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	67
	9.1 Виявлення та аналіз повітря робочої зони.....	67
	9.2 Виробниче освітлення.....	72
	9.3 Виробничий шум та вібрація.....	73
	9.4 Постійне магнітне поле.....	75
	9.5 Електробезпека.....	76
	9.6 Виробничий шум та вібрація.....	77
	9.7 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання.....	79
10	ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА.....	82
	10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що	

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворюються.....	82
10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва.....	83
10.3 Розрахунки та підбор обладнання за обраним рішенням.....	85
10.4 Екологічний моніторинг.....	85
10.5 Розрахунок попереджених збитків.....	86
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	92
ДОДАТОК А.....	96
ДОДАТОК Б	102

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

<i>ГДК</i>	Граничнодопустима концентрація
<i>МКС</i>	Магнітокерований сорбент
<i>Тл</i>	Одиниця виміру індукції магнітного поля
<i>А/м</i>	Одиниця виміру напруженості магнітного поля
<i>μ</i>	Магнітна проникність, <i>Гн/м</i>
<i>Гц</i>	Одиниця виміру частоти звукових коливань
<i>АВ БАУ</i>	Активоване вугілля марки <i>БАУ</i> (деревні активовані вугілля, березові або букові)
<i>ω_{H2O}</i>	Вологість шламу відпрацьованого МКС
<i>φ</i>	Частка очищеної води, що втрачається разом з відпрацьованим сорбентом становить, %

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Питання та проблематика екологічного аспекту сталого розвитку суспільства в світлі постійного погіршення стану довкілля є надзвичайно актуальними для сучасних науковців та людства в цілому. Розвиток хімічної науки і виробництва, синтез складних органічних сполук, що не мають аналогів в природному середовищі, поставили в число першочергових наукових і практичних завдань розробку нових ефективних методів очищення виробничих стічних вод. Стічні води, що містять органічні речовини із специфічними властивостями, такі як барвники, становлять загрозу для природного середовища, тому не можуть скидатися до водних об'єктів без попереднього очищення.

Проблема повного очищення виробничих стоків від розчинених у воді органічних речовин, зокрема барвників, є однією з найбільш важливих і одночасно важко вирішуваних. Не дивлячись на величезне число вітчизняних і закордонних розробок, дану проблему не можна вважати вирішеною. Причин цьому декілька. По-перше, різноманіття систем за хімічним складом і умовами функціонування вимагає проведення індивідуальних досліджень для кожного конкретного випадку, що не завжди можливо. По-друге, технологія достатнього повного очищення води, як правило, диктує дотримання особливих умов, які важко реалізувати на практиці. По-третє, багато ефективних способів глибокого очищення пов'язано з великими економічними і ресурсними витратами, використанням дефіцитних реагентів з подальшою їх регенерацією, утилізацією або похованням відходів, і для деяких підприємств все це виконати дуже складно.

З аналізу представлених даних слідує, що барвники особливо небезпечні через високу токсичність та гарну розчинність у воді. Гранично допустима концентрація барвників у стічних водах, які відводяться до міської каналізації становить $0,005 \text{ кг/м}^3$.

Тому пошук нових ефективних способів очищення промислових стічних вод від барвників є, як і раніше, актуальним.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До основних методів знешкодження стічних вод від барвників відносяться: біологічне очищення, коагуляцію та адсорбцію. Серед перелічених адсорбційний метод є більш універсальним методом вилучення поліютантів зі стічних вод. Як сорбенти використовують активоване вугілля, синтетичні сорбенти, силікагелі, алюмогелі. Однак використання активного вугілля та синтетичних сорбентів у великому масштабі на сучасному етапі розвитку технології водопідготовки є економічно обтяжливим. Отже, виникає необхідність пошуку нових ефективних і недорогих сорбційних матеріалів.

Метою даного дипломного проекту є розробка автоматизованої технологічної схеми вилучення барвників зі стічних вод новим композиційним сорбентом на мінеральній основі, а також встановлення раціональних технологічних параметрів запропонованої схеми з урахуванням її екологічності, техніко-економічного обґрунтування та охорони праці.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

На сьогодні ґрунтові води, озера і річки забруднені великим асортиментом відходів, в тому числі неочищеними або частково очищеними міськими стічними водами, токсичними промисловими відходами, шкідливими хімічними речовинами і стічними підземними водами від сільськогосподарської діяльності. Забруднена вода не тільки визначає свою непридатність для використання, але й провокує мільйони небезпечних захворювань, пов'язаних з її вживанням [1]. Нафта і бензин з нафтової промисловості, рідкі і тверді відходи, викиди ядерних матеріалів та токсичних хімічних речовин від промислових підприємств, добрив і пестицидів є основними джерелами забруднення води [2].

Одними з найважливіших забруднюючих речовин стічних вод текстильної, паперової, полімерної, харчової та косметичної промисловості є барвники. Барвники, що використовуються в текстильній промисловості включають в себе кілька структурних різновидів, таких як кислотні, основні, дисперсні, азо та діазо, антрахінонові, барвники на основі комплексів металів [3]. Підраховано, що кожного року виробляється понад 100000 барвників комерційного використання з більш ніж 700000 тонн. Таким чином, існує величезна кількість забарвлених стічних вод, які генеруються цими підприємствами. Останнім часом видаленню барвників зі стічних вод приділяється найбільше уваги в боротьбі із стічними водами виробництва [4].

На сьогодні найбільш перспективними методами очищення стічних вод від барвників різного генезису є: коагуляція, біологічне очищення, адсорбція.

1.1 Очищення води коагулянтами

Нині в процесах водопідготовки широко використовується коагуляція. Її застосовують для зниження вмісту завислих і колоїдно-дисперсних домішок під дією сил тяжіння. Проте домішки, які обумовлюють

	каламутність і колірність природних вод, мають малі розміри і їх осадження				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	13

ХН 3108 1440 000 ПЗ

відбувається надзвичайно повільно. Дрібнодисперсні колоїдні частинки ще більше ускладнюють процес осадження. Тому для прискорення процесів відокремлення вказаних домішок шляхом осадження, фільтрування або флотації здійснюють їх коагуляцію.

Коагуляцією домішок води називають процес агломерації найдрібніших колоїдно-дисперсних частинок, що відбувається внаслідок їх взаємного злипання. Коагуляція завершується утворенням крупних агрегатів-пластівців, які відокремлюються від води, що очищається.

Завислі домішки води в більшості випадків мають однакові заряди, що обумовлює виникнення міжмолекулярних сил відштовхування і їх агрегативну стійкість. У технології підготовки води прагнуть порушити агрегативну стійкість домішок і в результаті здійснити повне або часткове їх видалення. Це досягається додаванням до води коагулянтів: сульфатів алюмінію, феруму (II і III), хлориду алюмінію і феруму (III), алюмінату натрію, оксохлориду алюмінію, гідроксосульфату алюмінію, гідроксосульфату алюмінію або інших речовин, які сприяють порушенню агрегативної стійкості [5].

Воду, що очищається, підлугуюють, якщо лужний резерв недостатній для задовільного гідролізу коагулянтів. Для підлугування води і зв'язку утвореного під час гідролізу агресивного оксиду вуглецю (IV) застосовують гідроксид і карбонат натрію, карбонат кальцію і вапно, а також в невеликих кількостях аміак і аміачну воду. В процесі підлугування значення рН підтримують в межах 6,5 ... 7,5. Це сприяє зменшенню залишкового вмісту алюмінію і феруму в очищеній воді і зменшенню їх корозійних властивостей.

До недоліків процесу очищення води коагуляцією є відповідність технологічних параметрів, таких як доза коагулянта і порядок введення реагентів. Її оптимальна величина залежить від властивостей дисперсної системи (води, що очищається): температури, кількості завислих і колоїдно-дисперсних речовин, колірності, йонного складу дисперсного середовища, значенням рН та інших фізико-хімічних показників. В разі недостатнього дозування коагулянта або його неправильного введення у воду, що

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

очищається, не досягають необхідного ефекту очищення, а в разі його надлишку, поряд з перевитратою дорого коштовного реагенту, в деяких випадках може погіршитись коагуляція [5].

1.2 Біологічне очищення води

В основі цього методу лежить процес біологічного окислення органічних сполук та накопичення у живих організмах неорганічних сполук, що містяться в стічних водах. Біологічне окислення стічних вод здійснюється біоценозом мікроорганізмів, що включає сукупність різних бактерій, найпростіших і низку більш високоорганізованих організмів (водоростей, грибів, вищих рослин та тварин тощо), пов'язаних між собою в єдиний комплекс складними відносинами (метабіозу, симбіозу і антагонізму). В основі біологічного методу очищення стічних вод лежать процеси самоочищення, які відбуваються у водних об'єктах у природних умовах [5].

У процесі очищення стічних вод беруть участь дві групи бактерій: гетеротрофи та автотрофи. Ці групи бактерій відрізняються за способом використання джерела вуглецевого живлення. Гетеротрофи використовують вуглець з готових органічних речовин, що переробляються ними для отримання енергії, необхідної для біосинтезу клітин. Автотрофи для синтезу клітин застосовують неорганічний вуглець, а енергію утримують у результаті фотосинтезу або хемосинтезу (окислення деяких органічних сполук: аміаку, нітритів, солей двовалентного заліза, сірководню та ін.). Під дією мікроорганізмів можуть протікати окислювальний (аеробний) або відновлювальний (анаеробний) процеси [5].

Ефективність процесів біологічного очищення стічних вод залежить від низки факторів, одні з яких можна регулювати в широких діапазонах, а інші, наприклад склад стічних вод, практично не піддаються регулюванню. Зазначене відноситься до недоліків даного процесу. Температура є одним з основних факторів, що забезпечує ефективність і високу продуктивність споруд біологічного очищення. Оптимальною температурою для аеробних процесів, що відбуваються в біологічних окиснювачах, є 20-30°C [5].

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На розвиток організмів впливає також активна реакція середовища (рН), адже значна частина живих істот найкраще розвивається у нейтральному або слабо лужному середовищі. Оптимальним для біологічного очищення вважається середовище з рН = 6,5-7,5. Відхилення рН за межі 6 і 8,5 зменшує швидкість окислення внаслідок сповільнення обмінних процесів у клітині [5].

Таким чином, нормальний хід процесів біологічного очищення стічних вод від органічних забруднюючих речовин повинен забезпечуватися певними умовами. Якщо ці умови не дотримуються, необхідно їх коригувати:

- змінювати температурний режим за рахунок підігріву чи охолодження стічних вод;
- здійснювати нейтралізацію стічних вод;
- при нестачі біогенних елементів у стічних водах слід додавати їх штучно у вигляді суперфосфату, аміачної води, амофосу тощо.

В аеробних спорудах біологічного очищення повинна підтримуватися концентрація розчиненого кисню не менше 2 мг/дм³, інакше спостерігається зниження швидкості утилізації органічних сполук.

Найбільше поширеними є три групи очисних споруд для біологічного очищення, які відрізняються за видом розміщення в них активної біомаси[5]:

- біомаса закріплена нерухомо, а стічна вода рухається;
- біомаса знаходиться у стічній воді у вільному стані;
- перший і другий варіанти поєднані/

1.3 Адсорбційне очищення води

Адсорбція – це процес поглинання речовини з розчину поверхнею твердого тіла (адсорбенту). Адсорбція може бути фізична і хімічна (хемосорбція). При фізичній адсорбції взаємодія між адсорбентом і адсорбатом здійснюється за рахунок сил міжмолекулярної взаємодії (сил Ван-дер-Ваальса). При фізичній адсорбції можливий зворотний процес – десорбції. При хемосорбції відбувається хімічна взаємодія між сорбентом і сорбатом[5].

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес адсорбції складається з трьох стадій: 1 – перенос речовини зі стічної води до поверхні зерен адсорбенту – зовнішньодифузійна область; 2 – процес адсорбції; 3 – перенесення речовини всередині зерен адсорбенту – внутрішньодифузійна область.

На швидкість і ефективність адсорбції впливає структура сорбенту, хімічна природа і концентрація забруднень, температура, активна реакція середовища. При підвищенні температури ступінь адсорбції знижується, незважаючи на збільшення швидкості дифузії; зниження величини рН викликає збільшення сорбції органічних речовин стічних вод. Основні характеристики сорбентів:

- 1) пористість – відношення об'єму пор до загального обсягу сорбенту, (%);
- 2) ємність – кількість поглинається речовини, що припадає на одиницю маси або об'єму сорбенту, (кг/м³, кг/кг);
- 3) питома поверхня – площа поверхні сорбенту, яка припадає на одиницю маси, (м²/кг) [5].

Сорбційний спосіб має ряд переваг в порівнянні з іншими методами: забезпечує очистку практично від будь-яких забруднень органічного походження; характеризується відсутністю вторинних забруднень і потреб в реагентах, простотою реалізації і обслуговування, дозволяє багаторазово використовувати сорбент шляхом регенерації.

Одним із ефективних сорбентів для видалення з води розчинених органічних речовин є активоване вугілля різних марок, ефективність яких визначається наявністю в них мікропор. Однак, суттєвим недоліком даного сорбенту є його висока вартість (2500-5000 \$/т).

Тому, в даному проекті пропонується використання технології адсорбційного очищення вод від барвників новим композиційним сорбентом на мінеральній основі – МКС7-MoS₂.

Висновки

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обґрунтовано та вибрано адсорбційний спосіб очищення стічних вод від барвників, так як цей метод має ряд переваг порівняно з іншими методами очищення.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

Продукція цеху очищення стічних вод є вода, якість якої регламентують «Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва», затверджених Розпорядженням виконавчого органу Київської міської адміністрації від 12 жовтня 2011 року № 1879. Технічні вимоги до якості сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів наведені в стандартах: ГОСТ 3226-93 “Глини формувальні вогнетривкі. Загальні технічні умови”; ГОСТ 857-95 “Кислота хлоридна синтетична технічна”; ГОСТ 4147-74 “Ферум (III) хлорид 6-водний”; ТУ 6-02-609-86 “Ферум (II) хлорид 4-водний”; ГОСТ 9-92 “Аміак водний технічний”; ТУ 48-19-133-90 “Дисульфід молібдену”.

Вимоги до якості готової продукції, сировини, напівпродуктів та матеріалів наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні властивості сировини, матеріалів та готової продукції

Найменування сировини, напівпродуктів, матеріалів та готової продукції	Стандарти або технічні умови	Показники, обов'язкові до контролю	Регламентовані показники з допустимими відхиленнями
1	2	3	4
Вода технічна	Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва	Допустима концентрація, г/м ³ : завислих та спливаючих речовин 300; ХСК500; БСК 200; мінералізації 1000; сульфатів 380; хлоридів (Cl ⁻) 240; азоту амонійного (аміаку за азотом) 20; нітритів (NO ₂) 3,3; нітратів (NO ₃) 45; фосфатів (PO ₄ ³⁻) 8; нафтопродуктів 4;	pH 6,5-9,0 одиниць pH. Температура не вище 40 °C [6].

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

1	2	3	4
		СПАР 20; фенолів 0,14; формальдегіду 0,68; ціанідів (CN^-) 0,5; сульфідів (S^{2-}) 1,5; алюмінію (Al) 2,72; кадмію (Cd^{2+}) 0,05; заліза ($Fe^{2+,3+}$) 2,0; марганцю (Mn^{2+}) 0,68; міді (Cu^{2+}) 0,3; нікелю (Ni^{2+}) 0,6; свинцю (Pb^{2+}) 0,1; срібла (Ag^+) 0,05; цинку (Zn^{2+}) 0,9; хрому (Cr^{6+}) 0,1; хрому (загального) 2,3; жирів рослинних та тваринних 50.	
Сапоніт	ГОСТ 3226-93	Межа міцності при стисненні не менше: у вологому стані $1,961 \cdot 10^4$ Па, в сухому стані $14,71 \cdot 10^4$ Па. Масова частка: Al_2O_3 не менше 23 %, Fe_2O_3 не більше 4,5 %. Втрати маси при прожарюванні не більше 18 %. Колоїдність не менше 8,0 %. Концентрація обмінних катіонів не менше 7 мг-екв/100 г сухої глини [7].	Масова частка вологи: 6-10 %.
Кислота хлоридна синтетична технічна	ГОСТ 857-95	Масова частка хлороводню не менше 35 %. Масова частка не більше, %: заліза ($Fe^{2+,3+}$) 0,001; залишку після прожарювання 0,01; вільного хлору 0,002; арсену (As) 0,0001; гідраргіуму (Hg^+) 0,0003 [8].	Зовнішній вигляд: прозора безбарвна або жовтувата рідина
Ферум (III) хлорид 6-водний	ГОСТ 4147-74	Масова частка не більше, %: нерозчинних у воді речовин 0,05; нітратів (NO_3) 0,03; сульфатів (SO_4^{2-}) 0,03; фосфатів (PO_4^{3-}) 0,01; феруму(II) ($Fe^{2+,3+}$) 0,005; міді (Cu^{2+}) 0,01; арсену (As) 0,0005; цинку	Зовнішній вигляд: м'яка кристалічна маса жовто-бурого кольору, гігроскопічна, розчинна у воді.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
		(Zn^{2+}) 0,01; свинцю (Pb^{2+}) 0,005; калію (K^+) 0,05; натрію (Na^+) 0,1; кальцію (Ca^{2+}) 0,1.	спирті, ефірі. pH 1,5-2,5 [9].
Ферум (II) хлорид 4-водний	ТУ 6-02-609-86	Масова частка не більше, %: не розчинних у воді речовин 0,1; заліза (III) ($Fe^{2+,3+}$) 0,1; сульфатів (SO_4^{2-}) 0,02; міді (Cu) 0,01; арсену (As) 0,0001; лужних та лужно-земельних металів (K^+ , Na^+ , Ca^{2+}) 0,2; цинку (Zn^{2+}) 0,05. Масова частка ферум(II)хлориду не менше 63,7 %.	Зовнішній вигляд: блакитно-зелені кристали, гігроскопічні, розчинні у воді та спирті [10].
Аміак водний технічний	ГОСТ 9-92	Масова частка аміаку не менше 25,0 %. Масова концентрація нелеткого залишку не більше 0,07 г/дм ³ .	Прозора безбарвна рідина [11].
Дисульфід молібдену	ТУ 48-19-133-90	Масова частка дисульфіда молібдену не менше 99,701 %. Масова частка не більше, %: кремнію 0,02; заліза 0,1; алюмінію 0,024; кальцію 0,065; оксид молібдену 0,09.	Зовнішній вигляд: порошок чорного кольору із сіруватим відтінком[12].

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

В основу технологічного процесу очищення стічних вод від барвників покладено явище адсорбції. Адсорбція органічних молекул з водних розчинів залежить від різниці між енергією адсорбційної взаємодії молекул компонентів розчину з атомами поверхні адсорбенту та енергією взаємодії органічної молекули з молекулами води, що утворюють за допомогою системи водневих зв'язків упорядковану структуру рідини. Ця взаємодія визначає розчинність органічної речовини та енергію, що перешкоджає переходу органічної молекули з водного оточення на поверхню поділу фаз. У водних розчинах вона значною мірою визначається структурою рідкої води і змінами структури, що виникають під час розчинення у воді органічних речовин. Зв'язок молекул розчиненої речовини з розчинником виявляється насамперед у величинах розчинності та змінні розчинності речовини з температурою. На адсорбцію з водного розчину також мають вплив структурні та сольватаційні властивості води.

Нами, на кафедрі технологій неорганічних речовин та загальної хімічної технології, ХТФ КПІ ім. Ігоря Сікорського, був синтезований композиційний сорбент MKS7-MoS_2 та попередньо проведені на ньому експериментальні дослідження щодо його сорбційних властивостей по відношенню до барвників – малахітового зеленого та конго червоного [13]. Характеристичний розмір молекул барвників малахітового зеленого та конго червоного за розрахунками програми HyperChem становить 1,4 нм та 2,6 нм, відповідно. Наявність ароматичного ядра та здатність до дисоціації (натрієві солі) зумовлює велику розчинність даних барвників у воді внаслідок порушення її кластерної структури та утворення водневих зв'язків. Цей ефект значно посилюється з підвищенням температури. Однак енергія вандерваальсової взаємодії молекул барвників з атомами, що утворюють поверхню сапоніту, набагато більша, ніж взаємодія цих атомів з молекулами

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

води, тому процес фізичної адсорбції ефективно застосовується для видалення барвників з води [5, 14].

Отже, виходячи з вищенаведеного, технологічна схема, що пропонується в даному проекті, складається з наступних стадій: синтез композиційного сорбенту, адсорбція ним з водних розчинів барвників та відділення відпрацьованого сорбенту магнітною сепарацією.

Синтез композиційного сорбенту проводять шляхом просочення магнітної рідини та адсорбції сульфиду молібдену нативної сапонітової глини. Промисловий синтез магнітної рідини полягає в осадженні твердої фази магнетиту з розчину солей феруму (II) та (III) розчином лугу. Оскільки магнітні властивості наночастинок магнетиту збільшуються в ряду: $NH_3 \cdot H_2O > NaOH > KOH > LiOH$, у якості осаджувача використовували концентрований розчин гідроксиду амонію з масовою концентрацією 25 % [15]. В загальному випадку реакцію синтезу магнетиту можна записати наступним чином [16]:



Солі хлориду феруму (III) та (II) розчиняються в розчині 2М (6,8 %-ої) хлороводневої кислоти з молярним співвідношенням $Fe^{2+}:HCl = 1:6$. Отриманий розчин при постійному перемішуванні та контролі рН нейтралізують концентрованим розчином гідроксиду амонію до значення pH 9-9,1. Процес синтезу проводять за температури 318 K при повільному перемішуванні протягом 40 хв.

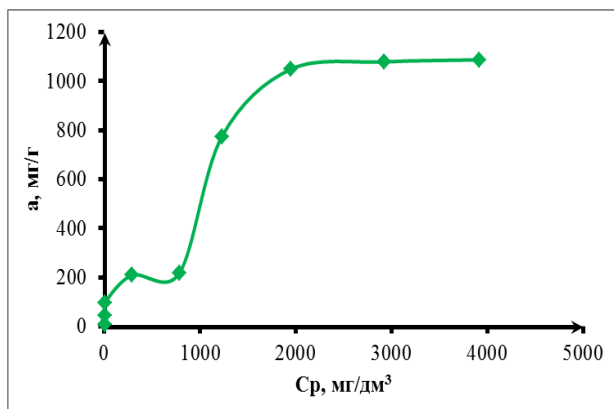
Адсорбція барвників малахітового зеленого та конго червоного на поверхні нативного сапоніту з полярного розчинника (вода) описується ізотермою L-типу (рисунку 3.1), що свідчить про паралельну орієнтацію молекул розчиненої речовини в моношарі.

Величина $a_{\text{барвник}}$ визначається за різницею концентрацій до і після адсорбції, тобто за співвідношенням [5, 14]:

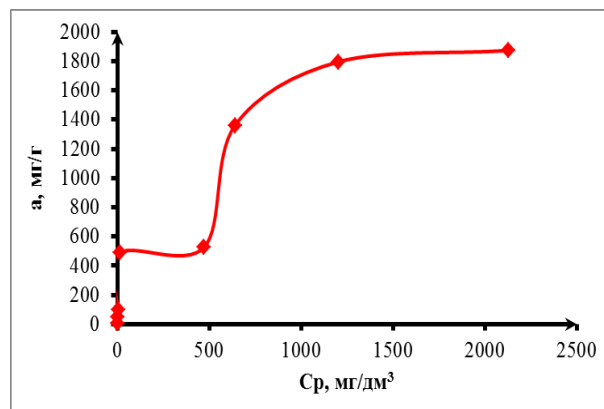
$$a_{\text{барвник}} = \frac{C_{(\text{барвник})0} \cdot f_{(\text{барвник})}}{m}, \quad (3.1)$$

	де m – доза адсорбенту в од	диниці об'єму розчину, $кг/м^3$.			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	23

ХН 3108 1440 000 ПЗ



а



б

Рисунок 3.1 – Ізотерма адсорбції малахітового зеленого (а) та конго червоного (б) на МКС7-МоS₂. [13].

Для визначення питомої витрати адсорбенту на очищення одиниці об'єму стічних вод, як основної технологічної характеристики, потрібно знати як використовується ємність адсорбенту, чи залежить адсорбція від *pH* і яким має бути його оптимальне значення. Використання ємності адсорбенту значною мірою залежить від виду ізотерми адсорбції.

Взаємодія між поверхнею і адсорбованими речовинами може бути або хімічною, або фізичною. Деякі типи зв'язування з поверхнею можна характеризувати наступним чином [17]:

1. хімічна адсорбція (хемосорбція) – адсорбція, що супроводжується перебігом хімічної реакції;
2. воднева зв'язок – адсорбція спиртів з довгим ланцюгом із водних розчинів на поверхнях дегідратованих оксидів;
3. гідрофобне зв'язування – асоціація вуглеводневих ланцюгів, «витіснених» з водного середовища;
4. вандерваальсові сили.

Залежно від хімічної структури обох компонентів між молекулою адсорбату і поверхнею можуть виникати зв'язку різних типів.

Найбільш доцільним підходом до дослідження механізму адсорбції є вивчення ізотерми. Важливими характеристиками адсорбції є: швидкість адсорбції, форма ізотерми, наявність плато на багатьох ізотермах, ступінь

адсорбції розчинника, тип адсорбції – моношарової або багатошаровою, орієнтацію адсорбованих молекул, вплив температури, природа взаємодії між адсорбатом і адсорбентом. На рисунку 3.2 показані найбільш характерні форми ізотерм адсорбції із розбавлених розчинів. Ізотерми адсорбції були класифіковані Гільсом, а пізніше під цю класифікацію була підведена теоретична база [17].

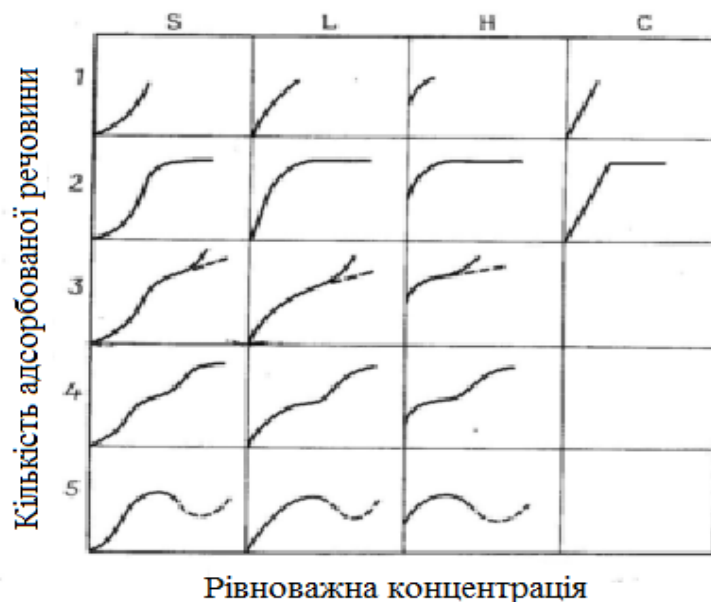


Рисунок 3.2 – Класифікація форм ізотерм адсорбції.

Виходячи з форми початкової ділянки були виділені чотири характерні класу ізотерм; поділ ізотерм на окремі типи всередині кожного з цих класів пов'язаний з подальшою зміною їх форми при більш високих концентраціях. Клас *L* (клас Ленгмюра) є найбільш загальним; на початковому етапі ізотерми цього класу увігнуті щодо осі концентрацій. До ізотерми *L*-типу призводить паралельна орієнтація молекул розчиненої речовини. Ізотерми типу *L2* досягають насичення, подальша адсорбція вище цього рівня дає ізотерму типу *L3*. Якщо при подальшій адсорбції досягається друге плато, то ми маємо справу з ізотермою типу *L4*. Для ізотерм типу *L5* характерна наявність максимуму; вони відображають стан речовини в розчині – в чистій системі максимум неможливий з термодинамічних причин. Такого типу ізотерми отримують при вивченні адсорбції з розчинів ПАР і деяких барвників або ж розчинів сполук, що містять домішки високоактивних ПАР,

тобто таких сполук, які знаходяться в розчині у вигляді асоціатів. Схожий, Арк.

ХН 3108 1440 000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

хоча і не настільки повний, набір типів ізотерм отриманий і для інших класів. Початкова ділянка ізотерм S класу ввігнутий щодо осі концентрацій, однак далі часто слідує точка перегину, що і надає ізотермі характерну S -подібну форму.

Якщо сила взаємодії між адсорбованими молекулами більше сили взаємодії між розчиненою речовиною і адсорбентом, енергія активації зростає і спільна адсорбція описується ізотермою S . У цьому випадку молекули розчиненої речовини прагнуть розташуватися на поверхні у вигляді ланцюгів або кластерів; такому їх положенню сприяють сильна адсорбція розчинника або монофункціональний характер розчиненої речовини [17].

Згідно з основними положеннями теорії Ленгмюра приймемо, що при адсорбції проходить квазіхімічна реакція між адсорбтивом і адсорбційними центрами поверхні сапоніту [14]:



де A – адсорбційні центри МКС7-МоS₂;

B – молекули барвника;

AB – утворений комплекс на поверхні.

Рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра [14]:

$$A = A_{\infty} \cdot \frac{K_{\text{барвник}} \cdot C}{1 + K_{\text{барвник}} \cdot C}. \quad (3.3)$$

Згідно з ізотермою адсорбції барвників на МКС7-МоS₂ (рисунку 3.1) ємність адсорбційного моношару в середньому становить $A_{\infty} = 1400 \text{ мг/г}$ сапоніту. Розрахована константа адсорбційної рівноваги в рівнянні Ленгмюра (3.3) $K_{\text{барвник}} = 0,0007 \text{ дм}^3/\text{мг}$ свідчить про низьку енергію взаємодії адсорбата з адсорбентом.

Вище наведені дані доводять, що МКС7-МоS₂ виявляє високу адсорбційну здатність при низькій та високій концентрації барвників, які адсорбуються. Це надає можливість використання МКС7-МоS₂ для селективних методик концентрування і видалення барвників з водних розчинів.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, раціональні технологічні параметри адсорбційного вилучення сорбентів в даній технологічній схемі:

- $T=10-20^{\circ}\text{C}$;
- час встановлення сорбційної рівноваги – 60 хв (попередньо встановлений за експериментальними даними [13]);
- доза МКС – $0,07 \text{ кг/м}^3$ стічних вод.

Наступною стадією процесу вилучення барвників з води є відділення відпрацьованого сорбенту магнітною сепарацією. Процес реалізується в магнітному сепараторі. Магнітне поле в робочій зоні сепаратора створюється системою з електромагнітів, які живляться постійним струмом, що викликає відповідно утворення постійного магнітного поля. В даний час найбільш широко використовується розділення в постійному магнітному полі.

При переміщенні шламу відпрацьованого сорбенту в робочу зону магнітного сепаратора на частинку діють магнітні сили та механічні сили (тяжіння, інерції, опору середовища). Процес розділення відбувається за рахунок гравітаційних сил та сил магнітного поля, що діють на частинку. Конструкція сепаратора змінює траєкторію руху часток, що підсилює ефективність дії магнітного поля. Магнітні сили не тільки притягують магнітні частинки до зон з найбільшою напруженістю поля, але служать і для їхньої коагуляції.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В розділі визначено основні стадії адсорбційного очищення стічних вод, що забруднені барвниками, обґрунтовані їх теоретичні основи і встановлені норми технологічних режимів.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВІДДІЛЕННЯ АДСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ОРГАНІЧНИХ ПОЛЮТАНТІВ

Технологічна схема відділення адсорбційного очищення стічних вод від органічних полютантів представлена на рисунку 4.1.

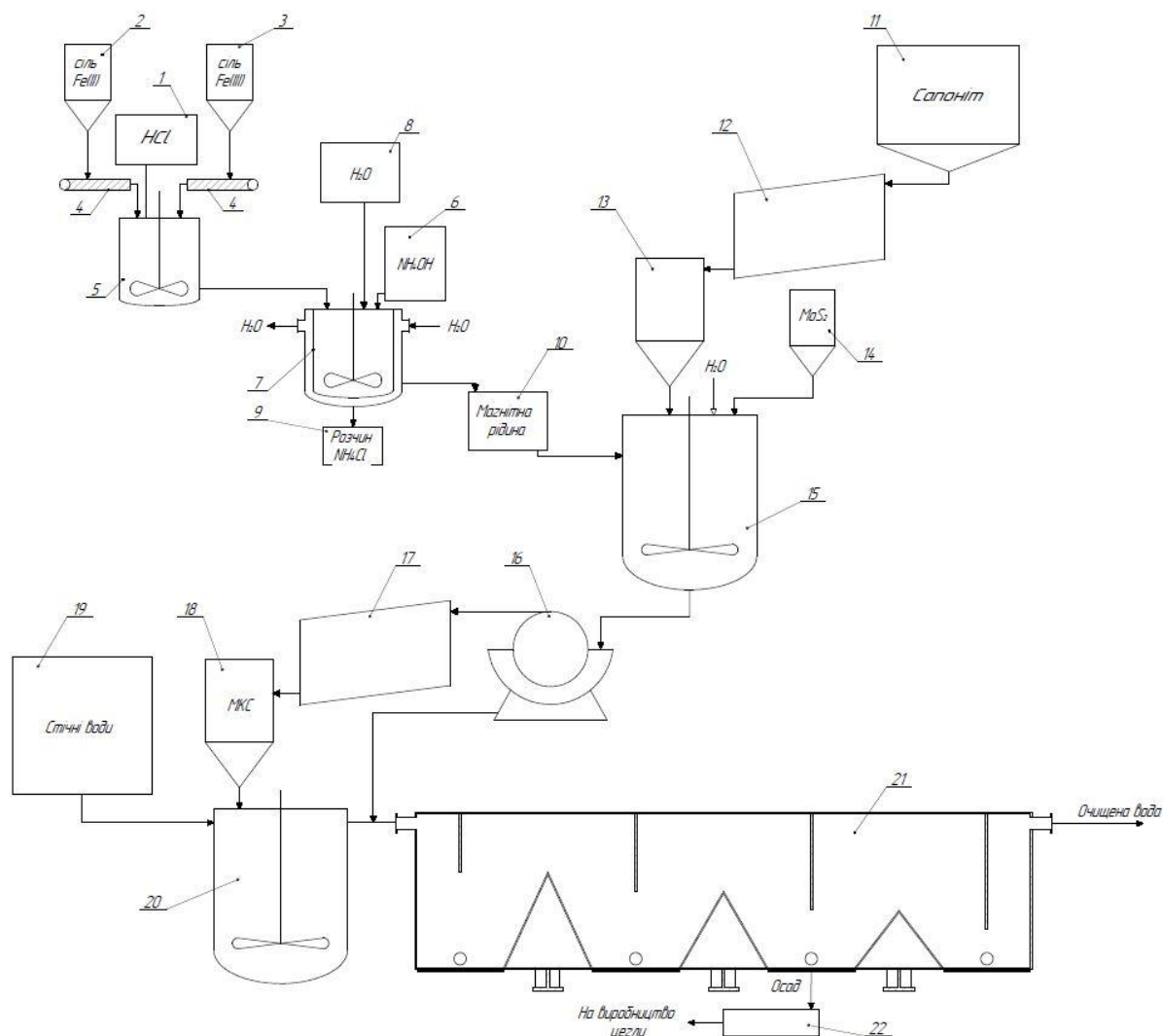


Рисунок 4.1 – Технологічна схема відділення адсорбційного очищення стічних вод від органічних полютантів.

Як сорбційний матеріал в схемі використовують магнітний композиційний матеріал на основі сапоніту власного виробництва. Для синтезу композиційного сорбенту попередньо готують магнітну рідину. Магнітну рідину отримують з розчинів солей феруму ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ та $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) із співвідношенням $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+} = 1:2$, які дозуються в реактор 5 за

	допомогою стрічкових транспортерів 4 з ємностей 2 та 3 відповідно. В даній	Арк.
	ХН 3108 1440 000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.
	Підпис	Дата

реактор окрім солей феруму з баку 1 подається хлороводнева кислота концентрацією 2 моль/дм³ у співвідношенні $\text{Fe}^{2+}:\text{HCl} = 1:6$. Реактор 5 одночасно слугує ємністю для підігріву розчину солей солей феруму (II) та феруму (III).

Синтез магнітної рідини відбувається в реакторі 7, куди також подається концентрований розчин аміаку з ємності 6. Реактор синтезу магнітної рідини оснащений мішалкою та регулятором рН, процес проходить при постійному повільному перемішуванні та підігріві (313-323 K) впродовж 40 хв, під контролем водневого показника середовища, який підтримується на рівні 9-9,1.

Після сплину вказаного часу, супернатант відділяють на магнітному фільтрі (електромагніти вмонтовано в дно реактора 7), де реалізується трикратна промивка магнетиту водою зі збірника води 8. Одержана магнітна рідина, що зберігається у збірнику 10, прямує на приготування суспензії магнітокерованого сорбенту в реактор 15.

Сира глина з бункеру 11 надходить у сушарку барабанного типу 12, де зневоднюється і просушується при $T=393\text{ K}$, після чого направляється в ємність 13. Ємність 13 одночасно слугує ємністю для зберігання нативної сапонітової глини та дозатором для приготування композиційного сорбенту в реакторі 15. Окрім глини та магнітної рідини в композиційний сорбент вводиться сульфід молібдену, що надходить з ємності 14.

Загальна тривалість синтезу МКС становить 60 хв. Модифікування сапоніту магнетитом Fe_3O_4 та сульфідом молібдену MoS_2 реалізується за рахунок процесу адсорбції, що відбувається у дві стадії тривалістю по 30 хв. Після сплину вказаного часу суспензія сорбенту подається на барабанний вакуум-фільтр 16. Вологий композиційний сорбент поступає в сушарку барабанного типу 17 для зневоднення і просушування ($T=393\text{ K}$) і подрібнення до фракції менше 0,5 мм, після чого направляється в бункер 18 для зберігання.

Стічні води через колектор 19, де відбувається вирівнювання складу СВ з різних технологічних операцій, направляються в адсорбційний реактор

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20, куди з бункеру 18 дозується МКС. Тривалість проведення сорбційного вилучення поллютантів становить 60 хв при постійному перемішуванні. Після сплину вказаного часу вода разом з сорбентом перетікає у магнітний сепаратор 21 для відокремлення шламу від очищеної СВ, частина якої направляється на внутрішні потреби (наприклад, промивку активованого сорбенту, приготування суспензії та ін.), решта – на скид до каналізації. До магнітного сепаратору 21 для утилізації надходить вода з барабанного вакуум-фільтру 16. Вологий шлам з магнітного сепаратору накопичується у збірнику 22, звідки направляється на технологічну лінію виробництва керамічних мас [18].

Висновки

Розроблено технологічну схему адсорбційного очищення стічних вод від органічних поллютантів. Розглянуто умови проведення очищення на кожній стадії.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

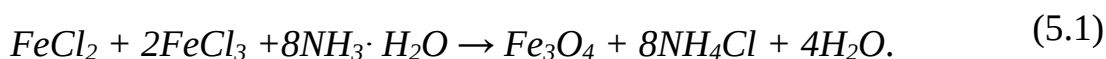
4 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС

При продукуванні підприємством 1000 м³ стічних вод на добу, витрата МКС на основі сапоніту з урахуванням встановленої у розділі 3 дози 0,1 кг/м³ становитиме 100 кг/добу.

Склад МКС7-MoS₂: сапоніт 92 %, магнетит Fe₃O₄ – 7 %, сульфід молібдену MoS₂ 1 %. Такий вміст MoS₂ та Fe₃O₄ обумовлений максимумом вилучення поллютанту з водного середовища.

5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва

Магнітна рідина синтезується згідно реакції:



Розрахунок матеріального балансу синтезу магнетиту проводиться на 100 кг МКС7- MoS₂, тобто на 7 кг Fe₃O₄. Магнетит синтезуються у формі 20 % мас магнітної рідини.

Розрахунок статей приходу

Для синтезу 7 кг Fe₃O₄ (35 кг магнітної рідини) витратні коефіцієнти за компонентами згідно з рівнянням реакції (5.1) становлять:

– FeCl₃:

$$G^{\circ}(FeCl_3) = \frac{G(Fe_3O_4) \cdot M(FeCl_3) \cdot 2}{M(Fe_3O_4) \cdot 1} = \frac{7 \cdot 162,5 \cdot 2}{232 \cdot 1} = 9,81 \text{ кг ;}$$

– FeCl₂:

$$G^{\circ}(FeCl_2) = \frac{G(Fe_3O_4) \cdot M(FeCl_2) \cdot 1}{M(Fe_3O_4) \cdot 1} = \frac{7 \cdot 127 \cdot 1}{232 \cdot 1} = 3,83 \text{ кг ;}$$

– NH₃·H₂O:

$$G^{\circ}(NH_3 \cdot H_2O) = \frac{G(Fe_3O_4) \cdot M(NH_3 \cdot H_2O) \cdot 8}{M(Fe_3O_4) \cdot 1} = \frac{7 \cdot 35 \cdot 8}{232 \cdot 1} = 8,45 \text{ кг ;}$$

В перерахунку на сировину для синтезу магнітної рідини:

– FeCl₃·6H₂O:

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G^{\circ}(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = \frac{G(FeCl_3) \cdot M(FeCl_3 \cdot 6H_2O)}{M(FeCl_3)} = \frac{9,8 \cdot 270,5}{162,5} = 16,32 \text{ кг};$$

$$G_{кр}^{\circ}(H_2O) = G^{\circ}(FeCl_3 \cdot 6H_2O) - G^{\circ}(FeCl_3) = 16,32 - 9,81 = 6,52 \text{ кг};$$

– $FeCl_2 \cdot 4H_2O$:

$$G^{\circ}(FeCl_2 \cdot 4H_2O) = \frac{G^{\circ}(FeCl_2) \cdot M(FeCl_2 \cdot 4H_2O)}{M(FeCl_2)} = \frac{3,8 \cdot 199}{127} = 6,00 \text{ кг};$$

$$G_{кр}^{\circ}(H_2O) = G^{\circ}(FeCl_2 \cdot 4H_2O) - G^{\circ}(FeCl_2) = 6,00 - 3,83 = 2,17 \text{ кг};$$

– $NH_3 \cdot H_2O$ при $\omega(NH_3 \cdot H_2O) = 25 \%$:

$$G^{\circ}(NH_3 \cdot H_2O)_{p-n} = \frac{G(NH_3 \cdot H_2O) \cdot 100}{\omega(NH_3 \cdot H_2O)} = \frac{8,4 \cdot 100}{25} = 33,79 \text{ кг};$$

$$G_{кр}^{\circ}(H_2O) = G^{\circ}(NH_3 \cdot H_2O)_{p-n} - G^{\circ}(NH_3 \cdot H_2O) = 33,79 - 8,45 = 25,34 \text{ кг}.$$

Витрата хлоридної кислоти відповідно до молярного співвідношенням $Fe^{2+}:HCl = 1:6$ становить:

$$G^{\circ}(HCl) = 6 \cdot \frac{G^{\circ}(FeCl_2) \cdot M(Fe)}{M(FeCl_2)} = 6 \cdot \frac{3,8 \cdot 56}{127} = 10,14 \text{ кг}.$$

Для синтезу використовується 2М (6,8 %) хлоридна кислота в кількості:

$$G^{\circ}(HCl)_{p-n} = \frac{G^{\circ}(HCl) \cdot 100}{\omega(HCl)} = \frac{10,2 \cdot 100}{6,8} = 148,22 \text{ кг};$$

$$G_{p-n}^{\circ}(H_2O) = G^{\circ}(HCl)_{p-n} - G^{\circ}(HCl) = 148,22 - 10,14 = 138,08 \text{ кг}.$$

Розрахунок статей витрати

В результаті реакції (5.1) утвориться:

– NH_4Cl :

$$G(NH_4Cl) = \frac{G(Fe_3O_4) \cdot M(NH_4Cl) \cdot 8}{M(Fe_3O_4) \cdot 1} = \frac{7 \cdot 53,5 \cdot 8}{232 \cdot 1} = 12,91 \text{ кг}.$$

– H_2O :

$$G(H_2O) = \frac{G(Fe_3O_4) \cdot M(H_2O) \cdot 4}{M(Fe_3O_4) \cdot 1} = \frac{7 \cdot 18 \cdot 4}{232 \cdot 1} = 2,17 \text{ кг}.$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс синтезу магнітної рідини

Прихід	кг	%мас.	Витрата	Кг	%мас.
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$, в т.ч.:	16,32		Магнітна рідина, в т.ч.:	35,0	
$FeCl_3$	9,81	4,22	Магнетит	7,0	3,01
H_2O	6,52	2,81	Вода	28,0	12,05
$FeCl_2 \cdot 4H_2O$, в т.ч.:	6,00		Магнітний дистилят, в т.ч.:	197,34	
$FeCl_2$	3,83	1,65	NH_4Cl	12,91	5,56
H_2O	2,17	0,94	HCl	10,14	4,36
Хлоридна кислота, в т.ч.:	148,22		H_2O	174,28	75,01
HCl	10,14	4,36			
H_2O	138,08	59,43			
Амонію гідроксид, в т.ч.:	33,79				
NH_4OH	8,45	3,64			
H_2O	25,34	10,91			
Вода	28,0	12,05			
Всього	232,34	100,00	Всього	232,34	100,00

Матеріальний баланс адсорбції барвника МКС7-MoS₂.

Розраховується процес очищення стічних вод, концентрація барвника малахітового зеленого $C^0_{\text{барвника}} = 0,1 \text{ кг/м}^3$ (505 одиниць Сг-Со шкали) в яких перевищує ГДК (20 одиниць Сг-Со шкали, тобто $0,005 \text{ кг/м}^3$) майже в 25 разів.

Вихідні данні:

- $C^0_{\text{барвника}} = 0,1 \text{ кг/м}^3$;
- $T_{\text{стічних вод}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\rho(H_2O) = 999,73 \text{ кг/м}^3$;
- Ступінь вилучення барвника (використання сорбенту) $X_e = 95 \%$;
- Вологість МКС7-MoS₂ $\omega_{H_2O} = 0,96 \%$;
- Вологість відпрацьованого шламу $\omega_{H_2O} = 52,00 \%$;
- Продуктивність – $42,0 \text{ м}^3/\text{год}$.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок статей приходу

За одну годину на очищення потрапляє $42,0 \text{ м}^3$ стічних вод, в тому числі:

– маса барвника:

$$G^\circ(\text{барвника}) = C(\text{барвника}) \cdot V^\circ(H_2O) = 0,1 \cdot 42,0 = 4,2 \text{ кг};$$

– маса H_2O :

$$G^\circ(H_2O) = \rho(H_2O) \cdot V^\circ(H_2O) - G^\circ(\text{барвника}) = 999,73 \cdot 42,0 - 4,2 = 41984,46 \text{ кг}.$$

Витрата МКС7-MoS₂:

$$G^\circ(\text{МКС7} - \text{MoS}_2)_{\text{сухого}} = 0,1 \cdot V^\circ(H_2O) = 0,1 \cdot 42,0 = 4,2 \text{ кг}.$$

– маса сапоніту:

$$G^\circ(\text{сапоніту}) = 0,92 \cdot G^\circ(\text{МКС7} - \text{MoS}_2)_{\text{сухого}} = 0,92 \cdot 4,2 = 3,86 \text{ кг},$$

– маса Fe₃O₄:

$$G^\circ(Fe_3O_4) = 0,07 \cdot G^\circ(\text{МКС7} - \text{MoS}_2)_{\text{сухого}} = 0,07 \cdot 4,2 = 0,29 \text{ кг},$$

– маса MoS₂:

$$G^\circ(\text{MoS}_2) = 0,01 \cdot G^\circ(\text{МКС7} - \text{MoS}_2)_{\text{сухого}} = 0,01 \cdot 4,2 = 0,042 \text{ кг},$$

– маса H₂O з магнітної рідини (маса H₂O співвідноситься до маси Fe₃O₄, як 4:1):

$$G^\circ(H_2O) = G^\circ(Fe_3O_4) \cdot 4 = 1,18 \text{ кг}.$$

Розрахунок статей витрати

При $X_g=95\%$ залишкова маса барвника в очищеній воді:

$$G^\circ(\text{барвника}) = (1 - X_g) \cdot G^\circ(\text{барвника})^\circ = (1 - 0,95) \cdot 4,2 = 0,21 \text{ кг}.$$

Маса відпрацьованого МКС7-MoS₂:

$$\begin{aligned} G(\text{МКС7} - \text{MoS}_2) &= \\ &= \left(1 - \omega_{H_2O}(\text{МКС7} - \text{MoS}_2)\right) \cdot G^\circ(\text{МКС7} - \text{MoS}_2)_{\text{сухого}} + X_g \cdot G^\circ(\text{барвника})^\circ \\ &= (1 - 0,0096) \cdot 4,2 + 0,95 \cdot 4,2 = 8,19 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Маса відпрацьованого шламу:

$$G(\text{шлам}) = \frac{G(\text{МКС7} - \text{MoS}_2)}{1 - \omega_{H_2O}(\text{шлам})} = \frac{8,19}{1 - 0,52} = 17,06 \text{ кг}.$$

Маса води, яка відводиться в складі вологого шламу становить:

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G(H_2O) = G(\text{шлам}) - G(\text{МКС7} - \text{MoS}_2) = 17,06 - 8,19 = 8,87 \text{ кг.}$$

Маса очищеної води:

$$\begin{aligned} G(H_2O) &= G^\circ(H_2O) + G^\circ(H_2O)_{\text{маг.рідини}} + \omega_{H_2O}(\text{МКС7} - \text{MoS}_2) \cdot G^\circ(\text{МКС7} - \text{MoS}_2) \\ &\quad - \omega_{H_2O}(\text{шлам}) \cdot G(\text{шлам}) = 41988,46 + 1,18 + 0,0096 \cdot 4,2 - 0,52 \cdot 17,06 \\ &= 41976,76 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Отже, відсоток очищеної води, що втрачається разом з відпрацьованим сорбентом становить:

$$\varphi(H_2O) = \frac{G(H_2O)_{\text{шлам}}}{G(H_2O)_{\text{продукційна}} + G(H_2O)_{\text{шлам}}} \cdot 100 = \frac{8,87}{41976,76 + 8,87} \cdot 100 = 0,021 \text{ \%}.$$

Таблиця 5.2 – Матеріальний баланс адсорбції барвника МКС7-MoS₂ (в розрахунку на 1 год)

Прихід	кг	%мас.	Витрата	кг	%мас.
Стічні води, в т.ч.:	41988,66		Очищена вода, в. т. ч.	41976,97	
H ₂ O	41984,46	99,979	H ₂ O	41976,76	99,959
Барвник	4,2	0,01	Барвник	0,21	0,001
МКС, в. т. ч.	4,2		Шлам, в. т. ч.	17,06	
Fe ₃ O ₄	0,29	0,001	Відпрацьований МКС7-MoS ₂	8,19	0,02
Сапоніт	3,86	0,009	H ₂ O	8,87	0,021
MoS ₂	0,04	0,0001			
H ₂ O _{маг.рідини}	1,18	0,001			
Всього	41994,04	100,00	Всього	41994,04	100,00

5.2 Витратні коефіцієнти

$$\beta(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = 0,016 \text{ кг/м}^3;$$

$$\beta(FeCl_2 \cdot 4H_2O) = 0,006 \text{ кг/м}^3;$$

$$\beta(HCl) = 0,146 \text{ кг/м}^3;$$

$$\beta(NH_4OH) = 0,033 \text{ кг/м}^3;$$

$$\beta(\text{сапоніт}) = 0,092 \text{ кг/м}^3;$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\beta(\text{MoS}_2) = 0,001 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

5.3 Енергетичні розрахунки

При виконанні даних теплових розрахунків, які полягають у визначенні кількості теплоти, яку необхідно підвести для забезпечення: температурного режиму 45 °С в зоні реакції синтезу магнетиту, втрати теплоти в навколишнє середовище приймаються рівними 5 %. Розрахунок теплового балансу проводиться на 100 кг МКС7- MoS₂, тобто для синтезу 7 кг Fe₃O₄.

Тепловий баланс синтезу магнетиту

Реакція синтезу магнетиту описується рівнянням (5.1).

Тепловий ефект реакції розраховується за наслідком із закону Гесса:

$$\Delta H = (\sum \Delta H_{\text{утв}})_{\text{прод}} - (\sum \Delta H_{\text{утв}})_{\text{вих}}, \quad (5.2)$$

де $\Delta H_{\text{утв}}$ – стандартна ентальпія утворення, кДж/моль.

$$\begin{aligned} \Delta H = & \left(\Delta H_{\text{утв}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) + 8 \cdot \Delta H_{\text{утв}}(\text{NH}_4\text{Cl}) + 4 \cdot \Delta H_{\text{утв}}(\text{H}_2\text{O}) \right) - \left(\Delta H_{\text{утв}}(\text{FeCl}_2) + 2 \cdot \right. \\ & \left. \Delta H_{\text{утв}}(\text{FeCl}_3) + 8 \cdot \Delta H_{\text{утв}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \right) = (-1117,13 + 8 \cdot (-314,22) + 4 \cdot (-285,83)) - \\ & - (-341,75 + 2 \cdot (-399,4) + 8 \cdot (-231,84)) = -1778,94 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} = -1778940 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}}. \end{aligned}$$

Реакція утворення магнетиту відбувається з виділенням теплоти, тобто $Q_{x.p.} = 1778940$ кДж/кмоль – процес екзотермічний.

В процесі синтезу 7 кг Fe₃O₄ виділиться:

$$Q_p = \frac{Q_{x.p.} \cdot G(\text{Fe}_3\text{O}_4)}{M(\text{Fe}_3\text{O}_4)} = \frac{1778940 \cdot 7}{232} = 53674,9 \text{ кДж}.$$

Фізична теплота речовин на вході в реактор синтезу магнетиту при $T_{\text{поч.}} = 20$ °С:

$$Q_{\phi}(\text{FeCl}_3) = C_p(\text{FeCl}_3) \cdot \frac{m(\text{FeCl}_3)}{M(\text{FeCl}_3)} \cdot T_{\text{поч.}} = 94,84 \cdot \frac{9,81}{162,5} \cdot 293 = 1676,87 \text{ кДж};$$

$$Q_{\phi}(\text{FeCl}_2) = C_p(\text{FeCl}_2) \cdot \frac{m(\text{FeCl}_2)}{M(\text{FeCl}_2)} \cdot T_{\text{поч.}} = 76,29 \cdot \frac{3,83}{127} \cdot 293 = 674,44 \text{ кДж};$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вноситься H_2O			
Кількість теплоти, що виділяється при синтезі манетиту	53674,9		
Кількість теплоти, що підводиться	57498,64		
Всього	290851,103	Всього	290851,103

Висновки

Розраховано матеріальні баланси синтезу магнетиту, магнітокерованого сорбета, адсорбції барвника і витратні коефіцієнти сировини. Також розраховано тепловий баланс синтезу магнетиту.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок та вибір магнітного відстійника

Швидкість осідання частинок і кількісна їх зміна в робочому об'ємі визначається згідно зі законом Стокса [19]:

$$H = \frac{\omega_{oc} \cdot \tau}{\ln \frac{n_0}{n}}, \quad (6.1)$$

де n_0 і n – початкова та поточна концентрація часток, відповідно, мг/дм³;

H – висота камери відстійника, м;

τ – тривалість седиментації часток, с;

ω_{oc} – швидкість седиментації часток, м/с.

Швидкість осадження частинок МКС7- MoS₂ розраховується на основі експериментальних даних:

$$\omega_{oc} = \frac{\left(\frac{\Delta c}{\Delta \tau}\right) \cdot V_{експ}}{\rho \cdot S} \cdot \frac{V_{пром}}{V_{експ}} = \frac{\left(\frac{\Delta c}{\Delta \tau}\right) \cdot H}{\rho} \cdot \frac{V_{пром}}{V_{експ}}, \quad (6.2)$$

де Δc – зменшення масової концентрації МКС7- MoS₂ за період осадження, кг/м³;

$\Delta \tau$ – період осадження, с;

V – сепараційний об'єм експериментальної установки, м³;

S – площа поперечного перерізу сепараційний об'єм експериментальної установки, м²;

H – висота сепараційного об'єм експериментальної установки, м;

ρ – густина частинок, що осідають, кг/м³.

Протягом 240 хв (за проведеними попередньо експериментальними даними) спостерігається зменшення концентрації частинок сорбенту з 1,450 до 0,052 кг/м³:

$$\omega_{oc} = \frac{\left(\frac{\Delta c}{\Delta \tau}\right) \cdot H}{\rho} \cdot \frac{V_{пром}}{V_{експ}} = \frac{(1,45 - 0,052) \cdot 0,25}{240 \cdot 60} \cdot \frac{25}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 0,000915 \text{ м / с.}$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота сепаратора [19]:

$$H = 0,000915 \cdot 3600 / \ln \frac{1450}{52} = \frac{3,294}{3,328} = 0,99 \approx 1 \text{ м.}$$

Швидкість суцільної фази в першому наближенні при продуктивності $42 \text{ м}^3/\text{год}$ становить $0,012 \text{ м/с}$.

Час перебування неоднорідної системи в каналі становить [20]:

$$\tau = L / \omega_{\text{сф}}, \quad (6.3)$$

де $\omega_{\text{сф}}$ – середня швидкість суцільної фази в каналі.

Час осадження частинок дисперсної фази з висоти H [20]:

$$\tau_0 = H / \omega_0. \quad (6.4)$$

Час τ для ефективного розділення щонайменше має дорівнювати часу τ_0 [20]:

$$(\tau = \tau_0) \rightarrow (L / \omega_{\text{сф}} = H / \omega_0) \rightarrow L = H \cdot \omega_{\text{сф}} / \omega_0, \quad (6.5)$$

$$L = 1 \cdot 0,012 / 0,000915 = 13,11 \text{ м} \approx 13,2 \text{ м.}$$

Об'ємна витрата дисперсної фази крізь канал [20]:

$$V = HB\omega_{\text{сф}} = HBL \omega_0 / H = BL \omega_0 = F_0 \omega_0. \quad (6.6)$$

Об'єм освітленої води за час $\tau = 1 \text{ год}$ становить 42 м^3 . Звідси площа осадження каналу :

$$F_0 = V / H = 42 / 1 = 42 \text{ м}^2.$$

Безперервний процес осадження дисперсної твердої фази, який розглядається, реалізується в каналі прямокутного поперечного перерізу завширшки B , м [20]:

$$B = F_0 / L = 42 / 13,2 = 3,18 \text{ м} \approx 3,2 \text{ м.}$$

Площа прямокутного поперечного перерізу каналу [20]:

$$F_k = HB = 1 \cdot 3,2 = 3,2 \text{ м}^2.$$

Лінійна швидкість руху потоку води, що надходить на відстоювання [20]:

$$\omega_{\text{сф}} = \frac{Q}{F_k \cdot 3600} = \frac{42}{3,2 \cdot 3600} = 0,0036 \text{ м/с.}$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочий об'єм магнітного відстійника з урахуванням коефіцієнт запасу продуктивності, який для апаратів з внутрішніми пристроями без частин, що рухаються, працюючих при низьких (середніх) температурах і без тиску приймається рівним $\alpha = 1,1$; коефіцієнту заповнення відстійника $\varphi = 0,8$ [20]:

$$V_{\text{м.в.}} = \alpha \cdot F_0 \cdot H / \varphi = 1,1 \cdot 42 \cdot 1 / 0,8 = 57,75 \text{ м}^3.$$

Отже, габаритні розміри відстійника:

- висота $H = 1,4 \text{ м}$;
- ширина $B = 3,2 \text{ м}$;
- довжина $L = 13,2 \text{ м}$.

Діаметр підвідних та відвідних патрубків [24]:

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 3600 \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 42}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,036}} = 0,21 \text{ м}.$$

Обираємо відповідно до МН 4584-63 стандартні штуцери із сталі з приварними фланцями і наплавленою приварною поверхнею: внутрішній діаметр $D_y = 210 \text{ мм}$, зовнішній діаметр $D_e = 220 \text{ мм}$, товщина стінки штуцера $s = 5 \text{ мм}$; довжина штуцера $l = 250 \text{ мм}$.

Товщини стінки відстійника [24]:

$$S = \frac{PD}{2[\sigma]\varphi - P} + C \quad (6.7)$$

мм,

де D – внутрішній еквівалентний діаметр апарата, *мм*;

P – тиск всередині апарату, *Па*;

$[\sigma]$ – допустима напруженість, *Па* (для конструктивного матеріалу сталь 12X18H10T $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$);

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

φ – коефіцієнт міцності зварного шва для сталюого апарату, (для таврового зварного шва сталюого апарату $\varphi = 0,8$);

C – добавка на корозію (приймається рівною 2 мм).

Тиск всередині відстійника P з урахуванням гідростатичного тиску P_z :

$$P = P_p + P_z = P_p + \rho_c \cdot g \cdot H = 101325 + 1003,02 \cdot 9,81 \cdot 1,4 = 115100,5 \text{ Па},$$

де P_p – робочий тиск, Па;

P_z – гідростатичний тиск, Па;

ρ_c – густина суспензії стічна вода – МКС7- MoS_2 кг/м³.

$$S = \frac{115100,5 \cdot 4480}{2 \cdot 160 \cdot 10^6 \cdot 0,8 - 115100,5} + 2 = 26,52 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо товщину стінки рівною 30 мм.

Товщина днища і кришки відстійника [24]:

$$S = K \cdot D \sqrt{\frac{P}{[\sigma] \varphi}} + C, \quad (6.8)$$

де K – коефіцієнт, що залежить від способу закріплення, для даного випадку $K = 0,4$.

$$S = 0,4 \cdot 4480 \sqrt{\frac{115100,5}{160 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} + 2 = 27,7 \approx 30 \text{ мм.}$$

6.2 Розрахунок та вибір електромагніта

Для розрахунку допустимої сили струму вибрано провід із поперечним перерізом 1 мм², допустима для нього сила струму, виходячи з мінімального її значення щільності, становить 5 А/мм²,

$$I = 5 \cdot S_{\text{пр}} \cdot 1 = 5 \text{ А.}$$

де I – допустима сила струму, А;

$S_{\text{пр}}$ – площа поперечного перерізу проводу, мм².

Визначення довжини проводу в обмотці електромагніту. Загальна довжина проводу $l_{\text{пр}}$ буде дорівнювати:

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l_{\text{пр}} = \frac{R \cdot S_{\text{пр}}}{\rho} = \frac{U \cdot S_{\text{пр}}}{I \cdot \rho} \frac{220 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}} = 2588 \text{ м},$$

де U - напруга джерела живлення, В;

R - опір обмотки, Ом;

I - допустима сила струму, А;

$S_{\text{пр}}$ - площа поперечного перерізу проводу, м^2 ;

ρ - питомий опір міді, $1,7 \cdot 10^{-8}$ (Ом· м^2)/м.

Обчислення кількості шарів (рядів) дроту, що вміщається в осердя:

$$n_{\text{сл}} = \frac{a - \delta_i}{d_{\text{пр}} + 0,02} \frac{30 - 1}{1,158 + 0,02} = 24,61 \approx 25,$$

де a – глибина виявки в осерді, мм;

δ_i – товщина шару ізоляції між сердечником і обмоткою, мм;

$d_{\text{пр}}$ - товщина проводу покритого шаром ізоляції мм.

Визначення довжини середнього витка обмотки. Радіус найменшого витка:

$$r_{\text{мін}} = r_c + \delta_i + r_{\text{пр}} = 20 + 1 + 0,579 = 21,579 \text{ мм},$$

де r_c – радіус сердечника електромагніту, мм;

δ_i – товщина шару ізоляції між сердечником і обмоткою, мм;

$r_{\text{пр}}$ - радіус проводу з ізоляцією, мм.

Радіус найбільшого витка:

$$r_{\text{макс}} = r_{\text{мін}} + (d_{\text{пр}} + 0,02) \cdot (n_{\text{сл}} - 1) = 21,579 + (1,158 + 0,02) \cdot (25 - 1) = 49,86 \text{ мм}.$$

Радіус середнього витка:

$$r_{\text{ср}} = \frac{r_{\text{макс}} + r_{\text{мін}}}{2} = \frac{49,86 + 21,58}{2} = 39,72 \text{ мм}.$$

Довжина середнього витка буде дорівнювати:

$$l_{\text{ср}} = 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{ср}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 39,72 = 224 \text{ мм} = 0,224 \text{ м}.$$

Визначення загального числа витків дроту:

$$\omega = \frac{l_{\text{пр}}}{l_{\text{ср}}} = \frac{2588}{0,224} = 11530 \text{ витків}.$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

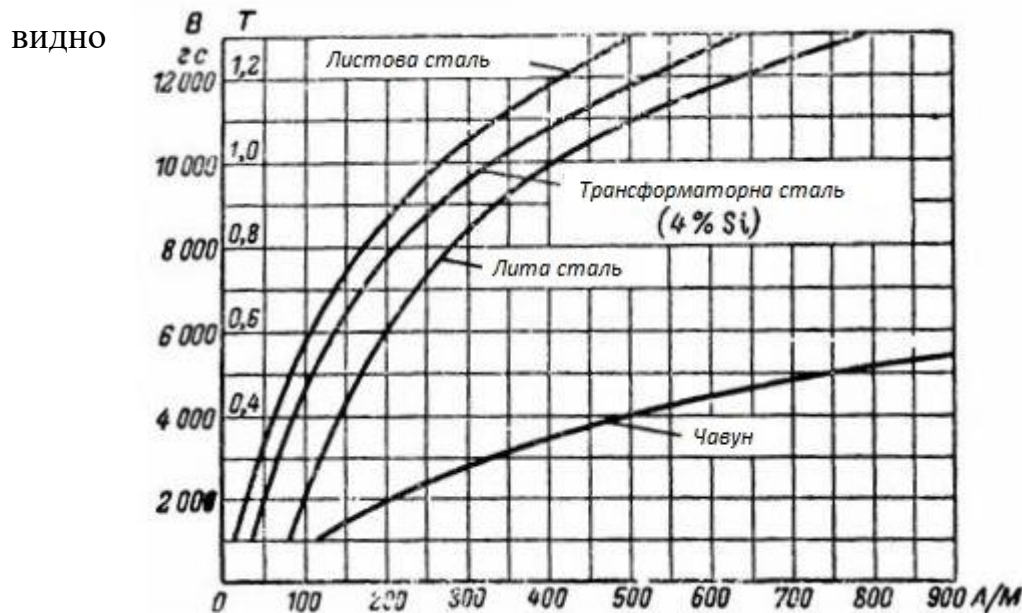
Кількість витків дроту в одному шарі:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega}{n_{\text{пр}}} = \frac{11530}{25} = 462 \text{ витків.}$$

Визначимо напруженість за допомогою рисунка 6.1. В ході проведення експерименту визначено індукцію, що становить 0,5 Тл або 5000 Гс.

Рисунок 6.1 – Криві намагнічування сталей та чавуну [21].

Як
з даного
рисунка



напруженість для литої сталі становить 171 А/м.

Визначення напруженість магнітного поля в зазорі:

$$H_0 = \frac{B}{\mu} = \frac{0,5}{1,2566 \cdot 10^{-6}} = 3,979 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

де В – магнітна індукція, Тл;

μ – проникністю вільного простору, $1,2566 \cdot 10^{-6}$ Гн/м.

Визначення сили струму в обмотці:

$$I = \frac{H_0 \cdot l_0}{w} = \frac{3,979 \cdot 10^5 \cdot 0,048}{11530} = 1,656 \text{ А.}$$

З отриманих розрахунків підібрано електромагніт ИЖМВ 003-01, параметри якого наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 3.1 – Параметри електромагніта ИЖМВ 003-01

Параметри					Величина	
					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга, В	220
Номинальне тягове зусилля, Н (кгс)	60 (6)
Номинальний струм, А	1,7
Номинальний хід якоря, мм	25
Частота струму, Гц	50

6.3 Розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання

6.3.1 Насос подачі очищеної води на власні потреби

Насос повинен забезпечити подачу $5 \text{ м}^3/\text{год}$ очищеної води на бак промивання магнітної рідини та приготування суспензії сорбенту.

Напір визначають виходячи з виразу [22]:

$$H = \frac{(\rho_2 - \rho_1)}{\rho \cdot g} + H_{\Gamma} + h_{\text{ВУ}} + h_{\text{ВН}} = \frac{0,5 \cdot 10^5}{998,23 \cdot 9,81} + 7 + 0,03 + 0,38 = 12,52 \text{ м вод. ст.}$$

де H_{Γ} – геометрична висота всмоктування і нагнітання, *м вод. ст.*;

$h_{\text{ВУ}}$ і $h_{\text{ВН}}$ – втрати напору на усмоктуванні і нагнітанні, *м вод. ст.*

Корисна потужність [22]:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 998,23 \cdot 9,81 \cdot 0,003 \cdot 12,52 = 735,38 \text{ Вт} = 0,737 \text{ кВт}$$

Приймаючи к.к.д. передачі $\eta_{\text{ПЕР}} = 1$ і $\eta_{\text{Н}} = 0,6$ (для відцентрового насоса середньої продуктивності), знайдемо потужність на валу двигуна [22]:

$$N = N_{\Pi} / (\eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{ПЕР}}) = 0,735 / (0,6 \cdot 1) = 1,23 \text{ кВт.}$$

Приймаємо до установки насос типу Х40-25-125,

$$Q = 6,3 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$H = 20 \text{ м вод. ст. з електродвигуном АО2-51-2,}$$

Потужністю $1,6 \text{ кВт}$,

Частотою $n = 3000 \text{ об./хв.}$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3.2 Реактор синтезу магнетиту Fe_3O_4

В результаті однієї заправки ми маємо отримати 7 кг Fe_3O_4 . Згідно з розрахунки матеріального балансу, визначаємо необхідну кількість сировини для однієї заправки:

- $m(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = 16,32 \text{ кг}$, $\rho(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = 2898 \text{ кг/м}^3$;
- $m(FeCl_2 \cdot 4H_2O) = 6,0 \text{ кг}$, $\rho(FeCl_2 \cdot 4H_2O) = 1930 \text{ кг/м}^3$;
- $m(HCl, \omega=10 \%) = 148,22 \text{ кг}$, $\rho(HCl, \omega = 10 \%) = 1047,6 \text{ кг/м}^3$;
- $m(NH_4OH, \omega=25 \%) = 33,79 \text{ кг}$, $\rho(HCl, \omega = 10 \%) = 910 \text{ кг/м}^3$.

Розрахуємо об'єм апарату, необхідний для завантаження розрахованої маси реагентів, враховуючи, що в реакторі приходить реакція нейтралізації, тому можливе піноутворення, отже прийmemo коефіцієнт заповнення реактора рівний $k = 0,65$ [23]:

$$V_p = \frac{G_{(FeCl_3 \cdot 6H_2O)}/\rho_{(FeCl_3 \cdot 6H_2O)} + G_{(FeCl_2 \cdot 4H_2O)}/\rho_{(FeCl_2 \cdot 4H_2O)} + G_{(HCl)}/\rho_{(HCl)} + G_{(NH_4OH)}/\rho_{(NH_4OH)}}{k}$$

$$= \frac{16,32/2898 + 6/1930 + 148,22/1047,6 + 33,79/910}{0,65} = 0,288 \text{ м}^3.$$

За таблицями стандартних розмірів апаратів з мішалками обираємо реактор об'ємом $0,4 \text{ м}^3$.

6.3.3 Реактор приготування суспензії МКС7- MoS_2

Реактор розраховується при годинній продуктивності: 4,2 кг МКС7- MoS_2 , 42 кг очищеної води. В реакторі перебігає фізичний процес без піноутворення, тому коефіцієнт заповнення реактора приймається рівним $k = 0,8$. Відповідно до одержаних розрахунків матеріального балансу об'єм реактора приготування суспензії МКС [23]:

$$V_p = \frac{G_{(сапоніт)}/\rho_{(сапоніт)} + G_{(Fe_3O_4)}/\rho_{(Fe_3O_4)} + G_{(MoS_2)}/\rho_{(MoS_2)} + (G_{H_2O(суп.)} + G_{H_2O(магн.р)})/\rho_{(H_2O)}}{k}$$

$$= \frac{3,86/2650 + 0,29/5050 + 0,04/5060 + (1,18 + 42)/998,23}{0,8} = 0,056 \text{ м}^3.$$

За таблицями стандартних розмірів апаратів з мішалками обираємо реактор об'ємом $0,063 \text{ м}^3$.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3.4 Адсорбційний реактор

Протягом одного виробничого циклу до адсорбційного реактора надходить 42 м^3 стічних вод і $46,2 \text{ кг}$ магнітної суспензії: $4,2 \text{ кг}$ МКС7- MoS_2 , 42 кг очищеної води. В реакторі перебігає фізичний процес без піноутворення, тому коефіцієнт заповнення реактора приймається рівним $k = 0,8$. На основі розрахунків матеріального балансу сорбційної очистки розраховуємо об'єм адсорбційного реактора [23]:

$$V_p = \frac{G_{(\text{сапоніт})}/\rho_{(\text{сапоніт})} + G_{(\text{Fe}_3\text{O}_4)}/\rho_{(\text{Fe}_3\text{O}_4)} + G_{(\text{MoS}_2)}/\rho_{(\text{MoS}_2)}}{k} + \frac{(G_{\text{H}_2\text{O}(\text{стічна})} + G_{\text{H}_2\text{O}(\text{суспензії})} + G_{\text{H}_2\text{O}(\text{магнітна рідина})})/\rho_{(\text{H}_2\text{O})}}{k} =$$

$$= \frac{3,86/2650 + 0,29/5050 + 0,04/5060 + (42000 + 1,18 + 42)/998,23}{0,8}$$

$$= 52,65 \text{ м}^3.$$

За таблицями стандартних розмірів апаратів з мішалками приймаємо до установки каскад з трьох реакторів об'ємом 20 м^3 .

6.3.5 Бак промивки магнетиту

Для забезпечення трьохкратної промивки 7 кг магнетиту очищеною водою обсягом $0,14 \text{ м}^3$ передбачається встановлення трьох баків з мішалками об'ємом [22]:

$$V_p = \frac{m_{(\text{Fe}_3\text{O}_4)}/\rho_{(\text{Fe}_3\text{O}_4)} + V_{\text{H}_2\text{O}}}{k} = \frac{7/5050 + 0,14}{0,8} = 0,177 \text{ м}^3.$$

За таблицями стандартних розмірів апаратів з мішалками обираємо бак об'ємом $0,25 \text{ м}^3$.

6.3.6 Мірник сапоніту

Сапоніт дозується у співвідношенні: сапоніт : MoS_2 – $92 : 1$ продуктивністю $3,86 \text{ кг/год}$. Об'єм збірника зберігання сапоніту [22]:

$$V_{\text{сапоніт}}^{\text{доб}} = (G_{\text{сапоніт}} \cdot t_i) / \rho = (3,86 \cdot 24) / 2650 = 0,035 \text{ м}^3.$$

Місячний запас сапоніту:

$$V_{\text{міс}} = V_c \cdot 30 = 0,23 \cdot 30 = 1,05 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки ємність для зберігання сапоніту об'ємом $1,2 \text{ м}^3$.

Об'єм мірника для зберігання MoS_2 приймається рівним [22]:

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{MoS_2}^{доб} = (G_{MoS_2} \cdot m_i) / \rho = (0,04 \cdot 24) / 5060 = 0,0002 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки мірник MoS_2 $V = 0,0005 \text{ м}^3$.

Місячний запас MoS_2 :

$$V_{mic} = V_{MoS_2} \cdot 30 = 0,0005 \cdot 30 = 0,015 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки ємність для зберігання MoS_2 об'ємом $0,02 \text{ м}^3$.

6.3.7 Колектор стічних вод

Приймаємо бак-усереднювач стічної води об'ємом $V_6 = 80 \text{ м}^3$.

6.3.8 Збірник шламу відпрацьованого сорбенту

Згідно з розрахунками матеріального балансу етапу сорбційної очистки в збірник надходитиме шлам вологістю 52 %: 8,19 кг відпрацьованого сорбенту, 8,87 кг води. Об'єм збірника [22]:

$$V_{зб}^{доб} = (G_{сапонім} / \rho_{сапонім} + G_{H_2O} / \rho_{H_2O}) \cdot 24 = (8,19/2650 + 8,87/998,23) \cdot 24 = 0,29 \text{ м}^3.$$

Об'єм збірника шламу приймаємо рівним $0,4 \text{ м}^3$.

Місячний накопичувач шламу [22]:

$$V_{mic} = V_{зб}^{доб} \cdot 30 = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки ємність для зберігання шламу об'ємом 15 м^3 .

6.3.9 Збірник магнітного дистилату

Згідно з розрахунками матеріального балансу синтезу магнетиту в збірник протягом доби надходитиме дистилат масою 57,3 кг: 3,08 NH_4Cl , 2,98 кг HCl , 51,24 кг H_2O , вода промивки магнетиту $0,14 \text{ м}^3$.

Об'єм збірника [22]:

$$\begin{aligned} V_p &= G_{(NH_4Cl)} / \rho_{(NH_4Cl)} \\ &+ G_{(HCl)} / \rho_{(HCl)} + G_{(H_2O)} / \rho_{(H_2O)} + V_{промивки} = \\ &= 3,08/1530 + 2,98/1189 + 51,24/998,23 + 0,14 = 0,196 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм збірника шламу приймаємо рівним $0,25 \text{ м}^3$.

Місячний накопичувач шламу [22]:

$$V_{\text{міс}} = V_{\text{зб}}^{\text{доб}} \cdot 30 = 0,25 \cdot 30 = 7,5 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки ємність для накопичення магнітного дистилату об'ємом 10 м^3 .

Висновки

Розраховано габарити головного апарата та підібрано до нього електромагніт. Розраховано допоміжне обладнання таке як: насос подачі очищеної води на власні потреби, реактор синтезу магнетиту Fe_3O_4 , реактор приготування суспензії MKC7-MoS_2 , адсорбційний реактор, мірник сапоніту, колектор стічних вод, збірник шламу відпрацьованого сорбенту, збірник магнітного дистилату.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 АТОМАТИЗАЦІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ОРГАНІЧНИХ ПОЛЮТАНТІВ МАГНІТОКЕРОВАНИМ СОРБЕНТОМ МКС7-MOS₂

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму та апаратурного оформлення технологічного процесу очищення стічних вод від органічних поллютантів методом сорбції визначається необхідний об'єм автоматизації виробництва (таблиця 7.1), а також здійснюється обґрунтований вибір параметрів контролю, регульованих параметрів і регульованих впливів. Необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва [25, 26]:

- контроль рівня у реакторах, баках зберігання реагентів, збірниках та у адсорбері;
- контроль і регулювання витрати стічних вод у трубопроводі (1000 м³/добу);
- контроль, регулювання витрати розчину хлоридної кислоти, сорбенту та води на власні потреби підприємства у трубопроводах;;
- контроль і регулювання *pH* в реакторі синтезу магнітної рідини (*pH*=9);
- контроль температури процесу синтезу магнетиту в межах 40...50 °С (реактор синтезу *Fe₃O₄*), сушіння сапоніту та МКС в барабанній сушарці 120 °С.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Параметри контролю та регулювання виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт) місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Бак для зберігання хлоридної кислоти	Рівень		Контроль
2	Ємність зберігання солей Fe(II)	Рівень		Контроль
3	Ємність зберігання солей Fe(III)	Рівень		Контроль
4	Реактор з мішалкою	Рівень		Контроль
5	Реактор синтезу магнітної рідини	pH	9	Контроль, регулювання
		Температура	45 °C	Контроль
6	Бак для зберігання води	Рівень		Контроль
7	Бак для зберігання гідроксиду амонію	Рівень		Контроль
8	Збірник хлориду амонію	Рівень		Контроль
9	Збірник магнітної рідини	Рівень		Контроль
10	Ємність зберігання сапоніту	Рівень		Контроль
11	Барабанна сушарка	Температура	120 °C	Контроль
12	Ємність зберігання нативного сапоніту	Рівень		Контроль
13	Трубопровід нативного сапоніту	Витрата		Контроль, регулювання
14	Ємність зберігання MoS ₂	Рівень		Контроль
15	Трубопровід MoS ₂	Витрата		Контроль, регулювання
16	Реактор синтезу MKC	Рівень		Контроль
17	Барабанний вакуум-фільтер	Рівень		Контроль
18	Барабанна сушарка	Температура	120 °C	Контроль
19	Ємність зберігання MKC	Рівень		Контроль
20	Трубопровід MoS ₂	Витрата		Контроль, регулювання
21	Колектор стічних вод	Рівень		Контроль
22	Трубопровід стічних вод	Витрата	1000 м ³ /добу	Контроль, регулювання
23	Адсорбер	Рівень		Контроль
24	Магнітний сепаратор	Рівень		Контроль
25	Збірник шламу MKC	Рівень		Контроль
26	Трубопровід очищеної води	Витрата		Контроль, регулювання

7.2 Розробка схеми автоматизації

Для нормального функціонування установки передбачено такі контури автоматизації та контролю технологічного процесу [25, 26].

Регулювання рівня в баці з хлоридною кислотою, солями Fe(III) та Fe(II), зберігання води, хлориду амонію, магнітної рідини, зберігання сапоніту, зберігання шламу, в реакторі приготування солей феруму, синтезу МКС, адсорбері, в барабанному вакуум-фільтрі, в магнітному сепараторі забезпечують контури 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 18, 19, 20, 24, які складаються з таких ТЗА: 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 7-1, 8-1, 9-1, 10-1, 14-1, 18-1, 19-1, 20-1, 24-1 – первинні перетворювачі акустичного рівнеміра; 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 7-2, 8-2, 9-2, 10-2, 14-2, 18-2, 19-2, 20-2, 24-2 – проміжні перетворювачі акустичного рівнеміра; 1-3, 2-3, 3-3, 4-3, 7-3, 8-3, 9-3, 10-3, 14-3, 18-3, 19-3, 20-3, 24-3 – показувальні, реєструвальні вторинні прилади.

Для регулювання витрати пульпи сапоніту, дисульфід молібдену, пульпи МКС, стічних вод, очищеної води на синтез магнітної речовин та МКС призначені контури 12, 13, 16, 17, 21, 22, 23, що складається з наступних засобів автоматизації: 12-1, 13-1, 16-1, 17-1, 21-1, 22-1, 23-1 – діафрагма камерна; 12-2, 13-2, 16-2, 17-2, 21-2, 22-2, 23-2 – пневматичний передавальний перетворювач перепаду тиску; 12-2, 13-2, 16-2, 17-2, 21-2, 22-2, 23-2 – вторинні, показувальні, реєструвальні прилади; 12-4, 13-4, 16-4, 17-4, 21-4, 22-4, 23-4 – регулювальні блоки; 12-5, 13-5, 16-5, 17-5, 21-5, 22-5, 23-5 – виконавчі механізми; 12-6, 13-6, 16-6, 17-6, 21-6, 22-6, 23-6 – пневмoeлектричні перетворювачі; 12-7, 13-7, 16-7, 17-7, 21-7, 22-7, 23-7 – електропневматичні перетворювачі.

Контроль температури в сушарках здійснюють контури 11, 15 який складається з таких засобів автоматизації: 11-1, 15-1 – термoperетворювач опору; 11-2, 15-2 вторинний показувальний та реєструвальний прилад.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль температури в реакторі синтезу магнітної рідини здійснює контур 5 який складається з таких засобів автоматизації: 5-1 – термоперетворювач опору; 5-2 – вторинний показувальний та реєструвальний прилад; 5-3 – малоканалний багатофункціональний мікропроцесорний контролер.

Для контролю за рН (концентрації йонів водню) розчину в реакторі синтезу магнітної рідини передбачено контур 6, що складається з наступних засобів автоматизації: 6-1 – чутливий елемент рН-метра заглибленого виконання ; 6-2 – високоомний перетворювач; 6-3 – автоматичний показувальний і реєструвальний прилад; 6-4 – електричний регулятор; 6-5 електропневматичний перетворювач; 6-6 – виконавчий механізм.

Докладніше назва, тип моделі та характеристики приладів автоматизації описані у специфікації устаткування (додаток А) [25, 26].

Висновки

Дана технологічна схема була автоматизована на рівні локальної автоматики та мікропроцесорної техніки. Схему було автоматизовано за такими параметрами, як регулювання витрат в трубопроводах, контролю рН та температури в реакторі синтезу магнітної рідини, контроль температури в барабанних сушарках, контроль рівня в реакторах, сепараторі, баках та ємностях для зберігання.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Оцінка економічної ефективності капіталовкладень, ринкової доцільності використання МКС7-MoS₂ в порівнянні з МКС на основі сапоніту та активованим вугіллям.

8.1 Визначення вартості оборотних фондів (річний запас)

8.1.1. Визначення вартості сорбенту

МКС7-MoS₂. Вартість сапоніту Ташківського родовища складає 1400 грн/т без витрат на транспортне перевезення. Вартість сировини розраховується для МКС7-MoS₂ зі вмістом дисульфід молібдену, магнетиту та сапонітової глини 1:7:92, для отримання 1 тони сапонітового МКС7-MoS₂ необхідно синтезувати 70 кг магнетиту та закупити 1000 кг сапоніту і 10 кг MoS₂.

Таблиця 8.1– Вартість сировини та матеріалів у цінах станом на 2017 рік

Найменування сировини, матеріалів, енергоносіїв	Одиниці виміру	Ціна за одиницю, грн	Норми витрат на виготовлення 1000 кг	Сума витрат, грн
Природний мінерал сапоніт	т	1400,0	0,92	1288,0
Хлорид феруму (II), кристалогідрат $FeCl_2 \cdot 4H_2O$	кг	4,0	60,0	240,0
Хлорид феруму (III), кристалогідрат $FeCl_3 \cdot 6H_2O$	кг	8,7	98,1	853,47
Аміачна вода $\omega(NH_4OH)=25,0\%$	кг	4,5	338	1521,0
Соляна кислота	кг	8,0	101	808,0
Дисульфід молібдену	кг	1400,0	1	1400,0

Отже, вартість сировини на виготовлення 1 т МКС7-MoS₂ становить:

$$B = 1400 \cdot 0,92 + 4 \cdot 60 + 8,7 \cdot 98,1 + 4,5 \cdot 338 + 8 \cdot 101 + 1400 \cdot 1 = 6110,47 \text{ грн.}$$

Підприємство працює безперервно 6 днів на тиждень (312 днів у рік). Режим роботи тризмінний, тривалість зміни 8 годин. При продуктивності підприємства 1000 м³ стічних вод на добу, витрата сорбенту на рік МКС7-MoS₂ з урахуванням раціональної дози 0,1 кг/м³ становитиме 100 кг/добу.

$$B_{\text{МКС7-MoS}_2} = 0,1 \cdot 312 \cdot 6110,47 = 188813,5 \text{ грн.}$$

МКС на основі сапоніту. Гуртова вартість сапоніту Ташківського родовища складає 1400 грн/т без витрат на транспортне перевезення. Вартість сировини розраховується для сапонітового МКС зі співвідношенням магнетиту та сапонітової глини 1:50, для отримання 1 тони сапонітового МКС необхідно синтезувати 20 кг магнетиту та закупити 980 кг сапоніту.

Таблиця 8.2– Вартість сировини та матеріалів у цінах станом на 2017 рік

Найменування сировини, матеріалів, енергоносіїв	Одиниці виміру	Ціна за одиницю, грн	Норми витрат на виготовлення 1000 кг	Сума витрат, грн
Природний мінерал сапоніт	т	1400,0	0,98	170,0
Хлорид феруму (II), кристалогідрат FeCl ₂ ·4H ₂ O	кг	4,0	17,2	68,8
Хлорид феруму (III), кристалогідрат FeCl ₃ ·6H ₂ O	кг	8,7	46,6	405,4
Аміачна вода ω(NH ₄ OH)=25,0 %	кг	4,5	115,2	518,4
Кислота лимонна	кг	12,8	20,0	256,0

Отже, вартість сировини на виготовлення 1 т сапонітового МКС становить:

$$B = 1372 \cdot 0,98 + 4 \cdot 17,2 + 8,7 \cdot 46,6 + 4,5 \cdot 115,2 + 12,8 \cdot 20 = 2620,6 \text{ грн.}$$

При продуктивності підприємства 1000 м³ стічних вод на добу, витрата сорбенту на рік МКС з урахуванням раціональної дози 2 кг/м³ становитиме 2000 кг/добу.

$$B_{\text{МКС}} = 2 \cdot 312 \cdot 2620,6 = 1635266,9 \text{ грн.}$$

Активоване вугілля марки БАУ. З метою очищення стічних вод від органічних поллютантів, зокрема барвників, на сучасному етапі розвитку технологій водопідготовки в якості сорбенту застосовується активоване вугілля (АВ) марки БАУ (ГОСТ 6217-74). При цьому передбачається оптимальна доза сорбенту – 0,412 кг/м³, що становить 412 кг/добу. Середня вартість АВ марки БАУ на ринку України становить 67500 грн/т.

Висока вартість АВ обумовлює його використання в якості сорбенту в промислових масштабах лише при виконанні умови його рекуперативної регенерації з метою повторного застосування. При організації роботи виробництв для дезодорації води передбачається етап собційної очистки води активованим вугіллям БАУ, поєднаний з регенерацією перегрітою водяною парою при температурі 120 °С. Після чотирьохкратної регенерації відбувається зниження сорбційної ємкості на 40-50 %. Для забезпечення належного рівня очищення стічних вод від барвників, попередження матеріальних збитків та економії сировини передбачається 25 % добавка свіжого сорбенту після кожної регенерації.

Витрати на активоване вугілля (АВ) марки БАУ (ГОСТ 6217-74):

$$B = (0,412 + (312 - 1) \cdot 0,25 \cdot 0,412) \cdot 67500 = 2190038 \text{ грн.}$$

Регенерація здійснюється щоденно. За рік маса рекуперанту становить:

$$G_{\text{БАУ}} = (0,412 \cdot 0,75 \cdot 311) = 96,099 \text{ т.}$$

Технологічно обумовлена витрата перегрітої пари – 7 кг пари на 1 кг рекуперанту. Маса пари, яка забезпечує регенерацію протягом року:

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{пари}} = 96,099 \cdot 7 = 672,693 \text{ т.}$$

Технологічний процес регенерації перегрітим паром апаратурно реалізується за допомогою парового котла КП-300 продуктивністю 370 кг пари/год і номінальною витратою палива (природний газ) – 36 м³/год.

За рік паровий котел КП-300 для забезпечення заданої технологічної продуктивності споживатиме природного газу:

$$V_{\text{п.г.}} = \frac{672693}{370} \cdot 36 = 65451,21 \text{ м}^3.$$

Згідно з постановою № 187 від 22.03.2017 «Про встановлення граничного рівня ціни на природний газ для промислових споживачів та інших суб'єктів господарювання» для підприємств ціна 1 м³ природного газу становить 8,277996 грн.

Вартість газу, спожитого за рік:

$$B_{\text{п.г.}} = 65451,21 \cdot 8,277996 = 541804,86 \text{ грн.}$$

Отже, вартість застосування АВ БАУ:

1). при наявності стадії регенерації:

$$B_{\text{БАУ}} = B + B_{\text{п.г.}} = 2190038 + 541804,86 = 2731842,86 \text{ грн.}$$

2). без впровадження стадії регенерації:

$$B_{\text{БАУ}} = 0,412 \cdot 312 \cdot 67500 = 8676720 \text{ грн.}$$

З метою встановлення економічної ефективності впровадження нового сорбенту на технологічному рівні – ФОП, витрати на електроенергію та опалення для всіх випадків використання сорбентів приймаються рівними.

8.1.2 Розрахунок фонду оплати праці

Трудові ресурси підприємства представлено чотирнадцятьма працівниками (організаційна структура підприємства зображена на рисунку 8.1). Станом на 2017 рік середня заробітня платня в Україні становить 6209 грн. Відповідно до Закону від 24.12.2015 р. №909-VIII, у 2016 році встановлюється єдина ставка нарахування ЄСВ – 22 %.

$$\text{ФОП} = 1,22 \cdot 3П = 1,22 \cdot 14 \cdot 6209 = 106049,72 \text{ грн.}$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

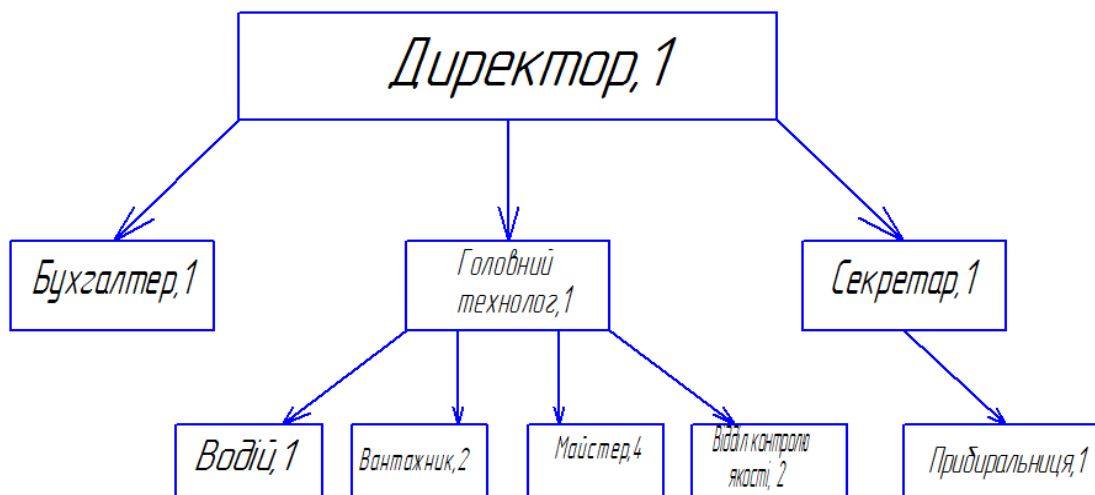


Рисунок 8.1 – Організаційна структура підприємства

8.1.3. Розрахунок вартості електроенергії

Для розрахунку електроенергії застосовуємо ціну для промислових споживачів I-го класу напруги – $\Pi_{\text{ел.ен.}} = 174,715 \text{ коп./кВт}\cdot\text{год}$ (згідно з постановою НКРЕ від 13.06.2016 №1129). Відповідно до постанови НКРЕ від 20.12.2001 № 1241 ставка тарифу для кожного періоду часу визначається шляхом множення встановленого роздрібного тарифу для споживачів відповідного класу на тарифний коефіцієнт.

Розрахуємо витрати на електроенергію за регульованими тризонними тарифами, якщо:

- потужність обладнання (абсорбер), $\epsilon_{\text{об}} = 15 \text{ кВт/год}$;
- освітлення протягом 12 годин (з 18:00 до 6:00 години), $\epsilon_{\text{ос}} = 4 \text{ кВт/год}$;
- підприємство працює 24 години на добу, 312 днів в році.

Таблиця 8.3 – Тарифні коефіцієнти

Період	Тарифний коефіцієнт	Межа тарифної зони	Кількість годин
нічний період	0,35	з 24:00 год до 7:00 год	7
напівпіковий період	1,02	з 7:00 год до 8:00 год, з 11:00 год до 20:00 год, з 23:00 год до 24:00 год	11
піковий період	1,8	з 8:00 год до 11:00 год, з 20:00 год до 23:00 год	6

Сумарні витрати на електроенергію (за найвигіднішим триставковим тарифом) [27]:

$$C_{\text{ел}} = B_{\text{тариф}} \cdot (N_{\text{нічний період}}^{\text{випр}} \cdot T_{\text{нічний період}} \cdot K_{\text{нічний період}} + N_{\text{напівпік}}^{\text{випр}} \cdot T_{\text{напівпік}} \cdot K_{\text{напівпік}} + N_{\text{пік}}^{\text{випр}} \cdot T_{\text{пік}} \cdot K_{\text{пік}}) = 1,74715 \cdot ((15 \cdot 7 + 4 \cdot 6) \cdot 0,35 + (15 \cdot 11 + 4 \cdot 3) \cdot 1,02 + (15 \cdot 6 + 4 \cdot 3) \cdot 1,8) = 715,09 \text{ грн/добу}.$$

Сумарні витрати на електроенергію протягом року:

$$C_{\text{ел}} = 715,09 \cdot 312 = 223108,4 \text{ грн/рік}.$$

8.1.4 Розрахунок витрат на опалення

На обігрів приміщення споживання теплоти – 1000 Гкал/рік. Обігрів приміщення здійснюється протягом 182 діб холодного періоду року, тобто з 15 жовтня до 15 квітня. Тарифна ставка на теплову енергію – 1810,16 грн/Гкал.

Витрати на теплову енергію:

$$C_{\text{теп}} = 1000 \cdot 1810,16 = 1810160 \text{ грн/рік}.$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.4 – Статті калькуляції етапу адсорбційної очистки

Статті калькуляції		Ціна, грн
Розрахунок капіталовкладень		
МКС7-MoS ₂		
Реактор з мішалкою		31750
Інші		50000
ОФ, загалом		81750
МКС		
Реактор з мішалкою		31750
Інші		50000
ОФ, загалом		81750
БАУ		
Реактор з мішалкою		4500
Паровий котел КП-300		67620
Інші		50000
ОФ, загалом		122120
Оборотні фонди (річний запас)		
Вартість сорбенту (сировини)	МКС7-MoS ₂	188813,5
	МКС	1635266,9
	БАУ	2731842,86
	БАУ (без регенерації)	8676720
ФОП		106049,72
Електроенергія		223108,4
Теплова енергія (опалення)		1810160
Витрати на ремонт обладнання, обслуговування і перевірку (в розрахунку на 5 років)		5000,00

8.2 Техніко-економічні показники

Плановий термін експлуатації ОФ становить [27]:

- приміщення – 20 років;
- обладнання – 5 років;

$$A_1 = \frac{\Phi_{\text{пп}(1)} + K}{T_{\text{есп}(1)}} = \frac{50000}{20} = 2500 \text{ грн/рік};$$

$$A_{2(\text{МКС7-MoS}_2)} = \frac{\Phi_{\text{пп}(2)} + K}{T_{\text{есп}(2)}} = \frac{31750 + 5000}{5} = 7350 \text{ грн/рік};$$

$$A_{2(\text{МКС})} = \frac{\Phi_{\text{пп}(2)} + K}{T_{\text{есп}(2)}} = \frac{31750 + 5000}{5} = 7350 \text{ грн/рік};$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{2(\text{БАУ})} = \frac{\Phi_{\text{пп}(2)} + K}{T_{\text{есп}(2)}} = \frac{(4500 + 67620) + 5000}{5} = 7350 \text{ грн/рік};$$

$$A_{(\text{МКС7-МоS}_2)} = A_1 + A_{2(\text{МКС7-МоS}_2)} = 2500 + 7350 = 9850 \text{ грн};$$

$$A_{(\text{МКС})} = A_1 + A_{2(\text{МКС})} = 2500 + 7350 = 9850 \text{ грн};$$

$$A_{(\text{БАУ})} = A_1 + A_{2(\text{БАУ})} = 2500 + 15424 = 17924 \text{ грн}.$$

Вартість оборотних засобів, грн/рік [27]:

$$\begin{aligned} \text{Обз}_{(\text{МКС7-МоS}_2)} &= B_{(\text{МКС7-МоS}_2)} + \text{ФОП} + \text{Ц}_{\text{ел}} + \text{Ц}_{\text{теп}} \\ &= 188813,5 + 106049,72 + 223108,4 + 1810160 = 667971,64 \text{ грн}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Обз}_{(\text{МКС})} &= B_{(\text{МКС})} + \text{ФОП} + \text{Ц}_{\text{ел}} + \text{Ц}_{\text{теп}} \\ &= 1635266,9 + 106049,72 + 223108,4 + 1810160 = 2114425,0 \text{ грн}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Обз}_{(\text{БАУ})} &= B_{(\text{БАУ})} + \text{ФОП} + \text{Ц}_{\text{ел}} + \text{Ц}_{\text{теп}} \\ &= 2731842,86 + 106049,72 + 223108,4 + 1810160 = 3211000,48 \text{ грн}; \end{aligned}$$

Собівартість очищеної води за рік, грн/рік:

$$C_{(\text{МКС7-МоS}_2)} = A_{(\text{МКС7-МоS}_2)} + \text{Обз} = 9850 + 667971,64 = 677821,64 \text{ грн};$$

$$C_{(\text{МКС})} = A_{(\text{МКС})} + \text{Обз} = 9850 + 2114425,0 = 2124275 \text{ грн};$$

$$C_{(\text{БАУ})} = A_{(\text{БАУ})} + \text{Обз} = 17924 + 3211000,48 = 3228924,48 \text{ грн};$$

Питома собівартість 1 м³ очищеної води, грн/лм³:

$$C_{\text{пит}(\text{МКС7-МоS}_2)} = \frac{C_{(\text{МКС7-МоS}_2)}}{B_{(\text{МКС7-МоS}_2)}} = \frac{677821,64}{312 \cdot 1000} = 2,17$$

$$C_{\text{пит}(\text{МКС})} = \frac{C_{(\text{МКС})}}{B_{(\text{МКС})}} = \frac{2124275}{312 \cdot 1000} = 6,8$$

$$C_{\text{пит}(\text{БАУ})} = \frac{C_{(\text{БАУ})}}{B_{(\text{БАУ})}} = \frac{3228924,48}{312 \cdot 1000} = 10,35.$$

Розрахунок платежів за скиди забруднювальних речовин у поверхневі води.

Розмір платежів за скиди забруднювальних речовин у поверхневі води, територіальні та внутрішні морські води, а також підземні горизонти визначають за формулою [27]:

$$P_{\text{скид}} = \sum_{i=1}^n (H_{\text{бi}} \cdot M_{\text{ni}} + K_{\text{п}} \cdot H_{\text{бi}} \cdot M_{\text{ni}}) K_{\text{т}} \cdot K_{\text{инд}},$$

де $H_{\text{бi}}$ – базовий норматив плати за скидання 1 т i-ї забруднювальної речовини в межах ліміту, грн/т;

M_{ni} – маса скиду i-ї забруднювальної речовини в межах ліміту, т;

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_n – коефіцієнт кратності плати за понадлімітні скиди забруднювальних речовин;

M_{ni} – маса понадлімітного скиду i -ї забруднювальної речовини, t ;

K_m – регіональний (басейновий) коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні особливості, а також еколого-економічні умови функціонування водного господарства;

K_{ind} – коефіцієнт індексації;

n – кількість видів забруднювальної речовини.

Згідно з літературними даними концентрація барвників в стічних водах підприємств анілінофарбової промисловості – 100 мг/дм^3 . Маса барвників, скинутих за 1 добу підприємством «Сім кольорів» становить [27]:

$$M = c \cdot V = 100 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot 1000 \text{ м}^3 = 1 \cdot 10^5 \text{ г} = 0,1 \text{ т.}$$

Маса скиду забруднювальної речовини в межах ліміту згідно з нормами ГДК:

$$M_n = c \cdot V = 0,005 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1000 \text{ м}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ т.}$$

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 1236 «Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору» від 27.12.2010 барвників $N_{bi}=516 \text{ грн/т}$; $K_n=5$; $K_T=2,5$ (р. Дніпро, м. Київ). Згідно з наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища № 459 від 14.12.2005 «Про затвердження Методики індексації нормативів плати за забруднення навколишнього природного середовища» індексація нормативів плати на здійснення природоохоронних заходів $K_{ind}=1,8$.

$$P_{\text{скид}} = (516 \cdot 5 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 516 \cdot (0,1 - 5 \cdot 10^{-3})) \cdot 2,5 \cdot 1,8 = 1114,56 \text{ грн.}$$

Згідно з потребою підприємством в щоденній утилізації 1000 м^3 стічних вод, скид яких передбачає щоденну плату в розмірі $1114,56 \text{ грн}$, середня ринкова ціна очищення екологічно безпечним методом 1 м^3 води від токсичних речовин приймається рівною $7,356 \text{ грн/м}^3$.

З метою екологізації ціна очищення 1 м^3 води приймається $7,356$

грн/м^3 .

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прибуток на 1 м³ очищеної води:

$$\Pi_{\text{пит(МКС7-МоS2)}} = \Pi_{\text{од}} - C_{\text{пит(МКС7-МоS2)}} = 7,356 - 2,17 = 5,18 \text{ грн};$$

$$\Pi_{\text{пит(МКС)}} = \Pi_{\text{од}} - C_{\text{пит(МКС)}} = 7,356 - 6,8 = 0,54 \text{ грн};$$

$$\Pi_{\text{пит(БАУ)}} = \Pi_{\text{од}} - C_{\text{пит(БАУ)}} = 7,356 - 10,35 = -2,99 \text{ грн};$$

Прибуток:

$$\Pi_{\text{(МКС7-МоS2)}} = \Pi_{\text{пит(МКС7-МоS2)}} \cdot V_{\text{(МКС7-МоS2)}} = 5,18 \cdot 312 \cdot 1000 = 1617250,35 \text{ грн};$$

$$\Pi_{\text{(МКС)}} = \Pi_{\text{пит(МКС)}} \cdot V_{\text{(МКС)}} = 0,54 \cdot 312 \cdot 1000 = 170797 \text{ грн};$$

$$\Pi_{\text{(БАУ)}} = \Pi_{\text{пит(БАУ)}} \cdot V_{\text{(БАУ)}} = -2,99 \cdot 312 \cdot 1000 = -933852,48 \text{ грн};$$

Рентабельність продукту:

$$P_{\text{(МКС7-МоS2)}} = \frac{\Pi_{\text{(МКС7-МоS2)}}}{C_{\text{(МКС7-МоS2)}}} \cdot 100 = \frac{1617250,35}{677821,64} \cdot 100 = 238,59 \%;$$

$$P_{\text{(МКС)}} = \frac{\Pi_{\text{(МКС)}}}{C_{\text{(МКС)}}} \cdot 100 = \frac{170797}{2124275} \cdot 100 = 8,04 \%;$$

$$P_{\text{(БАУ)}} = \frac{\Pi_{\text{(БАУ)}}}{C_{\text{(БАУ)}}} \cdot 100 = \frac{-933852,48}{3228924,48} \cdot 100 = -28,9 \%.$$

Період повернення капіталу:

$$T_{\text{пов(МКС7-МоS2)}} = \frac{K_{\text{(МКС7-МоS2)}}}{\Pi_{\text{(МКС7-МоS2)}}} = \frac{O\Phi_{\text{(МКС7-МоS2)}} + C_{\text{(МКС7-МоS2)}}}{\Pi_{\text{(МКС7-МоS2)}}} = \frac{81750 + 677821,64}{1617250,35} = 0,47 \text{ років};$$

$$T_{\text{пов(МКС)}} = \frac{K_{\text{(МКС)}}}{\Pi_{\text{(МКС)}}} = \frac{O\Phi_{\text{(МКС)}} + C_{\text{(МКС)}}}{\Pi_{\text{(МКС)}}} = \frac{81750 + 2124275}{170797} = 12,9 \text{ років}.$$

Випуск продукції:

$$V_{\text{(МКС7-МоS2,МКС,БАУ)}} = 7,356 \cdot 312 \cdot 1000 = 2295072 \text{ грн}.$$

Фондовіддача:

$$\Phi B_{\text{(МКС7-МоS2,МКС)}} = \frac{V_{\text{(МКС7-МоS2,МКС)}}}{O\Phi_{\text{(МКС7-МоS2,МКС)}}} = \frac{2295072}{81750} = 28,07 \text{ грн/грн};$$

$$\Phi B_{\text{(БАУ)}} = \frac{V_{\text{(БАУ)}}}{O\Phi_{\text{(БАУ)}}} = \frac{2295072}{122120} = 18,79 \text{ грн/грн}.$$

Фондоємність:

$$\Phi E_{\text{(МКС7-МоS2,МКС)}} = \frac{1}{\Phi B_{\text{(МКС7-МоS2,МКС)}}} = \frac{1}{28,07} = 0,035 \text{ грн/грн};$$

$$\Phi E_{\text{(БАУ)}} = \frac{1}{\Phi B_{\text{(БАУ)}}} = \frac{1}{18,79} = 0,053 \frac{\text{грн}}{\text{грн}}.$$

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 8.5 – Техніко-економічні показники очищення стічних вод
методом адсорбції на МКС7-MoS₂, МКС та АВ БАУ**

Показники	Одиниці виміру	Величина показника		
		МКС7- MoS ₂	МКС	АВ БАУ
1. Річна кількість продукції	м ³	312000	312000	312000
2. Чисельність персоналу за списком	прац.	14	14	14
3. Середньорічний виробіток одного працівника	м ³ /прац.	22285,71	22285,71	22285,71
4. Капіталовкладення в проект	грн	759571,64	2206025	3351044,48
5. Загальна собівартість продукції	грн/рік	677821,64	2124275	3228924,48
6. Собівартість одиниці продукції	грн/ м ³	2,17	6,8	10,35
7. Ринкова ціна продукції	грн/рік	2295072	2295072	2295072
8. Відносний прибуток:				
всього	грн/рік	1617250,35	170797	-933852,48
на одиницю продукції	грн/ м ³	5,18	0,54	-2,99
9. Рентабельність продукту	%	238,59	8,04	-28,92
10. Термін повернення капіталовкладень	рік	0,46	12,91	---
11. Коефіцієнт економічної ефективності проекту	---	2,129	0,077	-0,27
12. Вартість виробничих фондів:				
основних фондів	грн	81750	81750	122120
оборотних фондів (річний запас)	грн/рік	667971,64	2114425	3211000,48
13. Фондовіддача виробничих фондів	грн/грн	28,074	28,074	18,79
14. Фондомісткість продукції	грн/грн	0,035	0,035	0,053

Коефіцієнт економічної ефективності :

$$K_{\text{ек.ефект(МКС7-MoS2)}} = \frac{\Pi_{(\text{МКС7-MoS2})}}{K_{(\text{МКС7-MoS2})}} = \frac{1617250,35}{81750 + 677821,64} = 2,129;$$

$$K_{\text{ек.ефект(МКС)}} = \frac{\Pi_{(\text{МКС})}}{K_{(\text{МКС})}} = \frac{170797}{81750 + 2124275} = 0,0774;$$

$$K_{\text{ек.ефект(БАУ)}} = \frac{\Pi_{(\text{БАУ})}}{K_{(\text{БАУ})}} = \frac{-933852,48}{122120 + 3228924,48} = -0,278;$$

Таким чином, застосування АВ БАУ є неефективним при сучасному рівні ціни реалізації.

Зазначені інновації вимагають ціни:

$$\Pi = C = 3228924,48 \text{ грн/рік};$$

$$\Pi - B = A + \text{Обз} - B = 17924 + 3211000,48 - 2295072 = 933852,48 \text{ грн/рік};$$

$$\Pi_{\text{од}} = \frac{A + \text{Обз} - B}{312 \cdot 1000} = \frac{17924 + 3211000,48 - 2295072}{312000} = 2,993 \text{ грн/м}^3.$$

Або зміна сорбенту повинна змінити технологічну схему.

Висновки

Розраховано техніко-економічні показники, які свідчать про економічну доцільність використання обраної технологічної схеми із використанням магнітокерованого сорбента модифікованого дисульфідом молібдену.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

При реалізація проекту видалення органічних поллютантів зі стічних вод за допомогою МКС7-MoS₂ в якості вихідної сировини використовується: вода, забруднена барвниками та магнітокерований сорбент (МКС7-MoS₂); допоміжними матеріалами є сапонітова глина, дисульфід молібдену, хлоридна кислота ($\omega(HCl) = 10 \%$), солі заліза – $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, $FeCl_2 \cdot 4H_2O$, гідроксид амонію ($\omega(NH_4OH) = 25 \%$).

Об'ємно планувальні рішення цеху водоочищення передбачають наявність електрообладнання, теплових агрегатів, установок ультразвукової диспергації та магнітної сепарації. Використовується електрична, механічна та теплова енергія.

Проект виконано з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки виробництва. В даному розділі розроблено заходи, спрямовані на створення в цеху, що проектується, здорових та безпечних умов праці та профілактики.

9.1 Виявлення та аналіз повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, визначимо категорії робіт, що виконуються у приміщенні цеху та санітарні норм параметрів мікроклімату (таблиця 9.1).

Таблиця 9.1 – Санітарні норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень, згідно ДСН 3.3.6.042-99 [28]

Період року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустимана робочих місцях	Оптимальна	Допустима, не більше	Оптимальна, не більше	Допустима, не більше
Холодний	Легка Іб	21 - 23	20-24	60 - 40	75	0,1	≤ 0,2
Теплий	Легка Іб	22 - 24	21-28	60 - 40	60	0,2	0,1-0,3

Для підтримання оптимальних умов, згідно ДСН 3.6.042-99 та

СНП 2.04.05-91 в цеху передбачено центральну систему водяного опалення.

ХН 3108 1440 000 ПЗ

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

Згідно СНиП 2.04.05-91 температура теплоносія повинна становити 150 °С.

З метою обмеження потрапляння холодного повітря крізь двері, які часто відчиняються у холодну пору року, біля входу в цех будуть встановлені повітряно-вітрові завіси.

Згідно СНиП 2.04.05-91, в цеху передбачена механічна загальнообмінна припливна система вентиляції та місцева механічна витяжна система вентиляції. Схема подачі вентиляційного повітря – «згори до низу», баланс повітря в приміщенні від'ємний, коефіцієнт кратності повітрообміну $K=2 \text{ год}^{-1}$. Оптимальні умови повітряного середовища для людини, що фізично працює, забезпечуватимуться при об'ємі вентиляції 80-120 $\text{м}^3/\text{год}$.

Оскільки в даному приміщенні можливе раптове надходження великої кількості парів аміаку внаслідок виходу недотримання технологічних параметрів процесу синтезу магнітної рідини або з ладу технологічного обладнання, виникає необхідність у встановленні аварійної вентиляції. Пари аміаку мають меншу густину ($\rho(\text{NH}_3) = 0,7714 \text{ г/м}^3$) порівняно з повітрям ($\rho(\text{повітря}) = 1,2505 \text{ г/м}^3$), тому доцільно організувати основні та резервні системи витяжної загально обмінної вентиляції і системи місцевих відсмоктувачів, що забезпечують витрату повітря, необхідний для аварійної вентиляції у верхній частині приміщення цеху. Відповідно до пп. 4.59 приймальні отвори для видалення повітря системами загальнообмінної витяжної вентиляції з верхньої зони приміщення розташовуємо під стелею або покриттям, але не нижче 2 м від підлоги до низу отворів для видалення надлишків теплоти, вологи та шкідливих газів.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика відділу, що проектується

Назва виробничої дільниці, лабораторії, установки	Хімічний цех водоочистки	
Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Гідроксид амонію ($\omega(NH_4OH) = 25 \%$), витік	Розчин хлоридної кислоти ($\omega(HCl) = 10 \%$), витік
Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу	Подразнююча речовина. Подразнює слизові оболонки органів дихання, потрапляючи на шкіру викликає тяжкі опіки особливо сильно діє на слизову оболонку очей.	Подразнююча речовина. Викликають подразнення слизових оболонок, дихальних, шляхів, очей, легень, шкіри.
ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	20,0	5,0
Клас небезпечності шкідливої речовини	4	2
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Захисні щитки, гумові кислото- і лугостійкі рукавиці, бавовняний спец одяг, прогумований фартух і гумове взуття, протигази типу В, БКФ, М або шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2	Одяг з кислотозахисною тканиною, прогумовані фартухи, гумовані чоботи і рукавиці, протигази типу В, БКФ, М або шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Засоби долікарняної допомоги	При потраплянні розчинів лугу на тіло або в очі необхідно промити уражене місце великою кількістю води, а потім нейтралізувати розчином борної кислоти (5%-вим – тіло, 2%-вим — очі).	При потраплянні розчинів кислоти на тіло або в очі необхідно гарно промити водою уражене місце, а потім нейтралізувати розчином бікарбонату натрію (5%-вим – тіло, 2%-вим — очі)
Санітарна група робочого процесу згідно з СНіП 2.09.04-87	2	2
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Періодичний контроль. Індикаторні методи хімічного аналізу з використанням газоаналізаторів та газосигналізаторів УГ-1, УГ-2, ГХ-4, автоматичні газоаналізатори "Сирена", електрохімічні автоматичні газоаналізатори типу "Атмосфера".	Періодичний контроль. Індикаторні методи хімічного аналізу з використанням газоаналізаторів ФЛ-5501 (універсальний газоаналізатор) та трьохелектродні сенсори галогеноводнів амперометричного типу

Розрахунок аерації цеха.

Розрахунок аерації полягає у визначенні площі аераційних ліхтарів, що будуть забезпечувати необхідний повітрообмін. Розрахунок аерації проводимо за умови рівності об'єму припливного і витяжного повітря. Рушійною силою вважаємо гравітаційний (тепловий) напір без урахування вітрового навантаження [28].

Конструкція стулки віконного отвору одинарна підвісна. Висота і довжина стулки рівні, кут відкриття стулки $\alpha = 45^\circ$. Ліхтар П-видний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які знаходяться на відносній відстані $l/h = 1,5$, з кутом відкриття $\alpha = 90^\circ$.

Розраховуємо температуру повітря, яке видаляється з верхньої зони приміщення[29]:

$$T_{\text{nut}} = t_{\text{зов}} + \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{р.з.}})}{m},$$

де $t_{\text{зов}}$ – температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{р.з.}}$ – температура повітря, яке надходить до робочої зони, $^\circ\text{C}$;

m – коефіцієнт, приймаємо рівним 0,53.

Для Києва в теплий період $t_{\text{зов}} = 23,5^\circ\text{C}$. При $t_{\text{вн}} = 25^\circ\text{C}$, $t_{\text{р.з.}} = t_{\text{зов.}} = 23,5^\circ\text{C}$:

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

Розраховуємо густину повітря:

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

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

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

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розподілений тиск визначаємо по формулі[29]:

$$\Delta\rho_{1,2} = h \cdot (\rho_{\text{нор.}} - \rho_{\text{нм.}}),$$

де h – відстань між осями отворів; $h=10$ метрів.

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

Оскільки частина різниці тисків, яка використовується на прохід повітря через приточні отвори $B = 0,2$, то перепад тиску при проходженні повітря через ліхтарі:

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

$$\Delta\rho_2 = 0,8 \cdot 0,12 = 0,096 \text{ кг/м}^2.$$

Видалення повітря з верхньої зони здійснюється через регульовані аераційні ліхтарі: продуктивність аерації в теплий період року $L_{\text{аер}}$ визначається різницею між розрахованою мінімальною продуктивністю вентиляції $L_{\text{мін}}$ і продуктивністю місцевої витяжної установки $L_{\text{місц}}$ [29]:

$$L_{\text{аер}} = L_{\text{мін}} - L_{\text{місц}} = 38880 - 12240 = 26640 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Продуктивність вентиляційної системи, $\text{м}^3/\text{год}$:

$$L_{\text{мін}} = K \cdot V = 2 \cdot 19440 = 38880 \text{ м}^3 / \text{год},$$

де K – коефіцієнт кратності повітрообміну;

V - вільний об'єм приміщення, м^3 .

$$V = S \cdot h = 1296 \cdot 15 = 19440 \text{ м}^3,$$

де S - площа приміщення;

h - висота приміщення.

При розрахунку місцевої витяжної вентиляції кількість повітря, що вилучається місцевою витяжкою (зонт, панель, шафа), можна порахувати за формулою $L_{\text{місц}}$:

$$L_{\text{місц}} = F \cdot u \cdot 3600 = 2 \cdot 1,7 \cdot 3600 = 12240 \text{ м}^3 / \text{год},$$

де F – площа поперечного перерізу отвору місцевої витяжки, м^2 ;

u – швидкість руху вилученого повітря в цьому отворі (приймається від 0,5 до 1,7 м/с у залежності від токсичності та леткості газів та парів, що виділяються).

Розраховуємо площу отворів в стіні $F_{\text{прит.}}$ і площу отворів ліхтаря $F_{\text{фон}}$ [29]:

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{прит.}} = \frac{G_{\text{прит.}}}{3600 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta \rho_1 \cdot \rho_{\text{зов.}} / \zeta_1}} = \frac{47112}{3600 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,024 \cdot 1,191 / 3,7}} = 33,63 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{фон.}} = \frac{G_{\text{вид.}}}{3600 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta \rho_2 \cdot \rho_{\text{вид.}} / \zeta_2}} = \frac{31408}{3600 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,096 \cdot 1,179 / 4,1}} = 11,85 \text{ м}^2,$$

де $G_{\text{вид.}}$ – кількість повітря, яке видаляється (кількість витяжного повітря), кг/год :

$$G_{\text{вид.}} = L_{\text{аер}} \cdot \rho_{\text{вид.}} = 26640 \cdot 1,179 = 31408 \text{ кг/год};$$

де $G_{\text{прит.}}$ – кількість повітря, яке повинно надходити в приміщення, кг/год :

$$G_{\text{прит.}} = (1 - K \cdot B) \cdot \frac{G_{\text{вид.}}}{K \cdot B} = 0,6 \cdot \frac{31408}{0,4} = 47112 \text{ кг/год};$$

де $\zeta_{\text{вит.}}$ – коефіцієнт місцевого опору аераційного ліхтаря.

9.2 Виробниче освітлення

У виробничих цехах водоочищення виконуються роботи які за зоровими умовами, відносяться до IVг розряду. В таблиці 9.3 наведені значення параметрів освітленості робочих місць, зазначених проектом.

Таблиця 9.3 – Нормативні значення освітленості робочих місць

Характеристика зорової роботи			Середньої точності
Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм			0,5-1,0
Розряд зорової роботи			IVг
Штучне освітлення	Освітленість, лк		200
	Сукупність нормативних величин показника освітленості і коефіцієнта пульсації	P	40
		$Kn, \%$	20
Природне освітлення	При боковому освітленні	$KПО, \%$	1,5
Суміщене освітлення			0,9

В цеху передбачається організація суміщеного освітлення: природного бокового освітлення та штучного освітлення загального призначення; наявність аварійного освітлення.

Для освітлення цеху використовуємо дугові люмінесцентні ртутні лампи високого тиску (ДРЛ-400) потужністю 400 Вт. Відповідно до ДБН В.2.5-28-99 обрано конструкцію світильника ВБ1 СТ (емалеве покриття МЛ-12).

Освітленість контролюється за допомогою люксметра Ю-116 один раз на рік та після ремонту освітлювальної установки. Для виконання ремонтних робіт проектом передбачені переносні електричні світильники напругою 12 В.

Для аварійного освітлення передбачено лампи розжарювання загального призначення Б 230-100 Е27 потужністю 100 Вт.

9.3 Виробничий шум та вібрація

Основними джерелами створення шуму та вібрації в цеху є: насоси та їх електродвигуни, які розташовані у насосному відділенні. Цей шум відноситься до механічного, в результаті тертя та биття вузлів деталей електродвигунів і насосів.

Для зменшення рівня шуму та вібрації в цеху проектом передбачені наступні прийоми[28]:

- насосні агрегати обладнано надійними звукоізолюючими пристроями, які складаються з еластичних патрубків на всмоктуючому та напірному трубопроводах;
- встановлені активні глушники аеродинамічного шуму на повітропроводах всмоктування та нагнітання вентиляторів;
- використовуються насоси та вентилятори на віброізоляторах.

Для захисту працівників від безпосереднього шуму використовуються відокремлені лабораторії, де внутрішні поверхні вкриті звукоізолюючими

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалами. А також використання протишумних шоломів, навушників, вкладок.

Технологічною особливістю даної сорбційної очистки є попередня ультразвукова активація суспензії сорбенту ультразвуковим диспергатором з частотою звукових коливань 44 кГц тривалістю 10 хв протягом одного технологічного циклу. Дані низькочастотні коливання передаються людині повітряним та контактним шляхом. Рівень звукового тиску у третинооктавній смузі з середньгеометричною частотою 44 кГц становить 100 дБ . Що відповідає еквівалентному рівні шуму 80 дБА . Допустимий рівень ультразвукового тиску в третинооктавній смузі з середньгеометричними частотами $31,5 - 100\text{ кГц}$ становить 110 дБ .

На підприємстві вжито наступних заходів захисту від дії ультразвуку:

- використання в устаткуванні вищих робочих частот;
- влаштування екранів між устаткуванням і працюючим;
- розміщення ультразвукових установок в спеціальних приміщеннях, кабінетах;
- дистанційне керування, облицювання окремих приміщень і кабінетів звукопоглинаючими матеріалами;
- організаційно-профілактичними заходами – інструктаж, вибір раціональних режимів праці і відпочинку, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

Для локалізації дії ультразвуку потрібно прийняти конструктивне рішення обладнати ультразвуковий диспергатор УЗДН-2Т звукоізолюючим залізним герметичним кожухом з листової сталі (товщиною 1 мм) з обклеюванням гумою або руберойдом, а також з гетинаксу (товщиною 5 мм). Ультразвукова установка повинна бути забезпечена блокуванням, що відключає перетворювачі в момент відкривання кришок, кожухів, призначених для звукоізоляції.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.4 Постійне магнітне поле

Магнітний сепаратор працює на зразок магнітного фільтру – він оснащений постійними магнітами, здатними створювати зовнішнє магнітне поле індукцією 500 мТл. Згідно з нормативним документом "Гранично допустимі рівні впливу постійних магнітних полів при роботі з магнітними пристроями та магнітними матеріалами" № 1742-77, затвердженим і введеним в дію в 1977 р., напруженість ПМП на робочих місцях не повинна перевищувати 8 кА/м, що відповідає 0,01 Тл (10 мТл), при різних умовах впливу ПМП на організм людини (безперервному, періодичному). В зв'язку з наявною невідповідністю практичних та нормативних показників слід передбачити наступні заходи профілактики несприятливого впливу магнітного поля[30]:

- профілактика впливу магнітних полів зводиться до захисту відстанню та екрануванням. Магнітні матеріали та пристрої в загальних приміщеннях слід розміщувати на окремих ділянках на відстані від робочих місць 1,5-2 м. На таку ж відстань магнітні установки мають бути віддалені одна від одної;
- матеріали, які піддаються намагнічуванню (кремнієва сталь, трансформаторне залізо тощо), мають розміщуватись на відстані не менше 1 м від магнітних установок, щоб не стати додатковими джерелами МП.
- намагнічені матеріали слід зберігати у пристроях, які повністю або частково замикають МП;
- застосувати дистанційне управління на електромагнітних пристроях;
- варто зменшувати напруженість поля екрануванням установки або робочого місця. Екран слід виготовляти з матеріалів, які піддаються намагнічуванню, причому він має бути замкненим.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- особи, які працюють на магнітних установках та з магнітними матеріалами, повинні підлягати запобіжним та періодичним медичним оглядам один раз на два роки.

Найбільш доцільно в даному випадку використати загальне екранування, що передбачає розміщення установки в екранованій кабіні, а пульта управління – із зовнішньої сторони кабінки. Кабіна виготовляється у вигляді каркаса з кутової сталі, обшитого листовою сталлю товщиною листа не менше 1-1,5 мм. В якості матеріалу екрану використовується звичайна електротехнічна (трансформаторна) сталь як матеріали з високою початковою магнітною проникністю [30].

9.5 Електробезпека

Електрообладнання в хімічному цеху споживає струм від трьохфазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

Наявність агресивних середовищ, згідно ПУЕ у відповідності до ступеня небезпеки ураження людини електричним струмом відносить хімічний цех до приміщень III категорії: особливо небезпечні приміщення.

Відповідно до ГОСТу 12.1.038 - 84 допустимі рівні напруг дотику і токи, що проходить через тіло людини, рівні, при нормальному режимі роботи електроустаткування, відповідно 2 В, 0,3 мА, при аварійному відповідно 36 В, 6 мА.

На основі результатів аналізу експлуатації електричного обладнання в хімічному цеху, з урахуванням нормативної документації, передбачено наступні заходи по захисту працюючих від ураження електричним струмом:

- занулення;
- захисне відключення;
- ізоляція струмопровідних частин обладнання $R=0,5 \text{ МОм}$;
- попереджувальні знаки.

Електроустаткування, установлене на виробництві, закритого типу і має пиловологонепроникне виконання.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Засоби захисту від статичної електрики є заземлення металевих та електропровідних частин устаткування. Для запобігання прямих ударів блискавки, будинки захищені стержневими блискавковідводами.

9.6 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання

Найнебезпечніші місця устаткування: рухомі частини обладнання, поверхні з високою температурою, ємності зберігання хімічних реагентів, реактори синтезу, прилади в яких використовується струм.

При роботі в цеху існує небезпека розриву трубопроводів водопідготовчої установки, причинами цього є: гідравлічні удари, різке коливання тиску, дефекти металу[28].

Біля насосів і вентиляторів можуть виникати такі аварійні ситуації: можливість захвату частинами, що обертаються, одягу, рук, ніг, волосся, що призводить до травм (вивихи, переломи, струс). Для екстреної зупинки всіх частин, що рухаються, передбачаються аварійні кнопки «Стоп загальний», «Аварійний стоп» встановлені в декількох місцях.

В зв'язку з цим відповідно до вимог ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ "Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки" об'ємно-планувальними рішеннями цеху водоочищення передбаченні наступні заходи безпеку технологічних процесів та обслуговування обладнання[28]:

- комплексна механізація, автоматизація, застосування дистанційного управління технологічними процесами;
- ємкості забезпечені потрібною огорожею, запобіжними клапанами і пристроями для вилучення того середовища, яке знаходиться в ємкості, показниками рівня рідини;
- трубопроводи реагентів пофарбовані в спеціальні кольори у відповідності з ГОСТ 14.2.02-69;
- апарати, які працюють під високими температурами (70-120 °C), підлягають зовнішній (передбачається використання середньо температурного теплоізоляційного матеріалу: азбозурит або ньювель) та внутрішній теплоізоляції (футеровка);

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання сигнальних знаків і знаків безпеки відповідно до ГОСТ 12.4.026-76;
- використання засобів індивідуального захисту працюючими;
- застосування раціональних режимів праці та відпочинку з метою запобігання монотонності, гіподинаміки, надмірних фізичних перевантажень.

Для додержання обладнання в справному стані своєчасно проводяться технічне обслуговування та ремонт, згідно планово – попереджувального графіка ремонтів.

До самостійної роботи в цеху допускаються особи, що досягли 18 років, професійно навчені, пройшли медичний догляд, вступний інструктаж, та інструктаж на робочому місці з охорони праці.

У приміщенні цеху на видному місці знаходиться укомплектована аптечка для надання першої медичної допомоги, в якій передбачена наявність перманганату калію, соди, йоду, розчином борної кислоти а також бинта і вати та мазі від опіків.

Проектом передбачено зберігання верхнього одягу у спеціальній шафі; користування гумовими рукавицями, фартухом, окулярами; проведення роботи в цеху у халаті або спецодязі. Обід проходить у спеціально відведеному приміщенні – кімнаті, яка використовується персоналом в якості їдальні.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.7 Пожежна безпека

Можливими причинами пожежі в цеху можуть бути:

- пошкодження електромережі механічне та в результаті хімічної дії реагентів (аміачної води, хлоридної кислоти) на електрообладнання;
- теплова дія;
- перенавантаження електрообладнання та його нагрівання;
- прямий удар блискавки в будівлю;
- пошкодження газової системи.

В таблиці 9.6 наведені показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

Протипожежними заходами передбачено[28]:

- герметизація технологічного устаткування, апаратів і трубопроводів, в яких утворюються речовини, що виділяють пожежовибухонебезпечні пари, гази та пил;
- оснащення технологічного обладнання автоматичними засобами контролю параметрів, значення яких визначають пожежовибухонебезпечність процесу, сигналізацією граничних значень і системами блокувань, які перешкоджають виникненню аварійних ситуацій;

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.6 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Назва дільниць, приміщень, зовнішніх установок	Речовини, що мають обіг у виробн. ГОСТ	Агрегатний стан речов. в норм. умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо- і вибухонебезпечності, °C			Межа за-па-лення		Вибу-хо небез-пені суміші з пові-трям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ОНП 24-86	Клас приміщення /зона/ і зовнішніх установок згідно з ПМБ	Категорія об'єкта і тип зони захисту щодо влаштуванню блискавкозахисту згідно з СН 305-77
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м³	Категорія	Група				
Примі-Щеня цеху водоочи-щення	Гідроксид амонію (NH_4OH , 25 %)	Ріди-на	Вибухо-небез-печний	172	-	651	15-28%	-	ПС	T1	Вогнегас-ні порош-ки, тонко-розпилена вода, у примі-щеннях застосо-вують об'ємне гасіння	A	B-Ia	II
Примі-Щеня цеху водоочи-щення	Машинне масло	Ріди-на	Горю-чий	200	160	380	-	-	ПВ	T2	вода, вогнегас-ники вуглекис-лотні ВВ-5, пінні	Г	П-I	III

- покриття підлог у приміщенні цеху (приміщення категорії А) згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 мають виконуватися з негорючих і таких, що при ударах не дають іскор, матеріалів;
- конструкція вікон, дверей, містків і сходів у даному вибухопожежонебезпечному приміщенні згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 унеможливлувати іскроутворення;
- наявність автоматичних газоаналізатори для контролю за станом повітряного середовища;

					ХН 3108 1440 000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			80

- у разі появи підтікань масла – течу негайно усуватиметься персоналом, а масло прибиратиметься за допомогою тирси та видалятиметься з приміщення у спеціально відведене місце;
- використання пристроїв блискавковідводу;
- використання робочої вентиляції;
- заборона мешкання людей у виробничих будівлях, на складах та територіях підприємства.

Будівля цехового корпусу збудована з негорючого матеріалу другого ступеню вогнестійкості.

В якості сигналізації установлені датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок.

Відповідно до інструкції СН 305—77 для даної цехової будівлі II категорії підлягає забезпеченню блискавкозахист від прямих ударів блискавки, вторинних дій і заносу високих потенціалів. Захист прямих ударів блискавки забезпечується стержневим блискавковідводом оркемостоячим ($h=13\text{ м}$).

В цеху для пригнічення пожежі є вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри. Протипожежне забезпечення виконане у вигляді пожежного гідранта. В цеху є два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі.

Висновки

Проект виконано з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки виробництва. В даному розділі розроблено заходи, спрямовані на створення в цеху, що проектується, здорових та безпечних умов праці та профілактики

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хімічна технологія даного проекту забезпечує очищення стічних вод, забруднених органічними поллютантами, зокрема, барвниками, шляхом адсорбції магнітокерованим сорбентом (МКС7- MoS_2).

Проблема накопичення відпрацьованого сорбенту (шламу) в результаті очищення забруднених природних та промислових стічних вод є однією з найгостріших на сьогодні. В результаті адсорбційної очистки вод утворюється осад відпрацьованого сорбенту, що містить вилучені з стічних вод токсичні органічні речовини. Для утвореного осаду характерна висока вологість і дисперсність. Тому доцільно вжити заходів, спрямованих на зниження вмісту води в осаді на стадії його відділення від цільового продукту (очищеної води). Утилізація осаду передбачає термічний розклад органічних забруднювачів.

10.1 Аналіз джерел та розрахунків кількості відходів, що утворюються

За одну годину роботи цеху водоочищення продуктивністю $42 \text{ м}^3/\text{год}$. До складу твердої фази осаду з урахуванням оптимальної дози МКС7- MoS_2 $0,1 \text{ кг}$ на 1 м^3 води входить:

- сапоніт $G(\text{сапоніт}) = 3,86 \text{ кг}$;
- магнетит $G(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,29 \text{ кг}$;
- сульфід молібдену $G(\text{MoS}_2) = 0,04 \text{ кг}$;
- адсорбований барвник $G(\text{барвник}) = 3,99 \text{ кг}$.

Маса твердої частини шламу:

$$G_{\text{ТВ}} = G(\text{сапоніт}) + G(\text{Fe}_3\text{O}_4) + G(\text{MoS}_2) + G(\text{барвник}) \\ = 3,86 + 0,29 + 0,04 + 3,99 = 8,19 \text{ кг}.$$

Маса шламу при вологості 52 %:

$$G_{\text{шлам}} = \frac{G_{\text{ТВ}}}{(1 - W)} = \frac{8,4}{(1 - 0,52)} = 17,0625 \text{ кг}.$$

Маса води, що накопичується разом з шламом:

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = G_{\text{шлам}} \cdot W = 17,5 \cdot 0,52 = 8,8725 \text{ кг}.$$

Маса шламу при вологості 98 %:

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{шлам}} = \frac{G_{\text{тв}}}{(1 - W)} = \frac{8,4}{(1 - 0,98)} = 409,5 \text{ кг.}$$

Маса води, що накопичується разом з шламом:

$$G_{H_2O} = G_{\text{шлам}} \cdot W = 409,5 \cdot 0,98 = 401,31 \text{ кг.}$$

З розрахунків видно, що маса осаду, яка утворилась після процесу очищення стічних вод методом адсорбції з наданням природному сорбенту магнітних властивостей, значно зменшилась, внаслідок збільшення його щільності.

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Суть методу очищення вод полягає в тому, що забруднена вода обробляється високодисперсною суспензією МКС7-MoS₂. Процес осадження МКС7-MoS₂ відбувається в полі магнітних сил і реалізується в апараті магнітної сепарації – магнітному відстійнику. Надання магнітних властивостей сапоніту не лише покращує його сорбційні властивості, прискорює процес сепарації, а й знижую вологість осаду відпрацьованої сапонітової глини майже в два рази: вологість осаду відпрацьованого МКС7-MoS₂ становить 52 %, сапоніту – 98 %. При дотриманні технологічних параметрів процесу очистки, забезпеченні внесення оптимальної дози сорбенту та організації магнітної сепарації на належному рівні відсоток очищеної води, що втрачається разом з відпрацьованим магнітокерованим (φ , %) сорбентом становить 0,32 %. При виконанні вказаних умов для природного не модифікованого сорбенту $\varphi = 14,71$ %). Склад утвореного в результаті адсорбційної очистки шламу представлено в таблиці 10.1.

Екологізація даної хімічної технології реалізується зменшенням вологості шламу відпрацьованого адсорбенту безпосередньо на етапі виробничого циклу, шляхом технологічного та апаратурного удосконалення стадії відділення шламу від очищеної води.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.1 – Склад осаду після адсорбційної очистки

Сорбент	Маса осаду, що утворюється за 1 год, кг	Складова частина осаду, %		
		Відпрацьований сорбент	Барвник	H_2O
Сапоніт	409,5	1,03	0,97	98,00
МКС7- MoS_2	17,0625	24,62	23,38	52

Наявність у складі шламу великої кількості заліза надає даному матеріалу певних фізико-хімічних властивостей, які зумовлюють необхідність його використання в цегляній промисловості в якості сировини з метою зменшення економічних витрат та покращення якості продукції. Як свідчать експериментальні дані, додавання шламу відпрацьованого сапонітового сорбенту до основної формувальної маси при виготовленні керамічних виробів суттєво не погіршує основні технологічні характеристики останніх, а навіть покращує їх значно знижуючи витрати на барвники, призначенні для надання цеглі червоного кольору. Тому можна рекомендувати даний спосіб утилізації відпрацьованого сорбенту як технологічно спроможний, економічно вигідний та екологічно безпечний.

Технологія виготовлення керамічних виробів передбачає їх випал при температурі 900-1000 °С. При температурі 900 °С проходить реакція згорання барвника з утворенням вуглекислого газу та води. Відпрацьований шлам додається до основної сировини в якості 5 %-ої добавки. Технологічний режим випалу керамічної маси зумовлює повний розклад полютанту з виділенням CO_2 в незначній кількості. Тобто запропонований варіант утилізації відпрацьованого МКС7- MoS_2 не призводить до вторинного забруднення повітряного середовища.

Хлорид амонію, що утворюється на стадії синтезу магнітної рідини, утилізують як:

- азотне добриво (до 25% N) для нейтральних і лужних ґрунтів під культури, які слабо реагують на надлишок хлору (цукровий буряк, рис, кукурудза);

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використовують при пайці як флюс (для видалення оксидної плівки з поверхонь металів);
- в гальванічних елементах як компонент електроліту;
- як димоутворювач;
- в фотографії як компонент швидкого фіксажу.

10.3 Розрахунки та підбір обладнання за обраним рішенням

Екологізація процесу видалення органічних поліютантів з стічних вод зумовлена особливостями конструкції обладнання етапу сепараційного відділення осаду відпрацьованого сорбенту від цільового продукту. Сепарація магнітокерованого сорбенту здійснюється у відстійнику, в середині робочої камери якого створюється постійне зовнішнє магнітне поле. Базова конструкція магнітного відстійника представлена в [31].

Технологічні параметри процесу відстоювання:

- напруженість магнітного поля $H = 397,9 \text{ кА/м}$;
- індукція магнітного поля $B = 500 \text{ мТл}$;
- лінійна швидкість суцільної фази $0,012 \text{ м/с}$;
- тривалість осадження – 1 година.

Виготовлення магнітного відстійника продуктивністю $42 \text{ м}^3/\text{год}$ реалізуватиме Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання ім. М. В. Фрунзе (ВАТ «Сумське НВО ім. М. В. Фрунзе»).

10.4 Екологічний моніторинг

Вихідний контроль якості проводиться стандартистами шляхом відбору трьох паралельних проб по 100 см^3 із кожних 42 м^3 очищеної води. Він передбачає аналіз готового продукту на залишковий вміст барвників, фотоелектроколориметричним методом. Вихідному контролю підлягає також шлам відпрацьованого сорбенту на вміст в ньому вологи, який здійснюється методом прокалювання осаду до постійної маси. Здійснюється один раз після завершення останнього виробничого циклу зміни.

10.5 Розрахунок попереджених збитків

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведемо розрахунок попереджених збитків розробленої маловідходної схеми [32].

Кількість стічних вод $1000 \text{ м}^3/\text{добу}$, або $42 \text{ м}^3/\text{год}$.

Підприємство працює безперервно 6 днів на тиждень, 312 днів у рік.

Тривалість робочої доби 24 годин.

Річний фонд робочого часу при двозмінній роботі $T_n = 7488$ годин.

Збиток від викидів забруднюючих домішок у водогосподарську ділянку підприємством розраховується за формулою [32]:

$$Y = 80 \cdot Ke \cdot M \quad (10.1)$$

де Y – збиток від викидів забруднюючих домішок у водогосподарську ділянку підприємством, *ум.грн./рік*;

80 – середній питомий збиток, *грн./ум.т*;

Ke – коефіцієнт екологічної ситуації (для річки Дніпро складає 1,2);

M – приведена маса річного викиду домішок, *ум.т/рік*.

Приведена маса річного викиду домішок розраховується за формулою [32]:

$$M = \sum_{i=1}^N A_i \cdot M_{\phi i} , \quad (10.2)$$

де M – приведена маса річного викиду домішок, *ум.т/рік*;

A_i – відносна небезпека i -го забруднюючого компонента, *ум.т/т*;

$M_{\phi i}$ – фактична маса річного викиду, *т/рік*.

Фактична маса річного викиду розраховується за формулою [32]:

$$M_{\phi i} = C_i \cdot Q , \quad (10.3)$$

де C_i — концентрація домішки у суміші, *г/м³*;

Q – витрата стічних вод, *м³/год*.

Відносна небезпека i -го забруднюючого компонента розраховується за формулою [32]:

$$A_i = 1 / ГДК_i . \quad (10.4)$$

Відповідно до «Правил приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва», затверджених Розпорядженням виконавчого органу

Київської міської адміністрації від 12 жовтня 2011 року № 1876 допустим					Арк.
ХН 3108 1440 000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	86

концентрація барвників у стічних водах, які відводяться до міської каналізації ГДК = 0,005 кг/м³.

Концентрація барвників в стічних водах підприємств текстильної промисловості – 100 г/м³. Ступінь вилучення полютанту з водного розчину досягає 95 %. В процесі адсорбційної очистки забезпечується видалення 0,095 кг барвника з 1 м³ стічних вод при залишковій концентрації полютанту 0,005 кг/м³.

1. Відносна небезпека:

$$A_{\text{барвника}} = 1/0,005 = 200.$$

2. Маса річного викиду полютанту, кг/рік:

а) в неочищених стічних водах:

$$M_{\text{барвника}} = 42 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 7488 \text{ год} \cdot 0,1 \text{ кг/м}^3 = 31449,6;$$

б) в очищених стічних водах:

$$M_{I \text{ барвника}} = 42 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 7488 \text{ год} \cdot 0,005 \text{ кг/м}^3 = 1572,48;$$

3. Визначимо приведену масу річного викиду до та після очищення, ум.т./рік:

а) до очищення:

$$M_n = 31449,6 \cdot 200 = 6289920;$$

б) після очищення:

$$M_{nI} = 1572,48 \cdot 200 = 314496.$$

4. Розраховуємо збиток від викидів забруднюючих домішок, грн/рік:

а) до очищення (y_1):

$$y_1 = 80 \cdot 1,2 \cdot 6289920 = 603832320;$$

б) після очищення (y_2):

$$y_2 = 80 \cdot 1,2 \cdot 314496 = 30191616.$$

5. Розрахунок попереджених збитків, грн/рік:

$$y_i = y_1 - y_2,$$

$$y_i = 603832320 - 30191616 = 573640704.$$

Оскільки вміст барвників у стічних водах, що скидаються у міську каналізацію, перевищує встановлене значення ГДК забруднюючої речовини,

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

правил приймання стічних вод передбачається плата за скид наднормативних забруднень, яка нараховується за нормативом плати за очищення 1 м^3 стічних вод з вмістом забруднювача у межах допустимих концентрацій (H_n), обсягом скинутих наднормативно забруднених стічних вод (V_{nz}) та коефіцієнтом кратності (K_k), який враховує рівень небезпеки скинутих забруднень для технологічних процесів та екологічного стану водойми [33].

$$P_c = T \cdot V_{дог} + 5 \cdot T \cdot V_{пдог} + V_{nz} \cdot K_k \cdot H_n,$$

де T – тариф, установлений за надання послуг водовідведення, $\text{грн}/\text{м}^3$;
 $V_{дог}$ – обсяг скинутих стічних вод у межах, обумовлених договором, або лімітом, м^3 ;
 $V_{пдог}$ – обсяг скинутих стічних вод понад обсяги, обумовленні договором, або лімітом, м^3 ;
 V_{nz} – обсяг скинутих стічних вод з наднормативними забрудненнями, м^3 ;
 K_k – коефіцієнт кратності, який враховує рівень небезпеки скинутих забруднень для технологічних процесів очищення стічних вод та екологічного стану водойми;
 H_n – встановлений норматив плати за скид наднормативних забруднень у міську каналізацію, %.

Станом на 2017 тариф, установлений за надання послуг водовідведення становить 7,356 грн за 1 м^3 , норматив плати $H_n = 53,4 \%$, коефіцієнт кратності $K_k = 5$ [33].

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плата за скид стічних вод, що містять залишкову концентрацію барвника 5 г/м³ становить:

$$P_c = 7,356 \cdot 1000 + 5 \cdot 7,356 \cdot 0 + 50 \cdot 5 \cdot 0,534 = 7489,5 \text{ грн.}$$

Отже, попереджені екологічні збитки від впровадження запропонованої маловідходної технології очищення стічних вод від барвників на підприємствах анілінофарбової промисловості складають понад 2336724 грн/рік. При організації адсорбційної очистки забруднених (100 г/м³) вод практично досягається зниження концентрації поллютанту до 5 г/м³. Загалом, враховуючи економію вихідних реагентів та матеріалів (в порівнянні з іншими методами очищення стічних вод від поллютантів даного класу) та утилізацію шламів відпрацьованого сорбенту, запропонована технологія є економічно та екологічно доцільною.

Висновки

Для екологізації виробництва було проаналізовано джерела відходів, що утворюються, та розраховано їх кількості, розглянуто варіанти екологізації виробництва, проведено екологічний моніторинг та розрахунок попереджених збитків.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел свідчить, що використання сапонітової глини як сорбентів є технологічно ефективним, екологічно безпечним та економічно вигідним рішенням в умовах України, так як наявна потужна вітчизняна сировина база бентонітових покладів на півдні та заході країни, яка представлена в основному сапонітовими породами.

2. Розроблено та автоматизовано технологічну схему вилучення барвників зі стічних вод новим композиційним сорбентом на основі сапоніту з урахуванням її екологічності, техніко-економічного обґрунтування та охорони праці.

3. Розраховано матеріальний баланс виробництва нового композиційного сорбенту та очищення стічних вод ним. Витратні коефіцієнти становлять: $\beta(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = 0,016 \text{ кг/м}^3$, $\beta(FeCl_2 \cdot 4H_2O) = 0,006 \text{ кг/м}^3$,
 $\beta(HCl) = 0,146 \text{ кг/м}^3$, $\beta(NH_4OH) = 0,033 \text{ кг/м}^3$, $\beta(\text{сапоніт}) = 0,092 \text{ кг/м}^3$,
 $\beta(MoS_2) = 0,001 \text{ кг/м}^3$.

4. Розраховано тепловий баланс синтезу магнітної рідини, що використовується при одержанні нового композиційного сорбенту на мінеральній основі.

5. Обрано та розраховано основний апарат (магнітний сепаратор) та допоміжне обладнання, таке як: насос подачі очищеної води на власні потреби, реактор синтезу магнетиту Fe_3O_4 , реактор приготування суспензії МКС7- MoS_2 , адсорбційний реактор, мірник сапоніту, колектор стічних вод, збірник шламу відпрацьованого сорбенту, збірник магнітного дистилату.

6. Показано, що технологічна схема може функціонувати в умовах надійного і комплексного контролю і регулювання, здійснюваного автоматично діючими контрольно-вимірювальними і регулювальними приладами. Проектом передбачено контроль усіх найважливіших параметрів, що характеризують хід процесу.

7. Виконані економічно-організаційні розрахунки, які свідчать про те, що застосування в якості сорбенту магнітокерованого сорбенту на основі сапоніту (МКС7- MoS_2) замість активованого вугілля, навіть при

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконанні умові його регенерації з повторним використанням, є економічно доцільним. Показник рентабельності очищення забруднених вод органічними поліюантами з використанням МКС7-MoS₂ ($P = 238,59 \%$) коли рентабельність адсорбційної очистки АВ БАУ не є позитивною, тобто потребує постійних капіталовкладень.

8. Запропоновано технологію утилізації шламу відпрацьованого сорбенту, а саме, в якості 5% добавки у бетон.

9. За результатами досліджень опубліковано 2 тез на українських наукових конференціях.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Water Pollution, National Water Awareness Campaign, Gaia Atlas of Planet Management, The Guardian. – 2003.
2. Dozier M. C. What is water pollution, Water and Me Series [Text] / M. C. Dozier // Soil and Crop Sciences Communications. Texas A&M University System – 2005.
3. Banat I. M. Microbial decolourisation of textile-dye containing effluents: a review [Text] / I. M. Banat, P. Nigam, D. Singh, R. Marchant // Bioresour. Technol. – 1996. – Vol. 58. – P. 217-227.
4. McMullan G. Microbial decolourisation and degradation of textiles dyes [Text] / G. McMullan, C. Meehan, C. Conneely // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2001. – Vol. 56. – P. 81-87.
5. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод [Текст]: Підручник / А. К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552с.
6. Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва [Текст]: затверджено і введено в дію розпорядженням виконавчого органу Київської міської державної адміністрації № 1879 від 12 жовтня 2011 р.
7. ГОСТ 3226-93 «Глины формовочные огнеупорные. Общие технические условия». – Взамен ГОСТ 3226-77; введ. 1993 – 10 – 21. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Изд-во стандартов, сор. 1994. – 6 с.
8. ГОСТ 857-95 «Кислота соляная синтетическая техническая». – Взамен ГОСТ 857-88; введ. 1996 – 07 – 01. – Москва: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Изд-во стандартов, сор. 1995. – 19 с.
9. ГОСТ 4147-74 «Железо (III) хлорид 6-водный». – введ. 1975 – 07 – 01. – Москва: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М. : Изд-во стандартов, сор. 1996. – 9 с.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ТУ 6-02-609-86 «Железо (II) хлорид 4-водный». – введ. 1986 – 07 – 01. – Москва: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М. : Изд-во стандартов, сор. 1986. – 3 с.
11. ГОСТ 9-92 «Аммиак водный технический. Технические условия». – Взамен ГОСТ 9-77; введ. 1993 – 01 – 01. – Москва: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М. : Изд-во стандартов, сор. 1992. – 7 с.
12. ТУ 48-19-133-90 «Дисульфид молибдена». – введ. 1991 – 01 – 01. – Москва: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М. : Изд-во стандартов, сор. 1991. – 3 с.
13. Квашук В.В. Сорбційні властивості композиційних сорбентів сапоніт- $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-MoS}_2$ / Квашук В.В., Макачук О.В., Донцова Т.А. // II Всеукраїнська науково-методична конференція «ОСВІТА, НАУКА ТА ВИРОБНИЦВО: РОЗВИТОК ТА ПЕРСПЕКТИВИ» - 2017- с. 8.
14. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст]: Підручник / Ю. Г. Фролов. – М.: Химия, 1982. – 400 с.
15. Гервальд А.Ю. Синтез магнитосодержащих полистирольных микросфер // Автореферат диссертации – М.. Химия, 2008. – 21 с.
16. Фейчук П.І. Синтез феромагнітних рідин на основі наномagnetиту та їх впровадження в рідкокристалічну матрицю / Коров'янка О.О., Ситник М.С., Халавка Ю.Б., Щербак Л.П. // Фізика і хімія твердого тіла – 2009. – №2. – С. 400-405. - Бібліогр.: с. 400. – ISSN 1729-4428.
17. Парфит Г. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел [Текст] / Г.Парфит, К. Рочестер. – Пер. с англ. Б.Н. Тарасевича – Москва: Мир, 1986. –490 с.
18. Співак В. В. Сорбція полютантів різного генезису природними та модифікованими сапонітовим глинами [Текст] / В. В. Співак // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступення кандидата технічних наук 05.17.21 – технологія водоочищення. – Київ, 2013. – 26 с.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Масюткін Є. П. Алгоритм розрахунку магнітних відстійників [Текст] / Є. П. Масюткін, В. І. Просвірін // журнал «Наука і освіта». – 2011. – № 2. – С. 42-43.Рр
20. Мікульонок І. О. Механічні, гідромеханічні та масообмінні процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: Підручник / І. О. Мікульонок. – К.: Політехніка, 2002. – 302 с.
21. Основы теории электрических аппаратов / Под ред. Г.В. Буткевича, М.: Высш. шк., 1970.
22. Концевой А. Л. Алгоритмізація і програмування розрахунків процесу водопідготовки [Текст] / А. Л. Концевой, Н. М. Толстопалова. – К.: «На правах рукопису», 2003. – 44 с.
23. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии [Текст]: Учебник / И. Л. Иоффе. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
24. Генкин А. Э. Оборудование химических заводов [Текст]: Учебник / А. Э. Генкін. – М.: Высшая школа, 1986. – 280 с.
25. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с.: іл. – Бібліогр. : 427-428. – 200 пр. – ISBN 978-966-662-247-6.
26. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.: іл. – Бібліогр. : 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-662-247-2.
27. Круш П. В. Економіка підприємства [Текст]: навч. посібник / П. В. Круш. – К. : КНТ, 2009. – 778 с
28. Основы охраны праці [Текст] / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2011 – 480 с.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Внутрішні санітарно-технічні пристрої [Текст] / під ред. І. Г. Староверова: ч. 2. Вентиляція і кондиціонування. – М.: Стройиздат, 1978 – 509 с.
30. Охорона праці: захист від магнітних полів промислової частоти. Методичний посібник для практичного заняття [Текст] / Уклад.: О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, О. Ю. Арламов. К.: «Політехніка», 2007 – 14с.
31. Пат. України 52441, МПК7 ВОЗС1/02. Магнітний відстійник / Масюткін Є. П., Просвірін В. І., Кузнецов І. О.; заявл. 10.05.2005; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 4.
32. Косогіна І.В. Ресурсозберігаючі технології коагуляційного очищення стічних вод [Текст] : [монографія] / І. В. Косогіна, І. М. Астрелін. – О.: Екологія, 2011. – 132 с. : рис., табл. – Бібліогр.: с. 128-132. – 300 экз. – ISBN 978-966-8740-80-0.
33. Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва [Текст]: затверджено і введено в дію розпорядженням виконавчого органу Київської міської державної адміністрації № 1879 від 12 жовтня 2011 р.

					ХН 3108 1440 000 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		