

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Микола ГОМЕЛЯ

« ____ » _____ 2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Промислова екологія та

ресурсоефективні чисті технології»

спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

**на тему: «Модернізація технологічної схеми підготовки води для
підживлення оборотних систем охолодження на КП СПБ «Арсенал»»**

Виконала:

Студентка IV курсу, групи ЛЦ-01 Фадєєва Анна Петрівна _____

Керівник:

професор, д.т.н, Шаблій Тетяна Олександрівна _____

Консультант

Із розробки заходів з охорони праці на виробництві
ст. викл., к.т.н., Ковтун Андрій Іванович _____

Рецензент: _____

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

Студентка _____

Київ – 2024 рік

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання дипломного проєкту	2	
2	A4	ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Пояснювальна записка	72	
3	A1		Таблиця вихідних даних	1	
4	A1	ДП ЛЦ01.01.020 ТК	Технологічна схема	1	
5	A1		Блок-схема матеріального балансу	1	
6	A1	ДП ЛЦ01.02.020 ТК	Генеральний план	1	
7	A1	ДП ЛЦ01.03.020 ТК	План цеху	1	
8	A1	ДП ЛЦ01.04.020 ТК	Поздовжній розріз цеху	1	
9	A1		Висновки	1	

	ПІБ	Підп.	Дата	ДП ЛЦ01.00.020		
Розробн.	Фадеева А. П.			Відомість дипломного проєкту	Арк.	Аркушів
Керівн.	Шаблій Т. О.				2	72
Зав. каф.	Гомеля М. Д.				КПІ ім. Ігоря Сікорського каф. Е та ТРП ГР. ЛЦ-01	

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Микола ГОМЕЛЯ

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Фадєєвій Анні Петрівні

1. Тема проєкту «Модернізація технологічної схеми підготовки води для підживлення оборотних систем охолодження на КП СПБ «Арсенал»», керівник проєкту Шаблій Тетяна Олександрівна, к.т.н., професор, затверджені наказом по університету від «17» 05 2024 р. №1993-с.
2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2024 року.
3. Вихідні дані до проєкту: Запах – 0 балів при 60°C; Присмак – 0 балів при 60°C; Кольоровість – 8,4 градуси; Мутність < 0,58 НОК; рН – 7,43; Окисність 1,6 мгО₂/дм³; Нітрити – 0,01 мг/дм³; Нітрати – 1,35 мг/дм³; Загальна жорсткість – 5,5 мг-екв/дм³; Сухий залишок – 358 мг/дм³; Хлориди – 9,5 мг/дм³; Сульфати – 6,8 мг/дм³; Залізо загальне – 0,21 мг/дм³; Мідь – 0,03 мг/дм³; Цинк – 0,01 мг/дм³; Марганець – <0,01 мг/дм³; Лужність загальна – 6,5 мг-екв/дм³; Магній – 14,6 мг/дм³; Кальцій – 86,2 мг/дм³; Кремній – 5,1 мг/дм³.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, обґрунтування розробки проєкту підготовки води для підживлення оборотних систем охолодження, технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд, будівельна частина, охорона праці, висновки, список використаної літератури, додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема, генеральний план підприємства, план цеху з розташуванням очисних споруд, повздовжній переріз цеху.
6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання 20 травня 2024 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Отримання завдання	20.05.2024	
2	Розробка та обґрунтування технологічної схеми	21.05.2024-23.05.2024	
3	Розрахунок матеріального балансу	24.05.2024-28.05.2024	
4	Гідравлічні та технологічні розрахунки очисних споруд	29.05.2024-03.06.2024	
5	Виконання будівельної частини проєкту	04.06.2024-06.06.2024	
6	Опрацювання розділу охорони праці	06.06.2024-07.06.2024	
7	Виконання графічної частини проєкту	08.06.2024-10.06.2024	

Студент _____ Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник _____ Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту

на тему: «Модернізація технологічної схеми підготовки води для підживлення оборотних систем охолодження на КП СПБ «Арсенал»»

Київ – 2024 року

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт містить пояснювальну записку об'ємом 72 сторінки, 5 аркуши креслень та 7 додатки.

Метою роботи є розробка проєкту підготовки природньої води для підживлення оборотних систем охолодження, в якому впроваджена маловідходна, високоефективна технологія водопідготовки.

Об'єктом дослідження є розрахунок і вибір очисних споруд.

Пояснювальна записка містить 5 розділів, у яких висвітлено обґрунтування розробки проєкту підготовки води для підживлення оборотних систем охолодження, технологічну частину з розрахунками матеріального балансу, технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд. Також у роботі описано будівельну частину та охорону праці.

Графічна частина проєкту представлена креслениками у форматі А1 та ілюструє технологічну схему, генеральний план підприємства, план цеху з розташуванням очисних споруд та повздовжній переріз цеху.

Ключові слова: система охолодження, вода для підживлення, пом'якшення води, регенераційні розчини

					<i>ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	АНОТАЦІЯ		
<i>Розробив</i>		<i>Фадеева А. П.</i>					
<i>Перевірів</i>		<i>Шаблій Т. О.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затв.</i>		<i>Шаблій Т. О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						6	
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i> <i>Каф. ЕтаТП, Гр. ЛЦ-01</i>		

ABSTRACT

The diploma project includes an explanatory note of 72 pages, 5 sheets of drawings, and 7 appendices.

The aim of the project is to develop a natural water treatment system for replenishing recirculating cooling systems, implementing a low-waste, high-efficiency water treatment technology. The object of the study is the calculation and selection of treatment facilities.

The explanatory note contains 5 sections, which provide the justification for the development of the water treatment project for replenishing recirculating cooling systems, the technological part with material balance calculations, and the technological and hydraulic calculations of the treatment facilities. The project also includes a description of the construction part and occupational safety.

The graphical part of the project is presented with A1 format drawings, illustrating the technological scheme, the general plan of the enterprise, the workshop plan with the placement of treatment facilities, and the longitudinal section of the workshop.

Keywords: cooling system, make-up water, water softening, regeneration solutions

					<i>ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розробив</i>		<i>Фадеева А. П.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевірів</i>		<i>Шаблій Т. О.</i>				7			
<i>Реценз.</i>					<i>АНОТАЦІЯ</i> <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i> <i>Каф. ЕтаТРП, Гр. ЛЦ-01</i>				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затв.</i>		<i>Шаблій Т. О.</i>							

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ.....	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	13
2.1 Характеристики води у водозабірній свердловині.....	13
2.2 Вибір та обґрунтування технологічної схеми очищення води.....	15
2.3 Розрахунок матеріального балансу.....	18
2.4 Теоретичні дані про хімічні, фізичні та біологічні процеси, що реалізуються в технологічній схемі.....	30
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД...	33
3.1 Розрахунок резервуарів, у які подається повітря.....	33
3.2 Розрахунок механічного фільтру.....	34
3.3 Розрахунок водоворотної камери пластівцеутворення після промивки механічного фільтру.....	37
3.4 Розрахунок вертикального відстійника після промивки механічного фільтру.....	38
3.5 Розрахунок шламосховища після відстійника.....	41
3.6 Розрахунок фільтр-пресу після шламосховища.....	42
3.7 Розрахунок катіонообмінного фільтру.....	43
3.8 Розрахунок резервуару промивних вод та вод після спущення катіоніту.....	43
3.9 Розрахунок резервуару відпрацьованого реагентного розчину та витратного баку реагентного розчину.....	44
3.10 Розрахунок резервуару, куди подаються розчини лугу та соди.....	45
3.11 Розрахунок водоворотної камери пластівцеутворення після резервуару.....	46
3.12 Розрахунок вертикального відстійника після резервуару.....	47

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

3.13	Розрахунок шламосховища після відстійника.....	49
3.14	Розрахунок фільтр-пресу після шламосховища.....	51
3.15	Розрахунок резервуару очищеного розчину NaCl.....	51
3.16	Розрахунок витратного баку інгібітора корозії.....	52
3.17	Розрахунок змішувача, у який поступає розчин інгібітора корозії та очищена вода.....	53
3.18	Розрахунок резервуару очищеної води після змішувача.....	56
4.	БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	57
4.1	Компонування водоочисних споруд.....	57
4.2	Об'ємно-планувальне вирішення будівлі.....	57
4.3	Конструктивне вирішення будівлі.....	58
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
5.1	Мікроклімат робочої зони.....	60
5.2	Пожежна безпека.....	61
5.3	Про шуми, вібрації, ультразвук та інфразвук.....	62
5.4	Поводження з хімічними речовинами.....	63
	ВИСНОВКИ.....	64
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	65
	ДОДАТОК А.....	66
	ДОДАТОК Б.....	67
	ДОДАТОК В.....	68
	ДОДАТОК Г.....	69
	ДОДАТОК Ґ.....	70
	ДОДАТОК Д.....	71
	ДОДАТОК Е.....	72

ВСТУП

Використання очищених вод у виробничих водопостачальних системах є важливим кроком для раціонального використання водних ресурсів у промисловості та зменшення забруднення водойм промисловими стоками. В індустріальних районах прісна вода споживається настільки інтенсивно, що подальший розвиток промисловості значною мірою залежить від забезпечення нових підприємств доступом до водопостачання.

Зростання водоспоживання при збереженні поточних технологій використання води пов'язане також із збільшенням скидів стічних вод у водойми і потребою вдосконалення систем очищення стічних вод. Це значно ускладнює завдання захисту джерел водопостачання від забруднення промисловими та побутовими відходами, а також підвищує витрати на очищення стічних вод. Тому для багатьох галузей промисловості стає вигіднішим вирішувати проблему водопостачання підприємства через максимальне багаторазове використання очищених стічних вод і майже повне припинення їх скидання у водойми. Такий підхід дозволить значно зменшити обсяги води, що використовуються у виробництві.

Метою даної роботи є розробка проекту підготовки природної води для підживлення оборотних систем охолодження, в якому впроваджена маловідходна, високоефективна технологія водопідготовки.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ

Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал» є одним із провідних постачальників оптико-електронних приладів військового та цивільного призначення. Основними типами продукції, що виготовляються даним підприємством, є системи орієнтування, апаратура прицілювання, прилади самонаведення, спостереження, вимірювання, аналізу та фотографування. Для забезпечення ефективного функціонування виробничих цехів на території підприємства була розміщена водозабірна свердловина в межах Київського родовища питних підземних вод.

При бурінні та випробуванні свердловини №289-«А», яка експлуатує водоносний комплекс сеноман-келовейських відкладів, були отримані наступні параметри даного водоносного шару: загальна потужність водоносного комплексу – 23,3 м, інтервали залягання – 142-165,3 м, статичний рівень встановлювався на глибині 98,5 м, величина напору над покрівлею водоносного горизонту складає 43,5 м. Водоносний комплекс складений піском з кременем, пісковиком сірим ($k = 3$ м/д).

Свердловина розташована в окремому цегляному приміщенні розміром 5×3,5 м, поруч знаходиться будівля насосної станції другого підйому. Також свердловина обладнана водолічильниками, манометрами, засувами та кранами для відбору проб води.

Неочищена природня вода зі свердловини використовується в централізованій оборотній системі водопостачання підприємства. Такий підхід дозволяє значно зменшити обсяги споживання свіжої води та позитивно впливає на навколишнє середовище за рахунок зниження обсягів забруднених стоків. Але під час використання необробленої води в оборотних системах виникають щільні сольові відкладення у технологічному обладнанні, насосах, комунікаціях, очисному й охолоджуючому воду устаткуванні, що призводять до заростання

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

перерізу труб, зниження пропускної здатності й підвищенню гідравлічного опору, що, у свою чергу, веде до нераціональних витрат енергії на транспортування води та може порушити нормальні умови експлуатації технологічного обладнання. Також однією з основних проблем в оборотному водопостачанні є порушення водно-хімічного режиму роботи через утворення корозійного зносу металу, руйнування бетону та залізобетону, обладнання і трубопроводів.

Система оборотного водопостачання на КП СПБ «Арсенал» призначена для забезпечення охолодження технологічного устаткування в багатьох корпусах. Охолодженню підлягають шахтні та вакуумні електropечі, цементацийні печі, компресори, термобарокамери, кліматична камера, холодильні машини, шліфувальні автомати, тощо. Ця система складається з градирні, резервуарів та насосної станції, тобто наразі на території підприємства немає водоочисного устаткування для забезпечення більш ефективного використання виробничих ресурсів.

Таким чином, було вирішено розробити технологічну схему очистки природньої води для підживлення оборотних систем охолодження. Найефективнішим підходом є використання різних методів очищення, що інтегровані в один технологічний процес, оскільки це дозволяє досягти найвищої ефективності в очищенні води, відповідно до встановлених стандартів та норм.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристики води у водозабірній свердловині

На ділянці водозабору КП СПБ «Арсенал» проводилися лабораторні дослідження для вивчення якості води сеноман-келовейського водоносного комплексу з урахуванням його використання.

Скорочені хімічні аналізи з виявленням головних забруднювачів підземних вод виконувалися ДУ «Київським міським центром контролю та профілактики хвороб МОЗ України» Оболонського міжрайонного відділу у листопаді 2023 року.

Таблиця 2.1 – Результати дослідження води зі свердловини №289-«А»

Показник	Вміст у воді	Одиниці вимірювання
1	2	3
Запах	0	бали при 60°C
Присмак	0	бали при 20°C
Кольоровість	8,4	градуси
Мутність	<0,58	Нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/л)
pH	7,43	-
Окисність	1,6	мгО ₂ /дм ³
Нітрити	0,01	мг/дм ³
Нітрати (по NO ₃)	1,35	мг/дм ³
Загальна жорсткість	5,5	мг-екв/дм ³
Сухий залишок	358,0	мг/дм ³
Хлориди	9,5	мг/дм ³
Сульфати	6,8	мг/дм ³
Залізо загальне	0,21	мг/дм ³
Мідь	0,03	мг/дм ³
Цинк	0,01	мг/дм ³

відпрацьованого регенераційного розчину; 16 – резервуар, у який подаються розчини лугу та соди; 19 – резервуар очищеного розчину NaCl; 21 – витратний бак 10%-го розчину NaCl; 25 – витратний бак інгібітора корозії; I – надходження води зі свердловини; II – подача води для підживлення оборотних систем охолодження; III, X – утилізація відходів; IV, IX – скид залишкової води у каналізацію; V – подача води на промивку механічного фільтру; VI – подача води на промивку катіонообмінного фільтру; VII – надходження води для впускування катіоніту; VIII – скид у каналізацію з резервуару промивних вод та води після впускування шару іоніту.

Спочатку природня вода зі свердловини №289-«А» потрапляє у резервуар, куди подається повітря для переведення Fe^{2+} у Fe^{3+} форму. Потім, за допомогою насосу, вода надходить у механічний фільтр, де відбувається очистка від утвореного $Fe(OH)_3\downarrow$. Після чого проходить тонка очистка від залишків осаду у фільтрі тонкої очистки від Ecosoft. Далі частина води повертається на промивку механічного фільтру та йде у відстійник, а все інше надходить до катіонообмінного фільтру з Na^+ катіонітом. Потім також частина води йде на впускування катіоніту та промивку самого фільтру, а решта – до змішувача, куди подається 1%-розчин інгібітора корозії для охолоджувальних систем OSM 300. Нарешті вода потрапляє до резервуару очищеної води та направляється для підживлення оборотних систем охолодження.

Утворений у механічному фільтрі осад $Fe(OH)_3\downarrow$ з водою надходить у відстійник, звідки відстояна вода повертається до механічного фільтру, а все інше потрапляє у шламосховище та на фільтр-прес. Залишкова вода у невеликій кількості скидається у каналізацію, а зібраний осад направляється на утилізацію.

Вода після впускування Na^+ катіоніту та промивки катіонообмінного фільтру потрапляє до резервуару та згодом скидається у каналізацію. Відпрацьований реагентний розчин спочатку надходить до відповідного резервуару, а потім – до резервуару, куди подаються Na_2CO_3 та $NaOH$ для утворення осадів з іонами жорсткості ($CaCO_3\downarrow$ та $Mg(OH)_2\downarrow$). Далі все це поступає

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у відстійник, вода з розчином NaCl проходить у фільтр тонкої очистки від Ecosoft для видалення залишків осаду, а утворені $\text{CaCO}_3\downarrow$ та $\text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$ – у шламосховище та на фільтр-прес. Після чого залишкова вода скидається у каналізацію, а осад, у свою чергу, відправляється на утилізацію. Потім вода з розчином NaCl потрапляє до резервуару, куди додатково подаються NaCl та H_2O для розведення та утворення 10%-розчину. Далі цей розчин поступає у витратний бак та, в решті-решт, у катіонообмінний фільтр під час регенерації.

Інгібітор корозії для охолоджувальних систем OSM 300 надходить до витратного баку, куди також поступає вода для утворення 1%-го розчину інгібітора. Потім цей розчин потрапляє у змішувач.

Антикорозійна дія OSM 300 заснована на механізмі утворення щільної пасиваційної плівки по всій металевій поверхні та діє як сильний інгібітор корозії за анодно-катодним типом. Диспергенти, що входять до складу продукту OSM 300, забезпечують високу розчинність комплексів молібдатів та інших важко розчинних солей, рівномірне пасивування та запобігають утворенню вторинних відкладень. [3]

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2.3. Розрахунок матеріального балансу

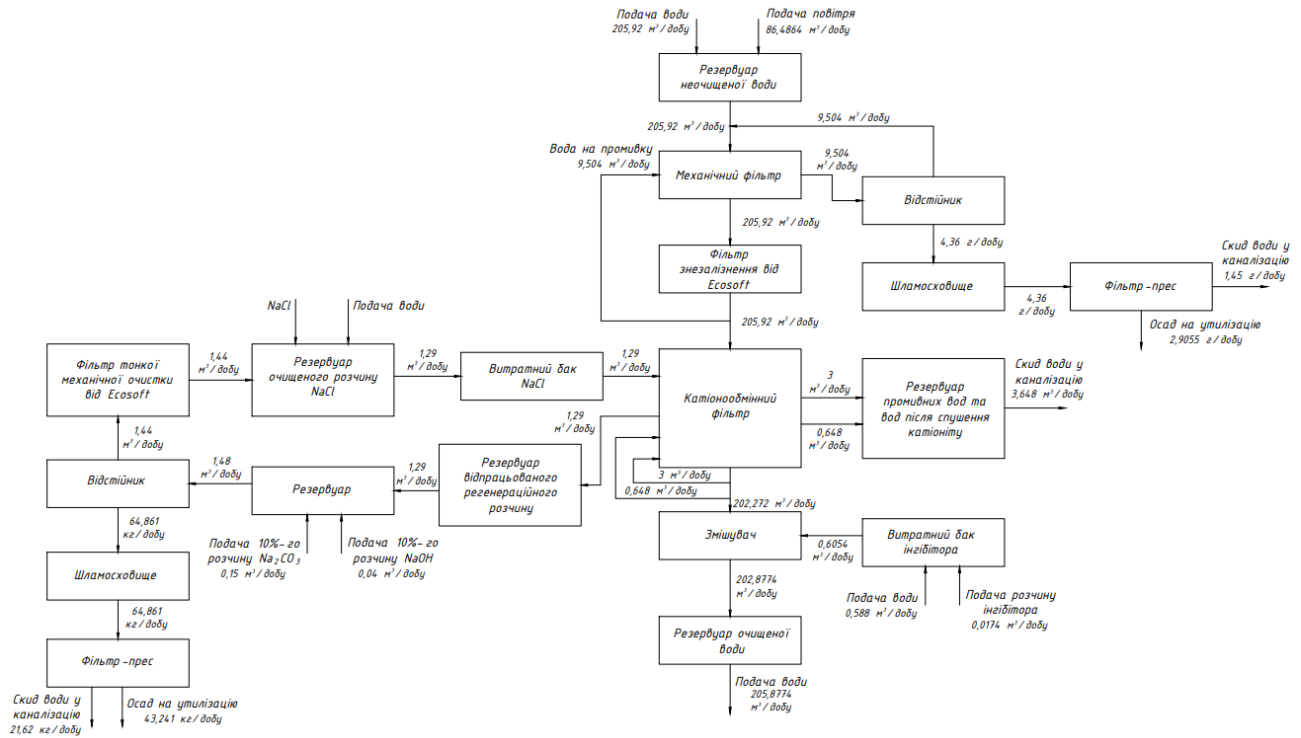


Рисунок 2.2 – Блок-схема матеріального балансу очистки природної води

Таблиця 2.3 – Вихідні дані до розрахунку матеріального балансу

№	Показник	Значення показника
1	Продуктивність станції, м ³ /добу	187,2
2	Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³	5,5
3	Залізо загальне, мг/дм ³	0,21
4	Магній, мг/дм ³	14,6
5	Кальцій, мг/дм ³	86,2

Згідно з БНіП 2.04.02-84 коефіцієнт $\alpha = 1,1$. Тоді повна розрахункова виробнича потужність водоочисної станції, враховуючи витрати води на власні потреби:

$$Q = \alpha \cdot Q_{\text{кор}},$$

де $\alpha = 1,1-1,14$ без повторного використання промивних вод від фільтрів;
 $Q_{\text{кор}}$ – продуктивність станції за добу, м³/добу.

$$Q = 1,1 \cdot 187,2 = 205,92 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

								ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Витрати повітря для окислення іонів Fe^{2+} становлять 2 дм^2 на 1 мг .
Розраховуємо масу заліза:

$$m(Fe_{\text{заг}}) = C_{\text{зал}} \cdot Q,$$

де $C_{\text{зал}}$ – концентрація заліза у воді, $\text{мг}/\text{дм}^3$; Q – повна виробнича потужність станції, $\text{дм}^3/\text{добу}$.

$$m(Fe_{\text{заг}}) = 0,21 \cdot 205920 = 43243,2 \frac{\text{мг}}{\text{добу}}$$

Тоді витрата повітря становить:

$$V_{\text{пов}} = 2 \cdot m(Fe_{\text{заг}}),$$

де $m(Fe_{\text{заг}})$ – добова маса заліза, $\text{мг}/\text{добу}$.

$$V_{\text{пов}} = 2 \cdot 43243,2 = 86486,4 \text{ дм}^3/\text{добу} \text{ або } 86,4864 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрати води на промивання одного механічного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \cdot F_1,$$

де ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтру, $12\text{-}15 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$; F_1 – площа одного фільтру ($F = 0,55 \text{ м}^2$).

$$q_{\text{пром}} = 12 \cdot 0,55 = 6,6 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

Якщо врахувати, що для одного механічного фільтру $t_1 = 0,1 \text{ год} = 6 \text{ хв} = 360 \text{ сек}$, а $n = 2$, тоді на добу на промивання одного фільтру витрачається:

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

де $q_{\text{пром}}$ – витрата води на промивання одного фільтру, $\text{дм}^3/\text{с}$; t_1 – час промивання одного фільтру, с ; n – кількість промивань фільтру, $n = 2$ або 3 .

$$q'_{\text{пром}} = 6,6 \cdot 360 \cdot 2 = 4752 \text{ дм}^3 = 4,752 \text{ м}^3.$$

Для 2 працюючих механічних фільтрів кількість води на промивання складає:

$$q''_{\text{пром}} = q'_{\text{пром}} \cdot 2,$$

де $q'_{\text{пром}}$ – витрата води на промивання одного фільтру на добу, м^3 .

$$q''_{\text{пром}} = 4,752 \cdot 2 = 9,504 \text{ м}^3.$$

Для доочищення води від іонів Fe^{3+} , встановлюємо після механічних фільтрів 12 фільтрів знезалізнення від Ecosoft продуктивністю $\sim 450 \text{ м}^3/\text{год}$.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Частина води з осадом після промивки механічних фільтрів відводиться у відстійник. Маса сухого осаду складає:

$$M_{ос} = \frac{Q_{пром}(C_{зал} - C_{вих}) \cdot M(Fe(OH)_3)}{M(Fe^{3+})},$$

де $Q_{пром}$ – промивні води з механічного фільтру, $дм^3/добу$; $C_{зал}$ – концентрація заліза, $мг/дм^3$, $C_{зал} = 0,21$ $мг/дм^3$; $C_{вих}$ – концентрація заліза у воді після механічного фільтру, $мг/дм^3$, $C_{вих} = 0,05$ $мг/дм^3$; $M(Fe(OH)_3)$ – молярна маса $Fe(OH)_3$, $мг/моль$, 107 $г/моль$; $M(Fe^{3+})$ – молярна маса Fe^{3+} , $мг/моль$, 56 $г/моль$.

$$M_{ос} = \frac{9504 \cdot (0,21 - 0,05) \cdot 107}{56} = 2905,5 \frac{мг}{добу} = 2,9055 \text{ г/добу.}$$

Враховуючи, що вміст води в осаді складає 95%, то розраховуємо масу води:

$$M_{води} = M_{ос} \cdot 0,95,$$

де $M_{ос}$ – маса сухого осаду, $г/добу$.

$$M_{води} = 2905,5 \cdot 0,95 = 2760,225 \frac{мг}{добу} = 2,76 \text{ г/добу.}$$

Тоді загальна маса води та осаду, що потрапляють у відстійник розраховується:

$$M_{заг} = M_{води} + M_{ос},$$

де $M_{води}$ – маса води, що надходить у відстійник, $г/добу$; $M_{ос}$ – маса сухого осаду, $г/добу$.

$$M_{заг} = 2760,225 + 2905,5 = 5665,725 \frac{мг}{добу} = 5,67 \frac{г}{добу}.$$

Враховуючи, що вміст води в осаді, який потрапляє у шламосховище, складає 50%, то розраховуємо масу води, яка йде у шламосховище, а потім скидається у каналізацію:

$$M_{води} = M_{ос} \cdot 0,5,$$

де $M_{ос}$ – маса сухого осаду, $г/добу$.

$$M_{води} = 2905,5 \cdot 0,5 = 1452,75 \frac{мг}{добу} = 1,45 \frac{г}{добу} = 0,00145 \frac{кг}{добу}.$$

Тоді у шламосховище надходить:

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{води}} + M_{\text{ос}},$$

де $M_{\text{води}}$ – маса води, що надходить у шламосховище, г/добу; $M_{\text{ос}}$ – маса сухого осаду, г/добу.

$$M_{\text{заг}} = 1452,75 + 2905,5 = 4358,25 \frac{\text{мг}}{\text{добу}} = 4,36 \frac{\text{г}}{\text{добу}}.$$

На утилізацію з фільтр-пресу йде 2,9055 г/добу $\approx 10,4598 \text{ см}^3/\text{добу}$ осаду.

Якщо враховувати, що 0,00145 дм^3 промивних вод відводяться з осадом та згодом скидаються у каналізацію, то вода, яка надходить на початок схеми перед механічним фільтром: $9504 - 0,00145 - 0,0105 = 9504 \text{ дм}^3$. Тоді на катіонообмінний фільтр поступає: $205,92 - 9,504 + 9,504 = 205,92 \text{ м}^3$.

Робоча ємність іоніту ($\text{г-екв}/\text{м}^3$) визначається за формулою:

$$E_p = \alpha \cdot E_n - K q_n C_n,$$

де α – коефіцієнт, який враховує ефективність (повноту) регенерації іоніту (0,6-0,91); E_n – повна динамічна ємність іоніту, $\text{г-екв}/\text{м}^3$; K – коефіцієнт, який враховує повноту видалення іонів із промивної води, ($K = 0,5$ для катіонітів); q_n – питома втрата води на промивку іоніту, $\text{м}^3/\text{м}^3$ ($q_n = 3-5 \text{ м}^3/\text{м}^3$); C_n – концентрація іонів у промивній воді, $\text{г-екв}/\text{м}^3$.

$$E_p = 0,85 \cdot 1850 - 0,5 \cdot 5 \cdot 0,9 = 1570,25 \text{ г-екв}/\text{м}^3.$$

Об'єм іоніту у фільтрі (м^3) розраховується за формулою:

$$W = \frac{Q \cdot (C_{\text{поч}} - C_{\text{пр}})}{n \cdot E_p},$$

де Q – об'єм води, який знесолюють протягом доби, м^3 ; $C_{\text{поч}}$ – початкова концентрація даного типу іонів у воді, $\text{г-екв}/\text{м}^3$, $C_{\text{поч}} = 5,5 \text{ г-екв}/\text{м}^3$; $C_{\text{пр}}$ – концентрація проскоку даного типу іонів, $\text{г-екв}/\text{м}^3$, $C_{\text{пр}} = 0,9 \text{ г-екв}/\text{м}^3$; n – число регенерацій фільтру протягом доби, $n = 1$.

$$W = \frac{205,92 \cdot (5,5 - 0,9)}{1 \cdot 1570,25} = 0,6 \text{ м}^3.$$

Витрата води на промивку катіонообмінного фільтру:

$$q_{\text{пр}} = 5 \cdot W \cdot n,$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де W – об'єм іоніту у фільтрі, м^3 ; n – число регенерацій фільтру протягом доби.

$$q_{\text{пр}} = 5 \cdot 0,6 \cdot 1 = 3 \text{ м}^3.$$

Витрата реагенту на регенерацію катіонообмінного фільтру в одному циклі визначаємо за формулою:

$$G_p = \frac{W}{10 \cdot m} \cdot E_p \cdot N \cdot q_p,$$

де W – об'єм іоніту у фільтрі, м^3 ; m – концентрація реагенту, %, $m = 10$ %; E_p – робоча ємність іоніту, $\text{г-екв}/\text{м}^3$; N – еквівалентна маса реагенту, г-екв , $N = 58,5$ г-екв ; q_p – питома витрата реагенту на регенерацію іоніту, $\text{г-екв}/\text{г-екв}$, $q_p = 2,5 \cdot 10^{-3}$ $\text{г-екв}/\text{г-екв}$.

$$G_p = \frac{0,6}{10 \cdot 10} \cdot 1570,25 \cdot 58,5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 1,38 \frac{\text{г}}{\text{добу}}.$$

Об'єм хлориду натрію, що витрачається на регенерацію катіонообмінного фільтру:

$$V_{\text{NaCl}} = \frac{G_p}{\rho} \cdot n,$$

де G_p – витрата реагенту на регенерацію фільтру в одному циклі, $\text{г}/\text{добу}$; ρ – густина розчину 10%-го натрій хлориду, $\text{г}/\text{м}^3$; n – число регенерацій фільтру протягом доби.

$$V_{\text{NaCl}} = \frac{1,38}{1,07} \cdot 1 = 1,29 \text{ м}^3.$$

Маса сорбованих іонів Mg^{2+} визначається за формулою:

$$M_{\text{Mg}^{2+}} = Q_{\text{пром}}(C_{\text{поч}} - C_{\text{кін}}),$$

де $Q_{\text{пром}}$ – промивні води, що надходять до катіонообмінного фільтру, $\text{дм}^3/\text{добу}$; $C_{\text{поч}}$ – початкова концентрація іонів магнію, $\text{мг}/\text{дм}^3$, $C_{\text{зал}} = 14,6$ $\text{мг}/\text{дм}^3$; $C_{\text{кін}}$ – кінцева концентрація іонів магнію у воді після катіонообмінного фільтру, $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$, $C_{\text{кін}} = 0,2$ $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$M_{Mg^{2+}} = 205919,9(14,6 - 0,2 \cdot 12) = 2512222,78 \frac{\text{мг}}{\text{добу}} = 2512,22 \frac{\text{г}}{\text{добу}} = 2,51 \text{ кг/добу.}$$

Виходячи з $Mg^{2+} + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + 2Na^+$, визначаємо дозу NaOH, що поступає у змішувач після резервуару відпрацьованого розчину:

$$D_{NaOH} = \frac{M_{Mg^{2+}} \cdot M(NaOH) \cdot 2}{M(Mg^{2+})},$$

де $M_{Mg^{2+}}$ – маса сорбованих іонів Mg^{2+} , г/добу, $M_{Mg^{2+}} = 2512,22$ г/добу; $M(NaOH)$ – молярна маса NaOH, г/моль, $M(NaOH) = 40$ г/моль; $M(Mg^{2+})$ – молярна маса Mg^{2+} , г/моль, $M(Mg^{2+}) = 24$ г/моль.

$$D_{NaOH} = \frac{2512,22 \cdot 40 \cdot 2}{24} = 8374,06 \frac{\text{г}}{\text{добу}} = 8,37 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}.$$

Маса сорбованих іонів Ca^{2+} визначається за формулою:

$$M_{Ca^{2+}} = Q_{\text{пром}}(C_{\text{поч}} - C_{\text{кін}}),$$

де $Q_{\text{пром}}$ – промивні води, що надходять до катіонообмінного фільтру, $\text{дм}^3/\text{добу}$; $C_{\text{поч}}$ – початкова концентрація іонів кальцію, $\text{мг}/\text{дм}^3$, $C_{\text{зал}} = 86,2$ $\text{мг}/\text{дм}^3$ $C_{\text{кін}}$ – кінцева концентрація іонів кальцію у воді після катіонообмінного фільтру, $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$, $C_{\text{кін}} = 0,7$ $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$.

$$M_{Ca^{2+}} = 205919,9(86,2 - 0,7 \cdot 20) = 14867416,78 \frac{\text{мг}}{\text{добу}} = 14867,42 \text{ г/добу} = 14,87 \text{ кг/добу.}$$

Виходячи з $Ca^{2+} + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + 2Na^+$, визначаємо дозу Na_2CO_3 , що поступає у змішувач після резервуару відпрацьованого розчину:

$$D_{Na_2CO_3} = \frac{M_{Ca^{2+}} \cdot M(Na_2CO_3)}{M(Ca^{2+})},$$

де $M_{Ca^{2+}}$ – маса сорбованих іонів Ca^{2+} , г/добу, $M_{Ca^{2+}} = 14867,42$ г/добу; $M(Na_2CO_3)$ – молярна маса Na_2CO_3 , г/моль, $M(Na_2CO_3) = 106$ г/моль; $M(Ca^{2+})$ – молярна маса Ca^{2+} , г/моль, $M(Ca^{2+}) = 40$ г/моль.

$$D_{Na_2CO_3} = \frac{14867,42 \cdot 106}{40} = 39398,663 \frac{\text{г}}{\text{добу}} = 39,4 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}.$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення кількості води для утворення 10%-го розчину NaOH у змішувачі:

$$M_{\text{води}} = \frac{D_{\text{NaOH}} \cdot 90}{10},$$

де D_{NaOH} – доза лугу, що поступає у змішувач, на добу, кг/добу.

$$M_{\text{води}} = \frac{8,37 \cdot 90}{10} = 75,33 \text{ кг/добу.}$$

Визначення витрати води для утворення 10%-го розчину Na_2CO_3 у змішувачі:

$$M'_{\text{води}} = \frac{D_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot 90}{10},$$

де $D_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ – доза соди, що поступає у змішувач, на добу, кг/добу.

$$M'_{\text{води}} = \frac{39,4 \cdot 90}{10} = 354,6 \text{ кг/добу.}$$

Розраховуємо об'єм 10%-го розчину NaOH, що направляється у змішувач, за формулою:

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{M_{\text{води}} + D_{\text{NaOH}}}{\rho_{\text{води}} + \rho_{\text{NaOH}}},$$

де $M_{\text{води}}$ – маса води для утворення 10%-го розчину NaOH у змішувачі, кг/добу; D_{NaOH} – доза лугу, що поступає у змішувач, кг/добу; $\rho_{\text{води}}$ – густина води, кг/м³, $\rho_{\text{води}} = 100 \text{ кг/м}^3$; ρ_{NaOH} – густина лугу, кг/м³, $\rho_{\text{NaOH}} = 2130 \text{ кг/м}^3$.

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{75,33 + 8,37}{100 + 2130} = 0,04 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}.$$

Розраховуємо об'єм 10%-го розчину Na_2CO_3 , що направляється у змішувач, за формулою:

$$V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{M'_{\text{води}} + D_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{\rho_{\text{води}} + \rho_{\text{Na}_2\text{CO}_3}},$$

де $M'_{\text{води}}$ – маса води для утворення 10%-го розчину Na_2CO_3 у змішувачі, кг/добу; $D_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ – доза соди, що поступає у змішувач, кг/добу; $\rho_{\text{води}}$ – густина води, кг/м³, $\rho_{\text{води}} = 100 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ – густина соди, кг/м³, $\rho_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 2540 \text{ кг/м}^3$.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{354,6 + 39,4}{100 + 2540} = 0,15 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Загальний об'єм розчинів, що подаються у змішувач:

$$V_p = V_{\text{NaOH}} + V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + V_{\text{NaCl}}$$

де V_{NaOH} – об'єм 10%-го розчину NaOH, що направляється у змішувач, м³/добу; $V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ – об'єм 10%-го розчину Na₂CO₃, що направляється у змішувач, м³/добу; V_{NaCl} – об'єм хлориду натрію, що витрачається на регенерацію катіонообмінного фільтру, м³/добу.

$$V_p = 0,04 + 0,15 + 1,29 = 1,48 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Маса сухого осаду CaCO₃ у розчині визначається за формулою:

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{M_{\text{Ca}^{2+}} \cdot M_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{Ca}}}$$

де $M_{\text{Ca}^{2+}}$ – маса сорбованих іонів Ca²⁺, г/добу, $M_{\text{Ca}^{2+}} = 14867,42$ г/добу; M_{CaCO_3} – молекулярна маса CaCO₃, г/моль, $M_{\text{CaCO}_3} = 100$ г/моль; M_{Ca} – молярна маса Ca²⁺, г/моль, $M_{\text{Ca}} = 40$ г/моль.

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{14,87 \cdot 100}{40} = 37,175 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}$$

Маса сухого осаду Mg(OH)₂ у розчині визначається за формулою:

$$m_{\text{Mg(OH)}_2} = \frac{M_{\text{Mg}^{2+}} \cdot M_{\text{Mg(OH)}_2}}{M_{\text{Mg}}}$$

де $M_{\text{Mg}^{2+}}$ – маса сорбованих іонів Mg²⁺, г/добу, $M_{\text{Mg}^{2+}} = 2512,22$ г/добу; $M_{\text{Mg(OH)}_2}$ – молекулярна маса Mg(OH)₂, г/моль, $M_{\text{Mg(OH)}_2} = 58$ г/моль; M_{Mg} – молярна маса Mg²⁺, г/моль, $M_{\text{Mg}} = 24$ г/моль.

$$m_{\text{Mg(OH)}_2} = \frac{2,51 \cdot 58}{24} = 6,066 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}$$

Частина розчину з осадом після регенерації катіонообмінного фільтру відводиться у відстійник. Загальна маса сухого осаду складає:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{CaCO}_3} + m_{\text{Mg(OH)}_2}$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m_{CaCO_3} – маса осаду $CaCO_3$, кг/добу; $m_{Mg(OH)_2}$ – маса осаду $Mg(OH)_2$, кг/добу.

$$m_{заг} = 37,175 + 6,066 = 43,241 \text{ кг/добу.}$$

Враховуючи, що вміст води в осаді складає 95%, то розраховуємо масу води:

$$M_{води} = m_{заг} \cdot 0,95,$$

де $m_{заг}$ – загальна маса сухого осаду, кг/добу.

$$M_{води} = 43,241 \cdot 0,95 = 41,08 \text{ кг/добу.}$$

Тоді загальна маса води та осаду, що потрапляють у відстійник після змішувача розраховується:

$$M_{заг} = M_{води} + m_{заг},$$

де $M_{води}$ – маса води, що надходить у відстійник після змішувача, кг/добу;
 $m_{заг}$ – загальна маса сухого осаду, кг/добу.

$$M_{заг} = 41,08 + 43,241 = 84,321 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}$$

Враховуючи, що вміст води в осаді, який потрапляє у шламосховище, складає 50%, то розраховуємо масу води, яка йде у шламосховище, а потім скидається у каналізацію:

$$M_{води} = m_{заг} \cdot 0,5,$$

де $m_{заг}$ – загальна маса сухого осаду, кг/добу.

$$M_{води} = 43,241 \cdot 0,5 = 21,62 \frac{\text{кг}}{\text{добу}} \approx 0,0216 \text{ м}^3.$$

Тоді у шламосховище надходить:

$$M_{заг} = M_{води} + m_{заг},$$

де $M_{води}$ – маса води, що надходить у шламосховище, кг/добу; $m_{заг}$ – загальна маса сухого осаду, кг/добу.

$$M_{заг} = 21,62 + 43,241 = 64,861 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}$$

На утилізацію з фільтр-пресу йде 43,241 кг/добу осаду. Тобто 0,0163 м³ осаду.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усього з витратного баку у резервуар змішувач подається розчину: $0,588 + 0,0174 = 0,6054$ м³/добу.

Отже, у резервуар очищеної води поступає: $202,272 + 0,6054 = 202,8774$ м³/добу.

Таблиця 2.4 – Результати матеріального балансу

№	Показник	Значення показника
1	2	3
1	Повна виробнича потужність станції, м ³ /добу	205,92
2	Подача повітря у резервуар, м ³ /добу	86,4864
3	Вода, яка йде на промивку механічного фільтру, м ³ /добу	9,504
4	Вода, що поступає у шламосховище після промивки механічного фільтру, м ³ /добу	9,504
5	Маса шламу, що перекачується в шламосховище, г/добу	4,36
6	Вода, що повертається з відстійника до механічного фільтру, м ³ /добу	9,5039
7	Маса води, що скидається у каналізацію після фільтр-пресу, г/добу	1,45
8	Маса фільтрату, що йде на утилізацію після фільтр-пресу, г/добу	2,9055
9	Вода, що поступає у фільтр знезалізнення від Ecosoft, м ³ /добу	205,92
10	Вода, що поступає у катіонообмінний фільтр, м ³ /добу	205,92
11	Вода, яка йде на промивку катіонообмінного фільтру, м ³ /добу	3

1	2	3
28	Концентрація інгібітора у витратному баку, %	1
29	Маса інгібітора, що поступає у витратний бак, кг/добу	12
30	Маса води, що йде у витратний бак, кг/добу	588
31	Розчин інгібітора корозії, що поступає у резервуар змішувач, м ³ /добу	0,6054
32	Об'єм води, що йде у резервуар очищеної води, м ³ /добу	202,8773
33	Подача очищеної води, м ³ /добу	202,8773

2.4. Теоретичні дані про хімічні, фізичні та біологічні процеси, що реалізуються в технологічній схемі

Основні процеси, що реалізуються у даній технологічній схемі – це окиснення, фільтрування, відстоювання, іонний обмін та осадження.

Фільтрування – це метод очищення зважених твердих частинок шляхом пропускання води через пористі матеріали. В якості такого матеріалу можуть використовуватися різні завантаження: кварцовий пісок, подрібнений керамзит і антрацит. Також фільтруючим матеріалом може слугувати спеціальна тканина, керамічні та скляні пористі перегородки, синтетичні полімерні мембрани. Описана технологічна схема передбачає затримання осаду з іонами заліза на механічному фільтрі. Забруднення збирається тонким шаром на поверхні фільтруючого гранульованого завантаження або іншого матеріалу. Цей спосіб застосовується тоді, коли пори фільтруючого матеріалу менше розміру зважених частинок або коли фільтрація проходить через наливний шар.

Процес відстоювання є методом механічного очищення рідини від зважених часток шляхом осадження їх під дією сили тяжіння. Сутність процесу полягає в тому, що забруднена рідина залишається нерухомою в спеціальному резервуарі (відстійнику) протягом певного часу, що дозволяє часткам з більшою густиною

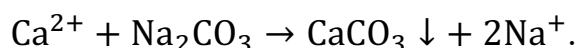
					<i>ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

осідати на дно, а легші домішки, такі як масла та інші плаваючі речовини, підніматися на поверхню. У даній технологічній схемі відбувається процес осадження $\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ після промивки механічного фільтру, а також осадження $\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ та $\text{CaCO}_3 \downarrow$ після регенерації катіонообмінного фільтру.

Процес окиснення є хімічною реакцією, при якій атом або молекула втрачає електрони, збільшуючи свій ступінь окиснення. Цей процес часто відбувається одночасно з відновленням, під час якого інша речовина приймає електрони, що називається редокс-реакцією (окисно-відновлювальною реакцією). У випадку цієї технологічної схеми відбувається процес окиснення іонів заліза Fe^{2+} до Fe^{3+} за допомогою кисню:



Реакція між іонами в розчині призводить до утворення малорозчинних сполук, які згодом випадають в осад. Таким чином відбувається процес хімічного осадження. На нього впливають температура, концентрація, рН розчину та присутність комплексоутворювачів. Дана технологічна схема передбачає осадження іонів жорсткості (Ca^{2+} та Mg^{2+}) через реакцію з Na_2CO_3 та NaOH у змішувачі після резервуару відпрацьованого регенераційного розчину:

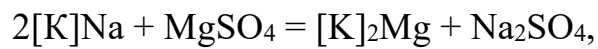
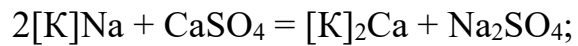
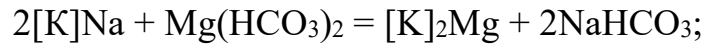
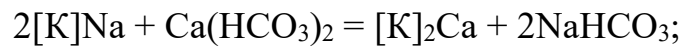


Іонний обмін — це процес, у якому іони з розчину (протиіони) замінюються на іони з нерозчинного матеріалу, званого іонообмінником. Цей процес використовується для очищення, розділення і пом'якшення води, а також у різних хімічних технологіях. Іонообмінник, який може бути як природним (наприклад, цеоліти), так і синтетичним (наприклад, іонообмінні смоли), містить мобільні іони, які обмінюються на іони з розчину, проходячи через матеріал. В даному випадку протиіоном виступає катіон Na^+ , який витісняє катіони кальцію та магнію з води, таким чином забезпечуючи її пом'якшення.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Основним недоліком одноступінчастого Na^+ катіонування є те, що цей спосіб не дозволяє глибоко пом'якшити воду при досить високій витраті солі на регенерацію та не повній реалізації ємності всього фільтру.

В ході існуючого у технологічній схемі одноступеневого натрійкатіонного пом'якшення води, жорсткість знижується до $\sim 0,9$ г-екв/м³ і відтворюються наступні реакції:



де $[\text{K}]$ – нерозчинна матриця полімеру.

					<i>ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

3.1. Розрахунок резервуарів, у які подається повітря

Час перебування води в резервуарах – 10 хв або 0,1667 год. Для невеликої продуктивності та за потребами технологічної схеми візьмемо 1 резервуар.

Загальний об'єм резервуарів розраховуємо за формулою:

$$V = q \cdot t,$$

де q – об'єм води, що поступає у резервуар, м³/год, $q = 8,58$ м³/год; t – час перебування води у резервуарі, год.

$$V = 8,58 \cdot 0,1667 = 1,43 \text{ м}^3.$$

Місткість одного резервуару складає:

$$V_p = \frac{V}{N},$$

де V – загальний об'єм резервуарів, м³; N – кількість резервуарів.

$$V_p = \frac{1,43}{1} = 1,43 \text{ м}^3.$$

Висоту одного резервуару приймаємо $H = 1$ м.

Площа одного резервуару становить:

$$F = \frac{V_p}{H},$$

де V_p – місткість одного резервуару, м³; H – висота одного резервуару, м.

$$F = \frac{1,43}{1} = 1,43 \text{ м}^2.$$

Приймаємо ширину одного резервуару: $B = 1,2$ м.

Тоді довжина резервуару розраховується:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа одного резервуару, м²; B – ширина одного резервуару, м.

$$L = \frac{1,43}{1,2} = 1,19 \text{ м}.$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Таким чином було розраховано основні габарити резервуару, у який поступає забруднена вода та повітря, що становлять 1190x1200x1000 мм.

3.2. Розрахунок механічного фільтру

Приймаємо одношаровий механічний фільтр із подрібненого керамзиту.

Таблиця 3.1 – Характеристики механічного одношарового фільтру із подрібненого керамзиту

Характер фільтруючого шару		Швидкість фільтрування, м/год, за режиму		Інтенсивність промивання, л/(с·м ²)		Терміни промивання t ₁ , хв	Відносне розширення завантаження, %
діаметр зерен, мм	висота шару, м	нормального	форсованого	водяного	повітряного		
0,7-1,6	1,3-1,5	7-9,5	8,5-11,5	12-15	-	7-6	30

Площа фільтрування, м², розраховується за формулою:

$$F = \frac{Q}{T \cdot V_H - 3,6\omega \cdot t_1 \cdot n - t_2 \cdot V_H \cdot n'}$$

де Q – об'єм води, який фільтрується за добу, м³; T – час роботи станції протягом доби, T = 24 год; V_H – швидкість фільтрування, V_H = 7-9,5 м/год; ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, ω = 12-15 дм³/с·м²; t₁ – час промивання фільтру, t₁ = 0,1 год; n – число промивань фільтру, n = 2 або 3; t₂ – час простою фільтрів у зв'язку з промивкою: при водній промивці t₂ = 0,33 год, при водоповітряній t₂ = 0,5 год.

$$F = \frac{205,92}{24 \cdot 8,5 - 2 \cdot 3,6 \cdot 12 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,33 \cdot 8,5} = 1,085 \text{ м}^2.$$

										Арк.
										34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ					

Коли витрата води $< 1600 \text{ м}^3/\text{добу}$, то кількість фільтрів $N > 4$, тобто візьмемо 5 механічних фільтрів, 2 з яких будуть запасними на промивку та 1 – на ремонт.

Площа одного фільтра:

$$F_1 = \frac{F}{n},$$

де F – площа фільтрування, м^2 ; n – кількість працюючих фільтрів, $n = 2$.

$$F_1 = \frac{1,085}{2} \approx 0,55 \text{ м}^2.$$

Загальна висота фільтру:

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

де $H_{\text{п.з}}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{\text{п.з}} = 0,7 \text{ м}$; $H_{\text{ф.з}}$ – фільтруюче завантаження, $H_{\text{ф.з}} = 1,5 \text{ м}$; $H_{\text{в}}$ – висота шару води, $H_{\text{в}} \sim 2 \text{ м}$; $H_{\text{д}}$ – додатковий рівень води, що створюється при відключенні одного з фільтрів на промивку, м , $H_{\text{д}} = 0$ (оскільки при відключенні одного фільтру на промивку, включиться резервний); $h_{\text{б}}$ – будівельний запас висоти, $h_{\text{б}} = 0,3-0,5 \text{ м}$.

$$H = 0,7 + 1,5 + 2 + 0 + 0,5 = 4,7 \text{ м}.$$

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

$$q_{\text{к}} = F_1 \omega \cdot 10^{-3},$$

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

$$q_{\text{к}} = 0,55 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = \frac{0,0066 \text{ м}^3}{\text{с}}.$$

Далі розраховуємо площу перерізу колектора, м^2 :

$$f_{\text{к}} = \frac{q_{\text{к}}}{V_{\text{к}}},$$

де $q_{\text{к}}$ – витрата води у колекторі при промивці, $\text{м}^3/\text{с}$; $V_{\text{к}}$ – швидкість руху води в колекторі при промивці, $\text{м}/\text{с}$, $V_{\text{к}} = 0,8-1,2 \text{ м}/\text{с}$.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$f_k = \frac{0,0066}{0,8} = 0,00825 \text{ м}^2.$$

Діаметр колектора, м, розраховують за формулою:

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

де f_k – площа перерізу колектора, м^2 .

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{0,00825}{\pi}} = 0,1 \text{ м.}$$

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

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

де q_k – витрата води у колекторі при промивці, $\text{м}^3/\text{с}$; n – число відгалужень при односторонньому розміщенні.

$$q_v = \frac{0,0066}{1} = 0,0066 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Число відгалужень при односторонньому розміщенні буде:

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

де B – загальна ширина фільтру, м, $B = 0,84$ м; l – відстань між відгалуженнями, м, $l = 250$ мм.

$$n = \frac{0,84 \cdot 10^3}{250} \approx 4.$$

Площа перерізу відгалуження, м^2 :

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

де q_v – витрата води у відгалуженнях, $\text{м}^3/\text{с}$; V_v – швидкість руху води у відгалуженні, $\text{м}/\text{с}$, $V_v = 1,6-2$ $\text{м}/\text{с}$.

$$f_v = \frac{0,0066}{1,6} = 0,004 \text{ м}^2.$$

Діаметр відгалуження, м:

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

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

де f_B – площа перерізу відгалуження, м²;

$$d_B = 2 \sqrt{\frac{0,004}{\pi}} = 0,07 \text{ м.}$$

У відгалуженнях повинні бути отвори, розміщені в шаховому порядку під кутом 45° у нижній частині труби. Загальна площа отворів дорівнює 0,25-0,5 % від площі всього фільтру.

Жолоби для збору промивної води розміщені на відстані не більше 2,2 м. Жолоби розраховуються за витратою води на промивання.

Витрата води в одному жолобі:

$$q_{ж} = \frac{q_k}{n_{ж}},$$

де q_k – витрата води у колекторі при промивці, м³/с; $n_{ж}$ – кількість жолобів, $n_{ж} = 2$.

$$q_{ж} = \frac{0,0066}{2} = \frac{0,0033 \text{ м}^3}{\text{с}}.$$

3.3. Розрахунок водоворотної камери пластівцеутворення після промивки механічного фільтру

Розрахунок площі отвору, м², насадки водоворотної камери пластівцеутворення визначається за витратою води та швидкістю виливання води:

$$f_0 = \frac{q_1}{3600 \cdot 2V_H},$$

де q_1 – витрата води в одній камері, м³/год; V_H – швидкість виливання води з насадки (2-3 м/с).

$$f_0 = \frac{0,396}{3600 \cdot 2 \cdot 2} = 0,275 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Діаметр отвору насадки, м, розраховується за формулою:

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де f_0 – площа отвору насадки водоворотної камери пластівцеутворення, м^2 .

$$d_{\text{отв}} = 2 \sqrt{\frac{0,275 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,003 \text{ м.}$$

Площа перерізу камери, м^2 визначається за формулою:

$$f_K = \frac{qt}{60N_K H_K},$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; t – час перебування води в камері (15-20 хв); N_K – число камер, $N_K = 1$; H_K – висота камери, м.

$$f_K = \frac{0,396 \cdot 20}{60 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,9} = 0,24 \text{ м}^2.$$

Діаметр камери, м, визначають виходячи з площі перерізу камери:

$$D_K = 2 \sqrt{\frac{f_K}{\pi}},$$

де f_K – площа перерізу камери, м^2 .

$$D_K = 2 \sqrt{\frac{0,24}{3,14}} = 0,55 \text{ м.}$$

Гідравлічний опір при виливанні води з насадок визначають за швидкістю виливання води з насадки, V_H :

$$h = \lambda \frac{V_H^2}{2g},$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя, $\lambda = 1,118$; V_H – швидкість виливання води з насадки (2-3 м/с); g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$, $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

$$h = 1,118 \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,23 \text{ м.}$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

3.4. Розрахунок вертикального відстійника після промивки механічного фільтру

Вода з промивки механічного фільтру йде у вертикальний відстійник. Площа зони відстоювання, м²:

$$F_1 = \frac{q\beta}{3,6VN},$$

де q – витрата води, м³/год; β – коефіцієнт, який враховує повноту використання об'єму відстійника (зниження ефективності відстоювання за рахунок вертикального руху води); $\beta = 1,3$ при $D/H = 1$ або $B/H = 1$, $\beta = 1,5$ при $D/H = 1,5$ або $B/H = 1,5$; D – діаметр відстійника, круглого в плані; B – ширина відстійника, квадратного в плані; H – висота відстійника; V – швидкість підйому води, ($V < U_0$), мм/с; U_0 – швидкість висадження осаду, 0,08-0,6 мм/с; N – число відстійників, $N = 1$.

$$F_1 = \frac{0,396 \cdot 1,5}{3,6 \cdot 0,5 \cdot 1} = 0,33 \text{ м}^2.$$

Загальна площа перерізу відстійника розраховується за формулою:

$$F = F_{з.в.} + f_k,$$

де $F_{з.в.}$ – площа зони відстоювання, м²; f_k – площа перерізу камери пластівцеутворення.

$$F = 0,33 + 0,004 = 0,334 \text{ м}^2.$$

Ширину квадратного відстійника визначають за формулою:

$$B = \sqrt{F},$$

де F – загальна площа перерізу відстійника, м².

$$B = \sqrt{0,334} = 0,58 \text{ м}.$$

Відношення B/H не повинно виходити за межі 1-1,5, значить задаємо висоту відстійника $H = 0,6$ м.

Для того, щоб розрахувати об'єм зони накопичення осаду, необхідно визначити висоту нижньої пірамідальної частини квадратного відстійника. Саме ця нижня частина є зоною накопичення і ущільнення осаду.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Висоту нижньої частини розраховують з ширини верхньої частини і діаметру патрубку для відведення осаду:

$$h_{\text{н.ч.}} = \frac{B - d}{2 \operatorname{tg}(90 - \beta')}$$

де B – ширина квадратного відстійника, м; d – діаметр патрубка для відведення осаду, м, $d = 0,25$ м; β' – кут нахилу стінок нижньої частини, град, $\beta' = 50-55^\circ$.

$$h_{\text{н.ч.}} = \frac{0,58 - 0,25}{2 \cdot \operatorname{tg}(35)} = 0,35 \text{ м.}$$

Площа перерізу патрубка для відведення осаду, м^2 :

$$f' = \frac{\pi d^2}{4},$$

де d – діаметр патрубка для відведення осаду, м, $d = 0,25$ м.

$$f' = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} = 0,049 \text{ м}^2.$$

Об'єм зони накопичення осаду, м^3 :

$$W = \frac{1}{3} h_{\text{н.ч.}} (F + f' + \sqrt{Ff'}),$$

де $h_{\text{н.ч.}}$ – висота нижньої пірамідальної частини квадратного відстійника, м.
 F – загальна площа перерізу відстійника, м^2 ; f' – площа перерізу патрубка для відведення осаду, м^2 .

$$W = \frac{1}{3} \cdot 0,35 (0,334 + 0,049 + \sqrt{0,334 \cdot 0,049}) = 0,06 \text{ м}^3.$$

Час накопичення осаду, год:

$$T = \frac{WN\delta}{q(C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}})},$$

де W – об'єм зони накопичення осаду одного відстійника, м^3 ; N – число відстійників; δ – концентрація твердої фази в осаді, $9000-300000 \text{ мг/дм}^3$; q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; $C_{\text{вх}}$ – концентрація заліза, мг/дм^3 , $C_{\text{вх}} = 0,21 \text{ мг/дм}^3$ $C_{\text{вих}}$ – концентрація заліза у воді після механічного фільтру, мг/дм^3 , $C_{\text{вих}} = 0,05 \text{ мг/дм}^3$.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \frac{0,06 \cdot 1 \cdot 12000}{0,396 \cdot (0,21 - 0,05)} = 11363,63 \text{ год.}$$

3.5. Розрахунок шламосховища після відстійника

Об'єм сухого шламу, що надходить у шламосховище:

$$W_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{ш}}}{\delta},$$

де $M_{\text{ш}}$ – маса шламу, що надходить у шламосховище, мг; δ – концентрація твердої фази в осаді, 12000 мг/дм³.

$$W_{\text{ш}} = \frac{2905,5}{12000} = 0,24 \text{ дм}^3/\text{добу.}$$

Об'єм шламу, що перекачується в шламосховище, потрібно визначати, враховуючи коефіцієнт розчинення осаду, за його транспортування, що дорівнює 1,5 (при гідравлічному транспортуванні шламу):

$$W = 1,5 \cdot W_{\text{ш}},$$

де $W_{\text{ш}}$ – об'єм сухого шламу, що надходить у шламосховище, дм³/добу.

$$W = 1,5 \cdot 0,24 = 0,36 \text{ дм}^3/\text{добу.}$$

Об'єм шламосховища розраховують у відповідності з часом перебування осаду в ньому, м³:

$$V = W \cdot t,$$

де W – об'єм шламу, що перекачується у шламосховище, м³; t – час перебування осаду у шламосховищі, год, $t = 720$ год.

$$V = 0,000015 \cdot 720 = 0,0108 \text{ м}^3.$$

Висоту шламосховища приймаємо $H = 0,2$ м.

Площа шламосховища, м²:

$$F = \frac{V}{H},$$

де V – об'єм шламосховища, м³; H – висота шламосховища, м.

$$F = \frac{0,0108}{0,2} = 0,054 \text{ м}^2.$$

Тоді ширина шламосховища: $B = 0,054$ м.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина шламосховища:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа шламосховища, м²; B – ширина шламосховища, м.

$$L = \frac{0,054}{0,054} = 1 \text{ м.}$$

Основні габарити шламосховища становлять 1000x54x200 мм.

3.6. Розрахунок фільтр-пресу після шламосховища

Об'єм фільтр-пресу розраховують у відповідності з часом перебування осаду в ньому, м³:

$$V = W \cdot t,$$

де W – об'єм осаду, що перекачується у фільтр-прес, м³; t – час перебування осаду у фільтр-пресі, год, t = 720 год.

$$V = 0,000015 \cdot 720 = 0,0108 \text{ м}^3.$$

Висоту фільтр-пресу приймаємо як H = 0,2 м.

Площа фільтр-пресу:

$$F = \frac{V}{H},$$

де V – об'єм фільтр-пресу, м³; H – висота фільтр-пресу, м.

$$F = \frac{0,0108}{0,2} = 0,054 \text{ м}^2.$$

Тоді ширина фільтр-пресу: B = 0,054 м.

Довжина фільтр-пресу, м:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа фільтр-пресу, м²; B – ширина фільтр-пресу, м.

$$L = \frac{0,054}{0,054} = 1 \text{ м.}$$

Основні габарити фільтр-пресу становлять 1000x54x200 мм.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

3.7. Розрахунок катіонообмінного фільтру

Приймаємо катіонообмінний фільтр КУ-2-8.

Таблиця 3.2 – Характеристики катіонообмінного фільтру КУ-2-8

Марка фільтру	Розмір гранул іоніту, мм	Вміст, %		Насипна густина товарного іоніту, т/м ³	Питомий об'єм набряклого іоніту, м ³ /т
		Робочої фракції	Вологи		
КУ-2-8	0,315-1,25	93	40-60	0,72-0,8	2,9

Площу катіонітового фільтру розраховуємо за формулою:

$$F = \frac{W}{H_k},$$

де W – об'єм іоніту у фільтрах, м³; H_k – висота шару катіоніту, м, $H_k = 1$ м.

Оскільки співвідношення діаметру катіонообмінного фільтру до висоти 0,5:1, то діаметр фільтру буде 0,5 м.

$$F = \frac{0,6}{1} = 0,6 \text{ м}^2.$$

3.8. Розрахунок резервуару промивних вод та вод після спушення катіоніту

Об'єм резервуару розраховуємо за формулою:

$$V = q \cdot t,$$

де q – об'єм води, що поступає у резервуар, м³/год, $q = 0,152$ м³/год; t – час перебування води у резервуарі, год, $t = 0,1667$ год.

$$V = 0,152 \cdot 0,1667 = 0,025 \text{ м}^3.$$

Місткість резервуару розраховується за формулою:

$$V_p = \frac{V}{N},$$

де V – об'єм резервуарів, м³; N – кількість резервуарів.

$$V_p = \frac{0,025}{1} = 0,025 \text{ м}^3.$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Висоту резервуару приймаємо $H = 0,05$ м.

Площа резервуару становить:

$$F = \frac{V_p}{H},$$

де V_p – місткість резервуару, м^3 ; H – висота резервуару, м.

$$F = \frac{0,025}{0,05} = 0,5 \text{ м}^2.$$

Приймаємо ширину резервуару: $B = 0,5$ м.

Тоді довжина резервуару розраховується:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа резервуару, м^2 ; B – ширина резервуару, м.

$$L = \frac{0,5}{0,5} = 1 \text{ м.}$$

Таким чином було розраховано основні габарити резервуару, у який поступають води після спущення катіоніту та після промивки катіонообмінного фільтру, що становить $1000 \times 500 \times 50$ мм.

3.9. Розрахунок резервуару відпрацьованого реагентного розчину та витратного баку реагентного розчину

Об'єм резервуарів розраховуємо за формулою:

$$V = q \cdot t,$$

де q – об'єм води, що поступає у резервуари, $\text{м}^3/\text{год}$, $q = 0,05 \text{ м}^3/\text{год}$; t – час перебування води у резервуарах, год, $t = 0,1667$ год.

$$V = 0,05 \cdot 0,1667 = 0,009 \text{ м}^3.$$

Місткість резервуарів розраховується за формулою:

$$V_p = \frac{V}{N},$$

де V – об'єм резервуарів, м^3 ; N – кількість резервуарів, $N = 1$ (тобто один витратний бак та один резервуар відпрацьованого розчину).

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$V_p = \frac{0,009}{1} = 0,009 \text{ м}^3.$$

Висоту одного резервуару приймаємо: $H = 0,05 \text{ м}$.

Площа одного резервуару становить:

$$F = \frac{V_p}{H},$$

де V_p – місткість резервуарів, м^3 ; H – висота резервуарів, м .

$$F = \frac{0,009}{0,05} = 0,18 \text{ м}^2.$$

Приймаємо ширину резервуарів: $B = 0,18 \text{ м}$.

Тоді довжина одного резервуару розраховується:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа одного резервуару, м^2 ; B – ширина одного резервуару, м .

$$L = \frac{0,18}{0,18} = 1 \text{ м}.$$

Таким чином було розраховано основні габарити резервуару відпрацьованого реагентного розчину та витратного баку реагенту на відновлення катіоніту, що становлять 1000x180x50 мм.

3.10. Розрахунок резервуару, куди подаються розчини лугу та соди

Об'єм резервуару розраховуємо за формулою:

$$V = q \cdot t,$$

де q – об'єм води, що поступає у резервуар, $\text{м}^3/\text{год}$, $q = 0,06 \text{ м}^3/\text{год}$; t – час перебування води у резервуарі, год , $t = 0,5 \text{ год}$.

$$V = 0,06 \cdot 0,5 = 0,03 \text{ м}^3.$$

Місткість резервуару розраховується за формулою:

$$V_p = \frac{V}{N},$$

де V – об'єм резервуару, м^3 ; N – кількість резервуарів, $N = 1$.

$$V_p = \frac{0,03}{1} = 0,03 \text{ м}^3.$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Висоту резервуару приймаємо: $H = 0,05$ м.

Площа резервуару становить:

$$F = \frac{V_p}{H},$$

де V_p – місткість резервуару, m^3 ; H – висота резервуару, м.

$$F = \frac{0,03}{0,05} = 0,6 \text{ м}^2.$$

Приймаємо ширину резервуарів: $B = 0,6$ м.

Тоді довжина резервуару розраховується:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа одного резервуару, m^2 ; B – ширина одного резервуару, м.

$$L = \frac{0,06}{0,06} = 1 \text{ м.}$$

Таким чином було розраховано основні габарити резервуару, у який поступають розчини лугу та соди, що становлять $1000 \times 600 \times 50$ мм.

3.11. Розрахунок водоворотної камери пластівцеутворення після резервуару

Розрахунок площі отвору насадки водоворотної камери пластівцеутворення визначається за витратою води та швидкістю виливання води:

$$f_0 = \frac{q_1}{3600 \cdot 2V_H},$$

де q_1 – витрата води в одній камері, $m^3/\text{год}$; V_H – швидкість виливання води з насадки (2-3 м/с).

$$f_0 = \frac{0,0616}{3600 \cdot 2 \cdot 2} = 4,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Діаметр отвору насадки розраховується за формулою:

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

де f_0 – площа отвору насадки водоворотної камери пластівцеутворення, m^2 .

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$d_{\text{отв}} = 2 \sqrt{\frac{4,28 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 0,002 \text{ м.}$$

Площа перерізу камери, м^2 визначається за формулою:

$$f_{\text{к}} = \frac{qt}{60N_{\text{к}}H_{\text{к}}},$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; t – час перебування води в камері (15-20 хв); $N_{\text{к}}$ – число камер, $N_{\text{к}} = 1$; $H_{\text{к}}$ – висота камери, м.

$$f_{\text{к}} = \frac{0,0616 \cdot 20}{60 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 0,9} = 0,08 \text{ м}^2.$$

Діаметр камери визначають виходячи з площі перерізу камери:

$$D_{\text{к}} = 2 \sqrt{\frac{f_{\text{к}}}{\pi}},$$

де $f_{\text{к}}$ – площа перерізу камери, м^2 .

$$D_{\text{к}} = 2 \sqrt{\frac{0,08}{3,14}} = 0,32 \text{ м.}$$

Гідравлічний опір при виливанні води з насадок визначають за швидкістю виливання води з насадки, $V_{\text{н}}$:

$$h = \lambda \frac{V_{\text{н}}^2}{2g},$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя, $\lambda = 1,118$; $V_{\text{н}}$ – швидкість виливання води з насадки (2-3 м/с); g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$, $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

$$h = 1,118 \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,23 \text{ м.}$$

3.12. Розрахунок вертикального відстійника після резервуару

Вода з резервуару йде у вертикальний відстійник. Площа зони відстоювання:

$$F_1 = \frac{q\beta}{3,6VN},$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; β – коефіцієнт, який враховує повноту використання об'єму відстійника (зниження ефективності відстоювання за рахунок вертикального руху води); $\beta = 1,3$ при $D/H = 1$ або $V/H = 1$, $\beta = 1,5$ при $D/H = 1,5$ або $V/H = 1,5$; D – діаметр відстійника, круглого в плані; V – ширина відстійника, квадратного в плані; H – висота відстійника; V – швидкість підйому води, ($V < U_0$), $\text{мм}/\text{с}$; U_0 – швидкість висадження осаду, $0,08-0,6 \text{ мм}/\text{с}$; N – число відстійників, $N = 1$.

$$F_1 = \frac{0,0616 \cdot 1,5}{3,6 \cdot 0,5 \cdot 1} = 0,05 \text{ м}^2.$$

Загальна площа перерізу відстійника розраховується за формулою:

$$F = F_{\text{з.в.}} + f_{\text{к}},$$

де $F_{\text{з.в.}}$ – площа зони відстоювання, м^2 ; $f_{\text{к}}$ – площа перерізу камери пластівцеутворення.

$$F = 0,05 + 0,08 = 0,13 \text{ м}^2.$$

Ширину квадратного відстійника визначають за формулою:

$$V = \sqrt{F},$$

де F – загальна площа перерізу відстійника, м^2 .

$$V = \sqrt{0,13} = 0,36 \text{ м}.$$

Відношення V/H не повинно виходити за межі $1-1,5$, значить задаємо висоту відстійника $H = 0,3 \text{ м}$.

Для того, щоб розрахувати об'єм зони накопичення осаду, необхідно визначити висоту нижньої пірамідальної частини квадратного відстійника. Саме ця нижня частина є зоною накопичення і ущільнення осаду.

Висоту нижньої частини розраховують з ширини верхньої частини і діаметру патрубку для відведення осаду:

$$h_{\text{н.ч.}} = \frac{V - d}{2 \text{tg}(90 - \beta')},$$

де V – ширина квадратного відстійника, м ; d – діаметр патрубка для відведення осаду, м , $d = 0,25 \text{ м}$; β' – кут нахилу стінок нижньої частини, градус, $\beta' = 50-55^\circ$.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{\text{н.ч.}} = \frac{0,3 - 0,25}{2 \cdot \text{tg}(35)} = 0,05 \text{ м.}$$

Площа перерізу патрубку для відведення осаду, м²:

$$f' = \frac{\pi d^2}{4},$$

де d – діаметр патрубку для відведення осаду, м, $d = 0,25$ м.

$$f' = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} = 0,049 \text{ м}^2.$$

Об'єм зони накопичення осаду:

$$W = \frac{1}{3} h_{\text{н.ч.}} (F + f' + \sqrt{Ff'}),$$

де $h_{\text{н.ч.}}$ – висота нижньої пірамідальної частини квадратного відстійника, м.
 F – загальна площа перерізу відстійника, м²; f' – площа перерізу патрубку для відведення осаду, м².

$$W = \frac{1}{3} \cdot 0,05 (0,09 + 0,049 + \sqrt{0,09 \cdot 0,049}) = 0,003 \text{ м}^3.$$

Час накопичення осаду:

$$T = \frac{WN\delta}{q(C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}})},$$

де W – об'єм зони накопичення осаду одного відстійника, м³; N – число відстійників; δ – концентрація твердої фази в осаді, 9000-300000 мг/дм³; q – витрата води, м³/год; $C_{\text{вх}}$ – концентрація осаду, мг/дм³, $C_{\text{вх}} = 100,8$ мг/дм³ $C_{\text{вих}}$ – концентрація осаду у воді після катіонообмінного фільтру, мг/дм³, $C_{\text{вих}} = 0,9$ мг/дм³.

$$T = \frac{0,003 \cdot 1 \cdot 12000}{0,0616 \cdot (100,8 - 0,9)} = 5,85 \text{ год.}$$

3.13. Розрахунок шламосховища після відстійника

Об'єм сухого шламу, що надходить у шламосховище:

$$W_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{ш}}}{\delta},$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

де $M_{ш}$ – маса шламу, що надходить у шламосховище, мг; δ – концентрація твердої фази в осаді, 12000 мг/дм³.

$$W_{ш} = \frac{64861000}{12000} = 5405,083 \text{ дм}^3/\text{добу}.$$

Об'єм шламу, що перекачується в шламосховище, потрібно визначати, враховуючи коефіцієнт розчинення осаду, за його транспортування, що дорівнює 1,5 (при гідравлічному транспортуванні шламу):

$$W = 1,5 \cdot W_{ш},$$

де $W_{ш}$ – об'єм сухого шламу, що надходить у шламосховище, дм³/добу.

$$W = 1,5 \cdot 5405,083 = 8107,62 \text{ дм}^3/\text{добу}.$$

Об'єм шламосховища розраховують у відповідності з часом перебування осаду в ньому, м³:

$$V = W \cdot t,$$

де W – об'єм шламу, що перекачується у шламосховище, м³; t – час перебування осаду у шламосховищі, год, $t = 8$ год.

$$V = 0,34 \cdot 8 = 2,7 \text{ м}^3.$$

Висоту шламосховища приймаємо $H = 1$ м.

Площа шламосховища, м²:

$$F = \frac{V}{H},$$

де V – об'єм шламосховища, м³; H – висота шламосховища, м.

$$F = \frac{2,7}{1} = 2,7 \text{ м}^2.$$

Тоді ширина шламосховища: $B = 2,7$ м.

Довжина шламосховища, м:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа шламосховища, м²; B – ширина шламосховища, м.

$$L = \frac{2,7}{2,7} = 1 \text{ м}.$$

Основні габарити шламосховища становлять 1000x2700x1000 мм.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3.14. Розрахунок фільтр-пресу після шламосховища

Об'єм фільтр-пресу розраховують у відповідності з часом перебування осаду в ньому, м³:

$$V = W \cdot t,$$

де W – об'єм осаду, що перекачується у фільтр-прес, м³/год; t – час перебування осаду у фільтр-пресі, год, $t = 8$ год.

$$V = 0,34 \cdot 8 = 2,7 \text{ м}^3.$$

Висоту фільтр-пресу приймаємо як $H = 1$ м.

Площа фільтр-пресу, м²:

$$F = \frac{V}{H},$$

де V – об'єм фільтр-пресу, м³; H – висота фільтр-пресу, м.

$$F = \frac{2,7}{1} = 2,7 \text{ м}^2.$$

Тоді ширина фільтр-пресу: $B = 2,7$ м.

Довжина фільтр-пресу, м:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа фільтр-пресу, м²; B – ширина фільтр-пресу, м.

$$L = \frac{2,7}{2,7} = 1 \text{ м}.$$

Основні габарити фільтр-пресу становлять 1000x2700x1000 мм.

3.15. Розрахунок резервуару очищеного розчину NaCl

Об'єм резервуару розраховуємо за формулою:

$$V = q \cdot t,$$

де q – об'єм води, що поступає у резервуар, м³/год, $q = 0,06$ м³/год; t – час перебування води у резервуарі, год, $t = 0,5$ год.

$$V = 0,06 \cdot 0,5 = 0,03 \text{ м}^3.$$

Місткість резервуару розраховується за формулою:

$$V_p = \frac{V}{N},$$

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

де V – об’єм резервуару, м^3 ; N – кількість резервуарів, $N = 1$.

$$V_p = \frac{0,03}{1} = 0,03 \text{ м}^3.$$

Висоту резервуару приймаємо: $H = 0,05 \text{ м}$.

Площа резервуару становить:

$$F = \frac{V_p}{H},$$

де V_p – місткість резервуару, м^3 ; H – висота резервуару, м .

$$F = \frac{0,03}{0,05} = 0,6 \text{ м}^2.$$

Приймаємо ширину резервуару: $B = 0,6 \text{ м}$.

Тоді довжина резервуару розраховується:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа одного резервуару, м^2 ; B – ширина одного резервуару, м .

$$L = \frac{0,06}{0,06} = 1 \text{ м}.$$

Таким чином було розраховано основні габарити резервуару, у який поступають розчини лугу та соди, що становлять $1000 \times 600 \times 50 \text{ мм}$.

3.16. Розрахунок витратного баку інгібітора корозії

При мокрому зберіганні інгібітора об’єм витратного баку розраховують за формулою:

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

де q – об’єм води, що поступає у витратний бак, $\text{м}^3/\text{год}$; D_p – доза інгібітора корозії, $\text{г}/\text{м}^3$; t – час роботи станції, год , $t = 24 \text{ год}$; v_b – концентрація у витратному баку, $\%$, $v_b = 1\%$; ρ – густина розчину, $\text{т}/\text{м}^3$, $\rho = 0,69 \text{ т}/\text{м}^3$.

$$W_B = \frac{0,0245 \cdot 30 \cdot 24}{10000 \cdot 1 \cdot 0,69} = 0,0026 \text{ м}^3.$$

Кількість витратних баків – не менше 2, тоді місткість одного:

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$V_{B1} = \frac{W_B}{N},$$

де W_B – об'єм витратного баку інгібітора корозії, м³; N – кількість баків, шт,
 $N = 2$ шт.

$$V_{B1} = \frac{0,0026}{2} = 0,0013 \text{ м}^3.$$

Приймаємо висоту витратного баку $H_B = 0,05$ м.

Тоді площа витратного баку розраховується за формулою:

$$F_B = \frac{V_{B1}}{H_B},$$

де V_{B1} – об'єм одного витратного баку, м³; H_B – висота витратного баку, м.

$$F_B = \frac{0,0013}{0,05} = 0,026 \text{ м}^2.$$

Ширину одного витратного баку приймаємо як $B_B = 0,2$ м.

Довжина одного витратного баку вапна становить:

$$L_B = \frac{F_B}{B_B},$$

де F_B – площа одного витратного баку, м²; B_B – ширина одного витратного баку, м.

$$L_B = \frac{0,026}{0,2} = 0,13 \text{ м.}$$

Таким чином було розраховано основні габарити двох витратних баків інгібітора корозії, які становлять 130x200x50 мм.

3.17. Розрахунок змішувача, у який поступає розчин інгібітора корозії та очищена вода

Спочатку розраховується втрата напору на перегородках:

$$h = \frac{V_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g},$$

де V_0 – швидкість руху води в отворах, м/с, $V_0 = 1$ м/с; μ – коефіцієнт витрати (0,65-0,75); g – прискорення вільного падіння м/с², $g = 9,81$ м/с².

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$h = \frac{1^2}{2 \cdot 0,75 \cdot 9,81} = 0,068 \text{ м.}$$

Знаючи витрату води в змішувачі, можна визначити площу всіх отворів у кожній перегородці:

$$\omega = \frac{q}{V_0 \cdot 3600},$$

де q – витрата води в змішувачі, м³/год, $q = 8,45$ м³/год; V_0 – швидкість руху води в отворах, м/с, $V_0 = 1$ м/с.

$$\omega = \frac{8,45}{1 \cdot 3600} = 0,002 \text{ м}^2.$$

Задавшись діаметром одного отвору, можемо визначити площу одного отвору:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4},$$

де d_0 – діаметр одного отвору, м, $d_0 = 0,025$ м.

$$\omega_0 = \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 0,0004 \text{ м}^2.$$

Число отворів визначають за формулою:

$$n_0 = \frac{\omega}{\omega_0},$$

де ω – площа усіх отворів у кожній перегородці, м²; ω_0 – площа одного отвору, м².

$$n_0 = \frac{0,002}{0,0004} = 5.$$

Рівень води перед перегородками визначають виходячи з рівня води в четвертій камері та втрат напору на перегородках:

$$h_1 = h_2 + h = h_4 + 3h,$$

$$h_2 = h_3 + h = h_4 + 2h,$$

$$h_3 = h_4 + h,$$

де h_1, h_2, h_3, h_4 – рівні води відповідно в 1-й, 2-й, 3-й та 4-й камері, м, $h_4 = 0,5$ м.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_1 = 0,5 + 3 \cdot 0,068 = 0,704 \text{ м,}$$

$$h_2 = 0,5 + 2 \cdot 0,068 = 0,636 \text{ м,}$$

$$h_3 = 0,5 + 0,068 = 0,568 \text{ м.}$$

Загальна висота визначається за формулою:

$$H = h_1 + 0,5 = 0,704 + 0,5 = 1,204 \text{ м.}$$

Загальний об'єм води у змішувачі розраховують виходячи з витрати води та часу змішування:

$$W = \frac{1}{60} \cdot q \cdot t,$$

де q – витрата води в змішувачі, $\text{м}^3/\text{год}$, $q = 8,45 \text{ м}^3/\text{год}$; t – час змішування, хв, $t = 20 \text{ хв}$.

$$W = \frac{1}{60} \cdot 8,45 \cdot 20 = 2,816 \text{ м}^3.$$

Площа поверхні води в змішувачі визначається за формулою:

$$F = \frac{W}{H_c},$$

де W – загальний об'єм води у змішувачі, м^3 ; H_c – середній рівень води, визначається як середнє значення від рівня води у камерах, м, $H_c = 0,602 \text{ м}$.

$$F = \frac{2,816}{0,602} = 4,68 \text{ м}^2.$$

Довжина секції змішувача дорівнює її ширині (приймаємо ширину $B = l$), звідси через площу поверхні визначаються l змішувача, м:

$$F = 4lB = 4l^2$$

$$l = \sqrt{\frac{F}{4}},$$

де F – площа поверхні води в змішувачі, м^2 .

$$l = \sqrt{\frac{4,68}{4}} = 1,08 \text{ м.}$$

Загальна довжина змішувача $L = 5l = 5 \cdot 1,08 = 5,41 \text{ м}$.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Отже, візьмемо два змішувача, один з яких буде запасним, наприклад, в момент ремонту першого.

3.18. Розрахунок резервуару очищеної води після змішувача

Об'єм резервуару розраховуємо за формулою:

$$V = q \cdot t,$$

де q – об'єм води, що поступає у резервуар, м³/год, $q = 8,45$ м³/год; t – час перебування води у резервуарі, год, $t = 0,1667$ год.

$$V = 8,45 \cdot 0,1667 = 1,41 \text{ м}^3.$$

Місткість резервуару розраховується за формулою:

$$V_p = \frac{V}{N},$$

де V – об'єм резервуару, м³; N – кількість резервуарів, $N = 1$.

$$V_p = \frac{1,41}{1} = 1,41 \text{ м}^3.$$

Висоту резервуару приймаємо: $H = 1$ м.

Площа резервуару становить:

$$F = \frac{V_p}{H},$$

де V_p – місткість резервуару, м³; H – висота резервуару, м.

$$F = \frac{1,41}{1} = 1,41 \text{ м}^2.$$

Приймаємо ширину резервуару: $B = 1,2$ м.

Тоді довжина резервуару розраховується:

$$L = \frac{F}{B},$$

де F – площа одного резервуару, м²; B – ширина одного резервуару, м.

$$L = \frac{1,41}{1,2} = 1,175 \text{ м}.$$

Таким чином було розраховано основні габарити резервуару, у який поступає очищена вода, що становлять 1175x1200x1000 мм.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Компонування водоочисних споруд

Планування розташування споруд на території КП СПБ «Арсенал» відбувалося таким чином, щоб оптимально використовувати простір та враховувати можливість майбутнього розширення вже побудованих цехів. Не менш важливим є уникання перекриття будівель та споруд різного призначення, мінімізування довжини комунікацій і забезпечення ефективного відтоку очищеної води, враховуючи нахил місцевості і втрати напору.

З урахуванням санітарних та пожежних вимог, а також з економічної точки зору, при компонуванні очисних споруд було об'єднано в одному цеху приміщення різного призначення. Насосні станції для перекачування природної та очищеної води знаходяться в окремих будівлях поблизу цеху.

4.2. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі

Згідно з об'ємно-планувальним рішенням, на території КП СПБ «Арсенал» розташована одноповерхова будівля під систему очисних споруд. Будівля має два прогони довжиною по 18 м кожен. Крок колон становить 6 м, утворюючи сітку 18x6 м, а висота поверху досягає 10,8 м. Загальна довжина будівлі становить 132 метри, а ширина – 36 метрів. Крайні колони мають нульову прив'язку до повздовжніх осей. За конструктивним типом будівля являє собою залізобетонний каркас з балковим перекриттям. Огороджувальну функцію виконують одношарові керамзитобетонні панелі. Наявний поперечний деформаційний шов на окремому фундаменті спарених колон для забезпечення стійкості виробничого цеху.

Загальна площа адміністративно-побутових приміщень становить 162,56 м², з яких 85,92 м² займають чоловіча та жіноча гардеробні з двома окремими шафами. Згідно з нормами, в чоловічій та жіночій вбиральнях встановлено по одному туалету, загальна площа яких становить 5 м². У душовій кімнаті знаходяться три душові кабінки для чоловіків і жінок відповідно. Загальна площа двох душових кімнат складає 34,24 м². Кожна вбиральня займає площу 4,48 м² та

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

облаштована однією раковиною. Кабінет начальника цеху має таку саму площу, як і кімнатна майстрів, – 13,96 м².

4.3. Конструктивне вирішення будівлі

Дана промислова будівля оснащена збірними залізобетонними колонами.

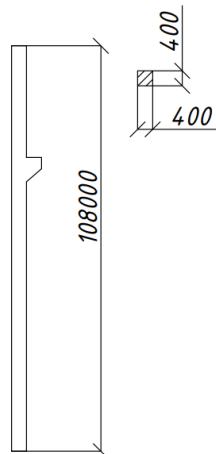


Рисунок 4.1 – Основні залізобетонні колони

Кроквяна конструкція має форму перфорованих і ґратчастих балок, а несуча конструкція огорожувальної частини облицювання являє собою великі залізобетонні ребристі плити розміром 3×6 м.

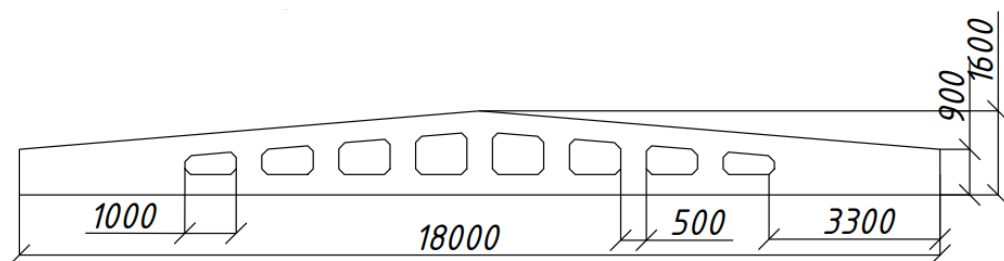


Рисунок 4.2 – Кроквяна конструкція

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

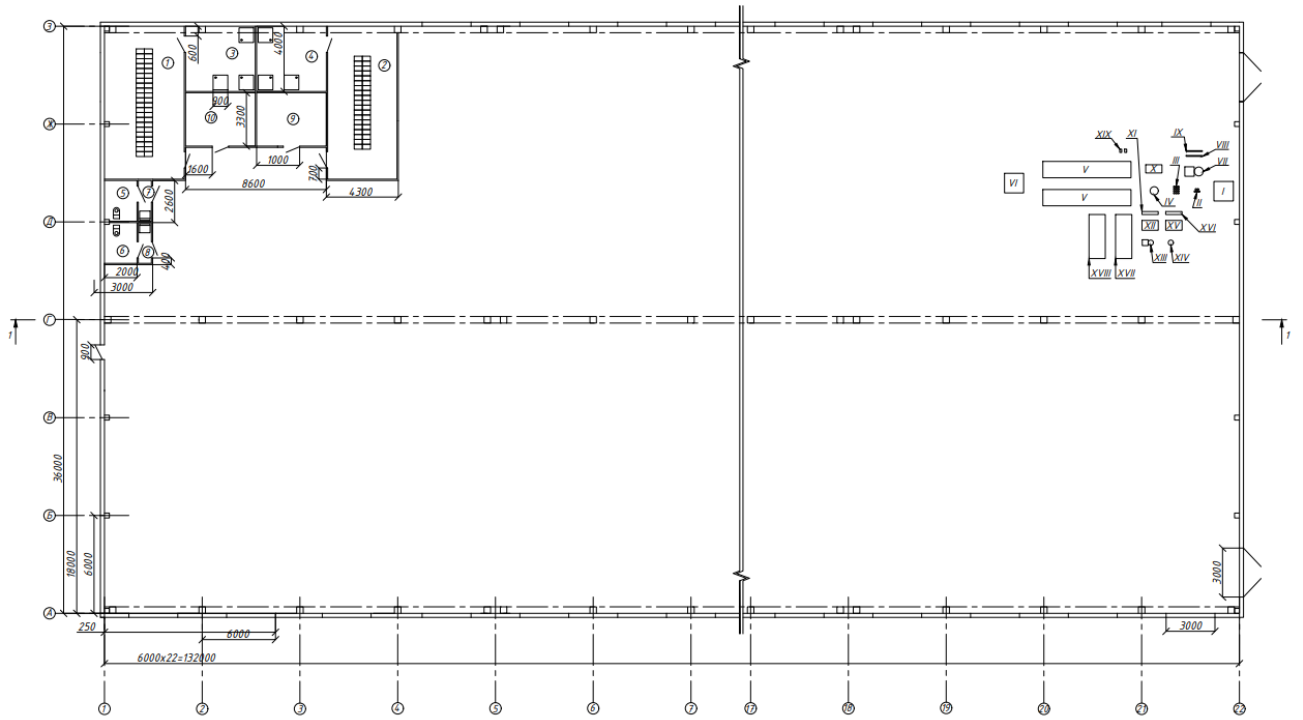


Рисунок 4.3 – План цеху №65 з розміщенням очисних споруд в масштабі 1:100

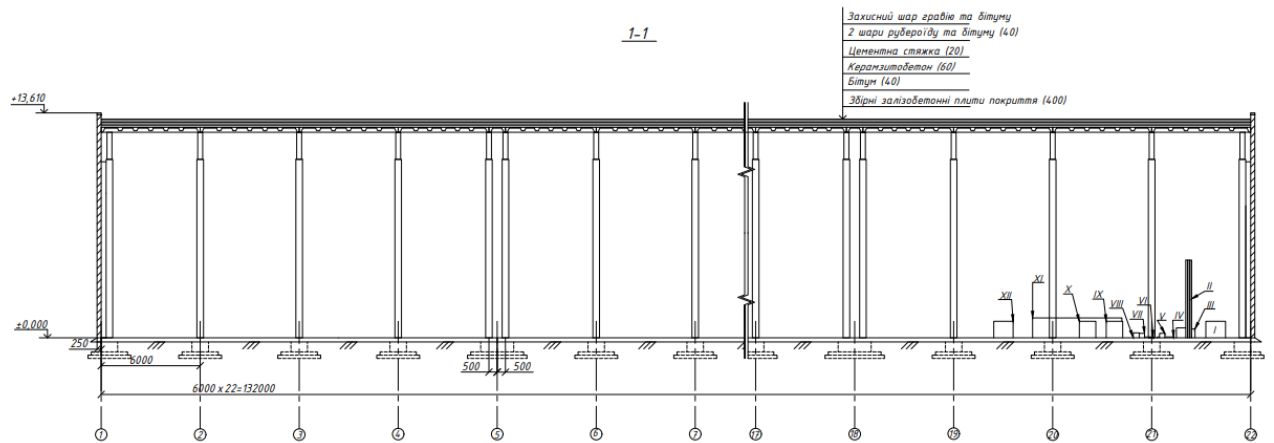


Рисунок 4.4 – Поздовжній розріз цеху №65 з розміщенням очисних споруд в масштабі 1:100

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі визначено основні потенційно шкідливі та небезпечні виробничі фактори, пов'язані з експлуатацією лінії водопідготовки для підживлення оборотних систем охолодження на Казенному підприємстві спеціального приладобудування «Арсенал».

За даною технологічною схемою існують небезпечні виробничі фактори, що пов'язані з мікрокліматом, пожежною безпекою, шумом, вібраціями, ультразвуком, інфразвуком та поводженням з хімічними речовинами. Позитивним аспектом цієї виробничої зони є майже повна відсутність ризику вибуху або займання.

Після проведеного аналізу цеху площею 4752 м² було виявлено необхідні заходи для забезпечення здорових та безпечних умов праці для персоналу.

5.1 Мікроклімат робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042–99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», категорія робіт, що виконуються на території виробничої зони, відноситься до Іб. Легкі фізичні роботи включають види діяльності, при яких енергетичні витрати однієї людини складають від 121 до 150 ккал/год. Ці роботи можуть виконуватися сидячи, стоячи або під час ходіння і супроводжуються певним фізичним напруженням.

У виробничих приміщеннях розробляються належні мікрокліматичні умови для робочої зони, враховуючи характеристики виконуваної роботи та сезонні відмінності.

Таблиця 5.1 – Оптимальні величини показників мікроклімату у робочій зоні

Період року	Категорія робіт	Температура повітря	Відносна вологість	Швидкість руху, м/сек
Холодний	Легка Іб	21-23	60-40	0,1
Теплий	Легка Іб	22-24	60-40	0,2

5.2 Пожежна безпека

За наказом МВС України з 30.12.2014 №1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» були встановлені загальні вимоги з пожежної безпеки для будівель і споруд різного призначення, прилеглих територій, іншого майна, обладнання та устаткування, що експлуатуються. Це також стосується будівельних майданчиків та проведення робіт з будівництва, реконструкції, реставрації, капітального ремонту та технічного переоснащення будівель і споруд.

Кожне приміщення або група приміщень з однаковим призначенням повинні мати свої власні інструкції з пожежної безпеки, які розробляються та затверджуються керівником об'єкта або уповноваженою ним посадовою особою. У цих інструкціях мають бути визначені:

- категорії приміщень «Д» за рівнем вибухо- та пожежонебезпеки (для виробничих, складських приміщень і лабораторій), згідно ДСТУ Б В. 1.1-36:2016;
- вимоги щодо підтримання евакуаційних маршрутів і виходів у належному стані;
- порядок утримання приміщень та робочих місць у чистоті та порядку;
- інструкції щодо зберігання та використання легкозаймистих рідин, горючих матеріалів і вибухонебезпечних речовин;
- процедури прибирання робочих місць, збирання, зберігання та утилізації горючих відходів і промасленого ганчір'я;
- правила зберігання та утримання спецодягу;
- визначення місць, порядку та норм одночасного зберігання сировини, напівфабрикатів та готової продукції в приміщеннях;
- процедури проведення зварювальних та інших вогневих робіт;
- інструкції з пожежної безпеки для роботи на технологічних установках та апаратах з підвищеною пожежонебезпекою;

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

- граничні показники контрольно-вимірювальних приладів, відхилення яких можуть призвести до пожежі або вибуху;
- обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі.

5.3 Про шуми, вібрації, ультразвук та інфразвук

МОЗ України, Головним санітарно-епідеміологічним управлінням було встановлено ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації». Вібрацію можна класифікувати як загальну або локальну залежно від того, як вона передається на тіло людини. Загальна вібрація впливає на тіло людини, яка сидить або стоїть, здебільшого через опорні поверхні. Локальна вібрація передається через руки працівників під час роботи з ручним механізованим інструментом, управління механізмами та обладнанням, а також при контакті з оброблюваними деталями та іншими джерелами вібрації. У цьому цеху визначена 3 категорія вібрації – технологічна, яка впливає на працівників на робочих місцях стаціонарних машин або передається на робочі місця, які не мають власних джерел вібрації.

Постановою МОЗ України від 01.12.1999 №37 було затверджено «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» ДСН 3.3.6.037-99. Основні положення нормативного документа включають такі аспекти:

- визначення вимог до допустимих рівнів шуму, ультразвуку та інфразвуку на робочих місцях та в приміщеннях промислових об'єктів;
- встановлення процедур вимірювання та оцінки шуму, ультразвуку та інфразвуку з метою виявлення ризиків для здоров'я працівників;
- встановлення вимог до заходів зі зниження рівнів шуму, ультразвуку та інфразвуку на виробничих об'єктах, включаючи заходи з технічної та організаційної безпеки;

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- визначення порядку моніторингу та контролю за виконанням встановлених нормативів та заходів з мінімізації впливу шуму на здоров'я працівників.

5.3 Поводження з хімічними речовинами

Перед початком роботи з хімічними речовинами, а також з обладнанням, що містить ці речовини, необхідно ознайомитися з їх характеристиками та потенційно небезпечними властивостями. Це включає ознайомлення з правилами безпеки та рекомендаціями щодо користування речовинами, а також з будь-якою іншою відповідною документацією. До обов'язкового переліку також входить інформація про надання першої допомоги.

Під час будь-яких робіт з хімічними речовинами обов'язково використовувати відповідні засоби індивідуального захисту, які були надані роботодавцем на підставі оцінки ризику та конкретних умов на робочому місці.

Перед початком будь-яких ручних маніпуляцій з небезпечними речовинами або препаратами важливо перевірити стан ручок або держаків, герметичність закриття контейнерів та надійність упакування.

Речовини слід зберігати лише в спеціально відведених для цього місцях, у вказаних кількостях і відповідних упаковках, що містять інформацію про їх вміст та безпекові характеристики, відповідно до властивостей цих речовин. Не допускається зберігання разом речовин, які можуть призвести до небезпечних реакцій між собою.

Обладнання, його компоненти, такі як баки, контейнери та упаковки для перевезення, а також приміщення, де використовуються або зберігаються небезпечні речовини та препарати, повинні бути чітко позначені відповідними безпечними знаками. Це може включати використання фарб, знаків та написів, які попереджають про можливі ризики та небезпечні властивості цих речовин.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврського проєкту було розроблено технологічну схему підготовки природної води для підживлення оборотних систем охолодження на Казенному підприємстві спеціального приладобудування «Арсенал»:

1. Проаналізовано характеристики природної води з водозабірної свердловини на території підприємства та наведено вимоги до її якості;
2. Розроблено та обґрунтовано впровадження технологічної схеми водоочистки;
3. Викладено фізико-хімічні процеси, які є основою принципу функціонування експлуатованих очисних споруд;
4. Розраховано матеріальний баланс та представлено його у вигляді блок-схеми;
5. Проведено гідравлічні та технологічні розрахунки очисних установок: резервуарів для очищеної та неочищеної вод, відпрацьованого реагентного розчину, вод після промивки катіонообмінного фільтру, очищеного розчину NaCl, відстійників, механічних фільтрів, катіонообмінного фільтру, шламосховищ, фільтр-пресів, витратних баків та змішувачів;
6. Представлено об'ємно-планувальне вирішення й конструкційні елементи виробничого цеху, у якому розташовано запропоновані водоочисні споруди;
7. Описано заходи з охорони праці на підприємстві, що спрямовані на підвищення безпеки та якості на робочому місці;
8. Оформлено наступні креслення: Технологічна схема, А1; генеральний план підприємства, А1, масштаб 1:1250; План цеху з розташуванням очисних споруд, А1, масштаб 1:100; Повздовжній переріз цеху, А1, масштаб 1:100.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Радовенчик Я. В. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник. – К.: КондорВидавництво, 2019.
2. Гомеля М. Д., Радовенчик В. М., Шаблій Т. О. Основи проєктування. Очисні споруди. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.
3. Електронний ресурс [<https://chemosnova.com.ua/ua/catalog/ingibitor-korrozii-osm-300/>].
4. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
5. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
6. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
7. Державні санітарні норми і правила ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною».
8. Кобзар І. І., Осташевська Г. Г., Золотова Н. М. Технологія будівельного виробництва: конспект лекцій. Харків: ХНАМГ, 2011.

					ДП ЛЦ01.00.020 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ДОДАТОК А

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1				<u>Технологічна схема</u>		
		1		Резервуар природньої неочищеної води		
		2		Насос		
		3		Механічний фільтр		
		4		Фільтр тонкого очищення від залишкового осаду		
		5		Катіонообмінний фільтр		
		6		Змішувач		
		7		Резервуар очищеної води		
		8		Насос		
		9		Відстійник після промивки механічного фільтру		
		10		Шламосховище		
		11		Фільтр - прес		
		12		Насос		
		13		Резервуар промивних вод та вод після спущення катіоніту		
				ДП ЛЦ01.01.020 ТК		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Специфікація до технологічної схеми		
Розроб.	Фадеева					
Перевір.	Шаблій					
Н. контр.						
Затв.	Гомеля			Літ.	Аркуш	Аркушів
				н		
				КПІ ін. Ігоря Сікорського, ІХФ, гр. ЛЦ-01		

ДОДАТОК Г

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1				<u>План</u>		
		1		Гардероб (чол.)	1	
		2		Гардероб (жін.)	1	
		3		Душова кімната (чол.)	1	
		4		Душова кімната (жін.)	1	
		5		Вбиральня (чол.)	1	
		6		Вбиральня (жін.)	1	
		7		Вмивальне приміщення (чол.)	1	
		8		Вмивальне приміщення (жін.)	1	
		9		Кабінет начальника цеху	1	
		10		Кімната майстрів	1	
		I		Резервуар неочищеної води	1	
		II		Механічні фільтри	5	
		III		Фільтри тонкої механічної очистки	12	
		IV		Катіонообмінний фільтр	1	
ДП ЛЦ01.03.020 ТК						
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Експлікація до плану		
Розроб.	Фадеева					
Перевір.	Шаблій					
Н. контр.						
Затв.	Гомеля					
				Літ.	Аркуш	Аркушів
				Н		
КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, гр. ЛЦ-01						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1				<u>Поздовжній розріз</u>		
		I		Резервуар неочищеної води		
		II		Механічні фільтри		
		III		Відстійник після промивки механічного фільтру		
		IV		Резервуар очищеного розчину NaCl		
		V		Фільтр тонкого очищення від залишкового осаду		
		VI		Резервуар промивних вод та вод після спушення катіоніту		
		VII		Відстійник		
		VIII		Резервуар, у який подаються розчини луку та соди		
		IX		Шламосховище		
		X		Фільтр - прес		
		XI		Змішувач		
		XII		Резервуар очищеної води		

				ДП ЛЦ01.04.020 ТК			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Експлікація до поздовжнього розрізу	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Фадеева				Н		
Перевір.	Шаблю				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, гр. ЛЦ -01		
Н. контр.							
Затв.	Гомеля						