

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Віта ГАЛИШ

«__»_____2026р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною «Екологічна безпека» спеціальності
101 «Екологія»
на тему: «Модернізація технологічної схеми очищення промислових та
комунально-побутових стічних вод на ПрАТ Київський КПК»**

Виконала:

Студентка IV курсу, групи ЛЕ-21

Компанієць Дар'я Андріївна

Керівник:

к.х.н., доцент

Овсянкіна Вікторія Олексіївна

Консультант з розділу «Охорона праці»:

Ст. викл., к.т.н.

Ковтун Андрій Іванович

Рецензент:

Засвідчую, що в цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань
Студентка_____

Київ – 2026 року

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Модернізація технологічної схеми очищення промислових та
комунально-побутових стічних вод на ПрАТ Київський КПК»

Київ – 2026 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ЛЕ2109.00.026 ПС	Пояснювальна записка	97	
3	A1	ДП ЛЕ2109.01.026 ТХ	Таблиця характеристика води	1	
4	A1	ДП ЛЕ2109.02.026 ТС	Технологічна схема	1	
5	A1	ДП ЛЕ2109.03.026 ТМ	Таблиця матеріального балансу	1	
6	A1	ДП ЛЕ2109.04.026 БС	Блок схема матеріального балансу	1	
7	A1	ДП ЛЕ2109.05.026 ПР	Профіль руху води	1	
8	A1	ДП ЛЕ2109.06.026 РС	План розміщення очисних споруд	1	
9	A1	ДП ЛЕ2109.07.026 ВВ	Висновки	1	

	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Компанієць Д.А			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Овсянкіна В. О					
Консульт.	Ковтун А.І				КПІ ім.Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-21	
Н/контр.	Овсянкіна В. О					
Зав.каф.						

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 101 «Екологія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віта ГАЛИШ

«__» _____ 2026р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студентки

Компанієць Дар'ї Андріївни

1. Тема проєкту «Модернізація технологічної схеми очищення промислових та комунально-побутових стічних вод на ПрАТ Київський КПК», керівник проєкту Овсянкін В.О., кандидат хімічних наук, доцент, затверджено наказом по університету від 1817-С від 19.05.2026 року
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту: витрата промислових стічних вод – 26 000 м³/добу; витрата господарсько-побутових стічних вод – 27 000 м³/добу; вміст завислих речовин у промислових водах – 294 мг/дм³; вміст завислих речовин у господарсько-побутових водах – 490 мг/дм³; БСК_{повне} промислових стічних вод – 450 мг/дм³; БСК_{повне} промислових стічних вод – 450 мг/дм³; БСК_{повне} господарсько-побутових стічних вод – 450 мг/дм³;
4. Зміст пояснювальної записки: вступ; техніко-економічне обґрунтування проєкту; технологічна частина; технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд; будівельна частина; охорона праці; висновки; список літератури; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: таблиця характеристик стічних вод; технологічна схема; блок-схема матеріального балансу; таблиця матеріального балансу; план розміщення очисних споруд; профіль руху води; висновки.
6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	20.04 – 17.05	
2	Вибір та обґрунтування технологічної схеми	18.05 – 19.05	
3	Розрахунок матеріального балансу	20.05 – 24.05	
4	Проведення технологічних та гідравлічних розрахунків	25.05 – 27.05	
5	Оформлення розділу «Будівельна частина»	28.05 – 30.05	
6	Виконання графічного матеріалу	31.06 – 03.06	
7	Оформлення пояснювальної записки	04.06 – 07.06	

Студентка
Керівник проекту

Дар'я КОМПАНІЄЦЬ
Вікторія ОВСЯНКІНА

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт: сторінок, таблиць, рисунків, додатки, креслеників.

Мета роботи: техніко-екологічне обґрунтування та розробка інженерних рішень щодо модернізації діючого комплексу споруд виробничих стоків ПрАТ «Київський КПК» та господарсько-побутових стічних вод міста Обухів з метою досягнення нормативів гранично допустимого скиду.

Бакалаврська робота складається з текс

тової пояснювальної записки та комплексу графічних матеріалів. Пояснювальна записка містить такі обов'язкові розділи: техніко-економічне обґрунтування, основна технологічна частина, гідравлічні та конструктивні розрахунки запроєктованого обладнання, будівельно-планувальні рішення та охорона праці. У технологічному розділі наведено детальний аналіз вихідних кількісних та якісних параметрів вхідних потоків стічних вод, проаналізовано жорсткі нормативні обмеження до очищених зворотних вод перед їх відведенням у транскордонний водний об'єкт - річку Дніпро, та виконано розрахунок показників гранично допустимого скиду. Обґрунтовано оновлену принципову технологічну схему. Розділ інженерних та гідравлічних розрахунків присвячений визначенню геометричних параметрів споруд. Будівельна частина об'єднує планувальні рішення щодо раціонального просторового розташування очисних блоків на промисловому майданчику та побудови висотного профілю руху води. У фінальному розділі розроблені комплексні заходи з охорони праці, виробничої санітарії та техніки безпеки для персоналу з метою запобігання впливу шкідливих чинників під час експлуатації модернізованого обладнання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, АЕРОТЕНК, РАДІАЛЬНИЙ ВІДСТІЙНИК, ФІЛЬТР-ПРЕС, ДЕКАНТУЮЧА ЦЕНТРИФУГА, ОЗОНУВАННЯ, ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИЙ СКІД.

					ДП ЛЕ-21.09.026.ПЗ		
Змн.	Лист	ПІБ	Підпис	Дата	АНОТАЦІЯ		
Розроб.		Компанієць Д.А.					
Перевір.		Овсянкіна В.О.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-21		

Annotation

Diploma project: pages, tables, figures, appendices, drawings.

Purpose of the work: technical and environmental justification and development of engineering solutions for the modernization of the existing complex of production wastewater facilities of PrJSC "Kyiv KPK" and domestic wastewater of the city of Obukhiv in order to achieve the maximum permissible discharge standards.

The bachelor's thesis consists of a text explanatory note and a set of graphic materials. The explanatory note contains the following mandatory sections: technical and economic justification, the main technological part, hydraulic and structural calculations of the designed equipment, construction and planning solutions and labor protection. The technological section provides a detailed analysis of the initial quantitative and qualitative parameters of the incoming wastewater flows, analyzes the strict regulatory restrictions on treated return waters before their discharge into the transboundary water body - the Dnipro River, and calculates the maximum permissible discharge. The updated principle technological scheme is substantiated. The section of engineering and hydraulic calculations is devoted to determining the geometric parameters of the structures. The construction part combines planning solutions for the rational spatial arrangement of treatment units on the industrial site and the construction of an altitude profile of water movement. The final section develops comprehensive measures for labor protection, industrial sanitation and safety for personnel in order to prevent the impact of harmful factors during the operation of the modernized equipment.

KEYWORDS: PULP AND PAPER INDUSTRY, TECHNOLOGICAL SCHEME, AEROTANK, RADIAL SETTLEMENT, FILTER PRESS, DECANTING CENTRIFUGE, OZONATION, LIMIT PERMITTED DISCHARGE

					ДП ЛЕ-21.09.026.ПЗ					
Змн.	Лист	ПІБ	Підпис	Дата						
Розроб.		Компанієць Д.А.			АНОТАЦІЯ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Овсянкіна В.О.							7	
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаРП Гр. ЛЕ-21		
Н. Контр.										
Затверд.										

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1.ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОЧИСНИХ СПОРУД	12
2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1.Характеристика стічної води	14
2.2.Вимоги до освітленої води, що скидається у річку Дніпро	14
2.3.Проектування та науково – технічне обґрунтування схеми очищення промислових та комунально – побутових стоків	16
2.4.Матеріальний баланс	19
2.5. Визначення гранично допустимого скиду(ГДС) хімічних сполук та речовин, що надходять у водний об'єкт із зворотними водами	33
3.ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ, ЗАКЛАДЕНИХ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СХЕМІ	40
3.1.Механічне очищення стоків	40
3.2.Біологічне очищення стоків	42
3.3.Доочищення та знезараження	45
3.4.Обробка та утилізація осадів	46
4. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ТА ГІДРАВЛІЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	49
4.1. Проектування решіток	49
4.2. Проектування пісковловлювачів	52
4.3. Проектування радіальних відстійників для промислових стічних вод	54
4.4. Проектування радіальних відстійників для побутових стічних вод	56
4.5. Проектування перегородчатих змішувачів	57

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6. Проектування аеротенка – змішувача з регенерацією активного мулу.....	59
4.7.Розрахунок вторинних відстійників	62
4.8.Проектування блоку механічних фільтрів.....	63
4.9.Проектування озонаторної установки	66
4.10.Вибір фільтрпресу.....	66
4.11.Вибір декантуючих центрифуг.....	68
5.БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИН	70
5.1.Генеральний план розміщення комплексу очисних споруд на території.....	70
5.2.Профіль руху води.....	74
6.ОХОРОНА ПРАЦІ	78
6.1.Засоби індивідуального захисту(ЗІЗ).....	78
6.2.Промисловий шум.....	81
6.3.Пожежна небезпека.....	82
6.4.Освітлення.....	83
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
ДОДАТОК А	89
ДОДАТОК Б	92
ДОДАТОК В	94
ДОДАТОК Г	96

ВСТУП

Целюлозно-паперова промисловість традиційно належить до водомістких галузей, технологічні процеси якої супроводжуються утворенням значних об'ємів стічних вод із високим вмістом специфічних стійких забруднювачів, зокрема целюлозного волокна, колоїдних домішок та органічних сполук. Одним із найбільших підприємств цієї галузі є ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», очисні споруди якого виконують подвійну функцію, забезпечуючи очищення як концентрованих виробничих стоків, так і комунально-побутових стічних вод міста Обухів. Зміна якісного та кількісного складу сучасного загального потоку, зумовлена інтенсифікацією урбанізаційних процесів та трансформацією виробничих потужностей, призводить до підвищення навантаження на існуючі споруди. Фізичне зношення традиційного очисного обладнання, а також посилення державних та європейських екологічних нормативів щодо якості зворотних вод, які скидаються у транскордонний водний об'єкт - річку Дніпро, зумовлюють нагальну потребу в модернізації діючих технологічних схем. Застосування сучасних енергоефективних методів глибокого доочищення та зневоднення шламів є ключовою умовою забезпечення екологічної безпеки регіону.

Метою роботи є науково-технічне обґрунтування та розробка комплексного проєкту модернізації технологічної схеми сумісного очищення промислових стоків ПрАТ «Київський КПК» та комунальних стічних вод міста Обухів для досягнення нормативних показників гранично допустимого скиду.

На основі отриманих даних розроблено та обґрунтовано оновлену принципову технологічну схему, що передбачає роздільне механічне освітлення потоків та їх подальше спільне біологічне й фізико-хімічне очищення.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У межах проєкту виконано детальний розрахунок матеріального балансу руху води, повітря, озону та утворюваних осадів на кожному етапі очисного циклу. На базі балансових показників здійснено технологічні та гідравлічні розрахунки основного запроєктованого обладнання та очисних споруд. Разом з тим запропоновано сучасні технічні рішення для глибокого механічного зневоднення та екологічно безпечної утилізації шламового господарства станції. Додатково опрацьовано заходи з охорони праці та техногенно-екологічної безпеки під час експлуатації модернізованого комплексу.

Об'єктом дослідження у даній роботі є процеси та технології очищення сумішей промислових стічних вод підприємств целюлозно-паперової галузі та комунально-побутових стоків населених пунктів.

Предметом дослідження виступають технологічні параметри, схеми та споруди механічного відокремлення домішок, аеробного очищення органічних речовин, озонування, швидкого фільтрування та відцентрового зневоднення утворених шламів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропоновані інженерні рішення дозволяють стабілізувати роботу очисної станції загальною продуктивністю 53 000 кубічних метрів на добу. Впровадження блоку швидких зернистих фільтрів та озонаторної установки гарантує відповідність очищеної води жорстким санітарно-гігієнічним вимогам, а переведення мулового господарства на автоматизовані декантуючі центрифуги та фільтр-преси вирішує проблему накопичення рідких відходів шляхом їх підготовки до безпечного компостування.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОЧИСНИХ СПОРУД

Відповідно до визначених вихідних параметрів проєкту, сумарна добова продуктивність модернізованого комплексу каналізаційних очисних споруд становить 53 000 кубічних метрів на добу. Формування загального потоку стічних вод, що підлягають глибокому очищенню, відбувається за рахунок змішування двох основних джерел. Перше джерело представлене виробничими стічними водами картонно-паперового підприємства ПрАТ «Київський КПК», середньодобовий об'єм яких зафіксовано на рівні 26 000 кубічних метрів. Друге джерело формується за рахунок надходження комунально-побутових стоків від житлового масиву та інфраструктури міста Обухів, що становить 27 000 кубічних метрів за добу.

Сучасний аналіз динаміки водовідведення вказує на стійку тенденцію до збільшення обсягів саме господарсько-побутової складової, тоді як специфічні стічні води від мікробіологічного сектора промисловості, зокрема від колишніх потужностей ВАТ «Стиролбіотех», на очисну станцію більше не транспортуються, що суттєво змінює якісний профіль сирої води.

Для зниження витрат на будівництво та експлуатацію, а також для зменшення навантаження на споруди біологічної очистки, у проєкті прийнято рішення розділити початкові етапи обробки стоків. Модернізація передбачає, що промислові та господарсько-побутові стічні води спочатку проходять первинну очистку окремо, і лише після цього об'єднуються в змішувачі для спільного очищення в аеротенках. Таким чином, оновлений комплекс включає окремі споруди механічної очистки для побутового потоку та окремі для промислового, які складаються з механізованих решіток, горизонтальних пісковловлювачів та радіальних первинних відстійників.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк. 12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сформований освітлений загальний потік спрямовується до змішувача, після чого потрапляє до системи біологічного очищення — аеротенків-витиснювачів, що функціонують у режимі з регенерацією зворотного активного мулу, та вторинних радіальних відстійників. Лінія обробки та утилізації утворених шламів базується на мулоущільненні надлишкової біомаси, зневодненні сирого осаду на механічних фільтр-пресах та декантуючих центрифугах з отриманням осаду для подальшого екологічно безпечного компостування і рекуперації. Фінальна стадія технологічного процесу представлена блоком глибокого доочищення на механічних швидких фільтрах, високонапірною озонаторною установкою для знезараження рідини, а також резервуарами чистої води, з яких очищена вода відводиться у річку Дніпро.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристики стічної води

Таблиця 2.1. – Характеристика побутових і промислових стоків

Показник	Комунально-побутові води	Промислові води
Витрата води, м ³ /добу	26000	27000
pH	7,6	7,4
Концентрація завислих речовин, мг/дм ³	490	294
Азот амонійний, мг/дм ³	32	6,5
Азот нітритів, мг/дм ³	0,07	0,2
Азот нітратів, мг/дм ³	1,1	2,6
Ортофосфати, мг/дм ³	8,8	0,15
Сульфати, мг/дм ³	77	73
Хлориди, мг/дм ³	135,5	115
Залізо, мг/дм ³	0,48	0,96
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,62	0,54
СПАР, мг/дм ³	2,02	0,94
ХСК, мг/дм ³	520	2546
БСК ₅ , мг/дм ³	252	658

2.2. Вимоги до освітленої води, що скидається у річку Дніпро

Відведення очищених зворотних вод з очисних споруд ПрАТ «Київський КПК» у річку Дніпро жорстко регулюється діючими екологічними нормативами та умовами спеціального водокористування. Оскільки підприємство очищує одночасно і промислові стоки картонно-паперового виробництва, і комунально-побутові стічні води міста, до якості освітленої

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

води висуваються комплексні вимоги.

Головна мета цих нормативів - забезпечити екологічну безпеку водного об'єкта, зберегти його самоочисну здатність і повністю виключити ризик токсичного впливу на річкову флору та фауну. Основними технологічними вимогами до скиду є досягнення високого ступеня видалення забруднюючих речовин за всіма контрольованими показниками.

Особлива увага приділяється параметрам органічного забруднення. Також технологічний регламент обмежує вміст завислих речовин, щоб уникнути замулення русла річки дрібним целюлозним волокном, і зменшує рівень мінеральних солей, нафтопродуктів та хімічних реагентів, які використовуються у виробничому циклі підприємства. Окремим критично важливим етапом є повне санітарно-біологічне очищення та дезінфекція зворотних вод.

Компоненти, які регламентуються екологічними стандартами, визначають як нормовані показники стану та складу води. Вони поділяються на дві основні групи: загальні технологічні властивості (такі як температура, рівень рН, органолептичні ознаки та загальна токсичність) та конкретні нормовані речовини. Вміст хімічних речовин у водних об'єктах чітко обмежується рамками гранично допустимих концентрацій (ГДК), які встановлюються окремо для кожного виду водокористування.

У таблиці 2.2 відображено діючі нормативи ГДС для контрольованих речовин. Дотримання цих концентрацій при скиданні очищених стічних вод дозволяє зберегти природний стан екосистеми річки та уникнути її деградації.

Таблиця 2.2. - Діючі вимоги та нормативи гранично допустимого скидання (ГДС) речовин у річку Дніпро

Забруднююча речовина	Гранична концентрація
Завислі речовини	90 мг/дм ³

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк. 15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітленої води; 14 – блок механічних фільтрів; 15 – озонаторна установка; 16 – резервуар фільтрату; 17,22,23 – насоси; 18 – мулоущільнювач; 19 – споруди для декантуючих центрифуг; 20,21 – резервуар відфільтрованої води; 24 – фільтрпрес для зневоднення осаду; I – потік промислових стічних вод; II – потік господарсько – побутових стічних вод; III – подача води на скид в р.Дніпро; IV – осад на компостування після блоку декантуючих центрифуг; V – осад на компостування після фільтрпресу

Модернізація очисних споруд базується на паралельному проходженні первинних етапів очищення для промислового та господарсько-побутового потоків стічних вод, що зумовлено різницею в їхньому вихідному складі та концентраціях забруднень. Схема передбачає послідовну механічну, біологічну, фізико-хімічну обробку.

Виробничі стоки картонно-паперового підприємства та комунальні стоки міста Обухів незалежно один від одного надходять на споруди механічного очищення, які складаються з решіток і горизонтальних пісковловлювачів. На решітках відбувається вилучення грубодисперсних домішок, великих плаваючих об'єктів та залишків целюлозного волокна. Це дозволяє захистити насосні станції від механічних пошкоджень та попередити забивання трубопроводів. Далі стоки проходять через пісковловлювачі, де під дією гравітації осідають важкі мінеральні фракції (пісок, шлак) з розміром часток понад 0,2 мм. Звільнені від мінеральних домішок стоки самопливом спрямовуються у радіальні первинні відстійники, де відбувається відокремлення основної маси змулених речовин. Оскільки промислові стоки містять стійкі колоїдні системи целюлозного походження, роздільне відстоювання дозволяє локалізувати цей осад та оптимізувати процес освітлення перед подальшим змішуванням. Після первинних відстійників частково освітлені потоки промислових та побутових стоків поєднуються в загальному змішувачі.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримана гомогенна суміш надходить в аеротенк-змішувач, який функціонує в режимі змішування з регенерацією активного мулу. У процесі дрібнобульбашкової аерації мікроорганізми активного мулу за наявності розчиненого кисню руйнують розчинені органічні сполуки, забезпечуючи зниження БСК та паралельне проходження нітрифікації амонійного азоту. Після аеротенку водомулова суміш через розподільну камеру розподіляється по вторинних радіальних відстійниках. Тут відбувається седиментація біомаси активного мулу та відокремлення освітленої води. Осаджений мул накопичується в приймальній камері та за допомогою насосної станції перекачується назад в аеротенк як зворотний мул, а частина виводиться у вигляді надлишкового мулу. Освітлена вода з вторинних відстійників збирається у приймальній камері і подається на блок механічних швидких фільтрів із зернистим завантаженням для глибокого вловлювання дрібних зважених часток та винесеного мулу.

Очищений фільтрат надходить на озонаторну установку, де відбувається знезараження. Озон забезпечує повну деструкцію патогенної мікрофлори, бактеріофагів та залишкових концентрацій СПАР і нафтопродуктів без ризику утворення вторинних токсичних хлороорганічних речовин. Пройдена дезінфекцію вода через резервуар фільтрату насосами відводиться по лінії на скид у річку Дніпро.

Розроблені у схемі лінії обробки утворених шламів розділені за походженням. Сирий осад первинних відстійників направляється безпосередньо на фільтр-прес, де після кондиціонування зневоднюється, і отриманий осад вивозиться на компостування. Надлишковий активний мул із вторинних відстійників спрямовується до мулоущільнювача для початкового гравітаційного зниження вологості. Згущений мул насосом транспортується на споруди декантуючих центрифуг, де відбувається його остаточне механічне зневоднення з отриманням осаду для компостування. Відокремлена мулова вода з центрифуг збирається у резервуарах відфільтрованої води, звідки

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

насосом повертається на початок технологічного циклу в загальний змішувач для повторного повного очищення, що виключає утворення необроблених рідких відходів.

2.4. МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС

Таблиця 2.3. Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Показник	Значення
Витрата промислових стічних вод, $Q_{\text{пр}}$	26 000 м ³ /добу
Витрата побутових стічних вод, $Q_{\text{поб}}$	27 000 м ³ /добу
Нормативний об'єм твердих відходів на одну особі за рік, a_0	8
БСК _{пов} для побутових стоків	300 мг/дм ³
БСК _{пов} для промислових стоків	450 мг/дм ³
Добовий приріст БСК _{пов} на одного жителя, a_1	40 г/добу
Вологість піску	60 %
Густина піску, $\rho_{\text{піску}}$	1,5 т/м ³
Вміст піску в осаді	60 %
Кількість змулених речовин на одного жителя, a	65 г/добу
Концентрація змулених речовин на виході з первинних відстійників, C_2	150 мг/дм ³
Густина осаду, ρ	1,05 т/м ³
Вологість осаду транспортування за допомогою плунжерних насосів, P	93,5 %
Коефіцієнт приросту активного мулу, α	0,4
Концентрація активного мулу після вторинних відстійників, b	15 мг/дм ³

						Арк.
					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Густина мулу після вторинних відстійників, $\rho_{\text{мулу}}$	1 т/м ³
Вологість мулу після вторинних відстійників	99,2 %
Доза активного мулу, $D_{\text{мулу}}$	4 г/дм ³
Зольність осаду, $Z_{\text{ос}}$	30 %
Зольність активного мулу, $Z_{\text{акт}}$	25 %
Коефіцієнт, що враховує тип аератору, K_1	2,3
Коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аератора, K_2	2,52
Коефіцієнт якості води, K_3	0,7
Концентрація кисню C_o	3 мг/дм ³
Питома витрата кисню, q_o	1,1
Число промивок кожної споруди на добу, n	2
Розрахункова швидкість фільтрації, V_H	7 м/год
Тривалість одного циклу промивання фільтрів	0,1 год
Тривалість технологічного простою споруди під час регенерації, t	0,33 год
Питома інтенсивність промивання фільтрувального навантаження, ω	16 дм ³ /(с · м ²)
Доза озону, $D_{\text{озон}}$	мг/дм ³

Добова кількість затриманих на решітках відходів, м³/добу:

$$W_{\text{пок}} = \frac{a_0 \cdot N_{\text{пр}}}{1000 \cdot 365}, \quad (1)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де a_0 - нормативний об'єм твердих відходів на одну особу за рік; $N_{\text{пр}}$ – чисельність населення

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q \cdot \text{БСК}_{\text{пов}}}{a_1}, \quad (2)$$

де Q -добова витрата стічних вод, що надходять на очисні споруди, м³/добу;

$$G_{\text{пок}} = \gamma_{\text{пок}} \cdot W_{\text{пок}}, \quad (3)$$

Отже, для господарсько-побутових стоків:

$$W_{\text{пок}} = \frac{8 \cdot 202\,500}{1000 \cdot 365} = 4,44 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{27000 \cdot 300}{40} = 202\,500 \text{ жителів}$$

$$G_{\text{пок}} = 0,75 \cdot 4,44 = 3,33 \text{ т/добу}$$

Для промислових стоків:

$$W_{\text{пок}} = \frac{8 \cdot 292\,500}{1000 \cdot 365} = 6,41 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{26000 \cdot 450}{40} = 292\,500 \text{ жителів}$$

$$G_{\text{пок}} = 0,75 \cdot 6,41 = 4,8 \text{ т/добу}$$

Таким чином, добовий об'єм затриманого в пісколовках піску, м³/добу, розраховується за формулою:

$$W_{\text{піску}} = \frac{N \cdot 0,02}{1000}, \quad (6)$$

Маса піску, т/добу:

$$G_{\text{піску}} = W_{\text{піску}} \cdot 1,5, \quad (7)$$

Сумарна добова кількість уловленого піску з урахуванням вологості осаду, т/добу:

$$G_{\text{води}} = G_{\text{піску}} \cdot 0,6, \quad (8)$$

Таким чином, для промислових стоків:

$$W_{\text{піску}} = \frac{292\,500 \cdot 0,02}{1000} = 5,85 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$G_{\text{піску}} = 5,85 \cdot 1,5 = 8,775 \text{ т/добу}$$

$$G_{\text{води}} = 8,775 \cdot 0,6 = 5,265 \text{ т/добу}$$

								Арк.
								21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			

Для комунально-побутових стоків:

$$W_{\text{піску}} = \frac{202500 \cdot 0,02}{1000} = 4,05 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$G_{\text{піску}} = 4,05 \cdot 1,5 = 6,075 \text{ т/добу}$$

$$G_{\text{води}} = 6,075 \cdot 0,6 = 3,645 \text{ т/добу}$$

Об'єм осаду для первинних відстійників усіх типів обчислюють за показниками концентрації завислих речовин на вході та виході зі споруди.

Об'єм води що надходить на решітки зі сторони комунально-побутових стоків - $q_1 = 27\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$; промислових стоків - $q_4 = 26\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Об'єм, що потрапляє на пісковловлювачі після решіток:

$$q_{1-2} = 27\,000 - 3,33 = 26\,996,67 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}; \quad (11)$$

$$q_{4-5} = 26\,000 - 4,8 = 25\,995,2 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}; \quad (12)$$

Об'єм води, що надходить з пісковловлювачів на первинні відстійники:

$$q_{2-3} = 26\,996,67 - 6,075 = 26\,989,13 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}; \quad (13)$$

$$q_{5-6} = 25\,995,2 - 8,78 = 25\,986,43 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}; \quad (14)$$

Концентрацію завислих речовин визначають за формулою:

$$C_1 = \frac{a \cdot N_{\text{пр}}}{Q}, \quad (15)$$

де a - питома кількість завислих речовин, що припадає на одного жителя

$$C_1 = \frac{65 \cdot 292\,500}{26\,000} = 731,23 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (16)$$

- для промислових вод;

$$C_1 = \frac{65 \cdot 202\,500}{27\,000} = 487,5 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (17)$$

- для комунально-побутових вод;

Для забезпечення ефективної роботи споруд біологічного очищення вміст завислих речовин у стічних водах після первинного відстоювання не повинен

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виходити за межі 150 мг/дм³. Таким чином, для подальших розрахунків як побутових, так і виробничих стоків приймається гранична вихідна концентрація $C_2 = 150$ мг/дм³.

Кількість утвореного осаду в перерахунку на суху речовину, т/добу:

$$Q_{\text{сух}} = \frac{Q(C_1 - C_2)}{10^6}, \quad (18)$$

А об'єм цього осаду за сухої речовини, м³/добу, розраховується за формулою:

$$V_{\text{ос}} = \frac{Q(C_1 - C_2)}{(100 - P)\rho \cdot 10^4}, \quad (19)$$

де P – вологість осаду, ρ – густина осаду.

Для виробничих стоків:

$$Q_{\text{сух}} = \frac{26000(731,23 - 150)}{10^6} = 15,11 \text{ т/добу}$$

$$V_{\text{ос}} = \frac{26000(731,23 - 150)}{(100 - 93,5)1,05 \cdot 10^4} = 221,42 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Для комунально-побутових стоків:

$$Q_{\text{сух}} = \frac{27000(487,5 - 150)}{10^6} = 9,11 \text{ т/добу}$$

$$V_{\text{ос}} = \frac{2000(487,5 - 150)}{(100 - 93,5)1,05 \cdot 10^4} = 133,51 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{3-7} = V_{\text{ос}} = 133,51 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (20)$$

$$q_{6-7} = V_{\text{ос}} = 221,42 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (21)$$

Об'єм осаду, що йде на компостування після фільтр пресу:

$$q_{VII} = 15,11 + 9,11 = 24,22 \frac{\text{т}}{\text{добу}}, \quad (22)$$

Об'єм води, що повертається в первинний відстійник:

$$q_{7-3} = (221,42 - 15,11) + (133,51 - 9,11) = 330,71 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (23)$$

Об'єм води, що потрапляє в змішувач від первинних відстійників:

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{3-8} = 26\,989,125 - 133,51 = 26\,855,615 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (24)$$

$$q_{6-8} = 25\,986,425 - 221,42 = 25\,765,005 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (25)$$

Загальний об'єм, що потрапляє в аеротенк:

$$q_{8-9} = 25\,765,005 + 26\,855,615 = 52\,620,62 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (26)$$

Кількість сухого залишку активного мулу, який виводиться з вторинних очисних споруд:

$$M_{\text{сух}} = \frac{(0,8 \cdot C(1 - E) + \alpha \cdot L_a - b)Q}{10^6}, \quad (27)$$

де C - вміст завислих речовин у стічній воді на вході до первинних відстійників, мг/дм³; E — коефіцієнт затримання завислих часток; L_a - повне біохімічне споживання кисню БСК_{повн} стічних вод перед подачею в аеротенки, мг/дм³; α — коефіцієнт питомого приросту біомаси активного мулу; b - концентрація активного мулу на виході з вторинних відстійників, мг/дм³; Q - середньодобовий об'ємний розхід стічних вод, м³/добу.

Концентрація завислих речовин для суміші вод:

$$C = \frac{731,23 \cdot 26\,000 + 487,5 \cdot 27\,000}{53\,000} = 607,06 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (28)$$

Для промислових та комунально-побутових вод:

$$\text{БСК}_{\text{пов}} = \frac{450 \cdot 26\,000 + 300 \cdot 27\,000}{53\,000} = 373,58 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (29)$$

Оскільки за умов звичайного гравітаційного відстоювання без додаткової інтенсифікації процесу рівень зниження БСК становить лише 15–25%, отримуємо такі результати:

$$L_a = 373,58 (1 - 0,25) = 280,185 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (30)$$

Розрахуємо ефективність затримання для промислових та господарських стоків:

$$E_{\text{пр}} = \frac{731,23 - 150}{731,23} = 0,8, \quad (31)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{\text{гос}} = \frac{487,5 - 150}{487,5} = 0,69, \quad (32)$$

Тоді всередньому ефективність буде:

$$E = \frac{607,06 - 150}{607,06} = 0,75, \quad (33)$$

Візьмемо $b = 15 \text{ мг/дм}^3$, а $\alpha = 0,4$. Отже,

$$M_{\text{сух}} = \frac{(0,8 \cdot 607,06(1 - 0,75) + 0,4 \cdot 280,185 - 15)53000}{10^6} = 11,58 \text{ т/добу}$$

Добовий об'єм надлишкового активного мулу, що вилучається, $\text{м}^3/\text{добу}$:

$$V_{\text{мулу}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - P) \rho_{\text{мулу}}}, \quad (35)$$

$$V_{\text{мулу}} = \frac{100 \cdot 11,58}{(100 - 99,2)1} = 1447,5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

При проектуванні аеротенків-витиснювачів без регенераторів робоча концентрація біомаси зазвичай приймається в межах $3\text{-}5 \text{ г/дм}^3$, тоді як за наявності регенерації цей показник становить $2\text{-}4,5 \text{ г/дм}^3$. Вміст завислих речовин у стічній воді перед аераційними спорудами обмежений нормою 150 мг/дм^3 , а допустимий рівень БСК_{повн} визначається модифікацією споруди. У випадках, коли початкове БСК_{повн} перевищує 150 мг/дм^3 або у стоках присутні токсичні компоненти промислового походження, обов'язковим є влаштування аеротенків із регенераторами.

Зважаючи на вищезазначені умови, для проектування обрано схему з регенерацією, а робочу дозу активного мулу зафіксовано на рівні 4 г/дм^3 .

Маса активного мулу, що вимивається зі стічними водами з аеротенку, становить:

$$\frac{52620,62 \cdot 4}{1000} = 210,49 \frac{\text{т}}{\text{добу}}, \quad (36)$$

Зворотний активний мул повертається в аераційну споруду, окрім об'єму

		надлишкового приросту:						Арк.
								25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

$$210,49 - M_{\text{сyx}} = 210,49 - 11,58 = 198,91, \quad (37)$$

Якщо вологість 99,2, то об'єм :

$$V = \frac{198,91 \cdot 100}{100 - 99,2} = \frac{24863,75}{\text{добу}} \text{ м}^3, \quad (38)$$

$$q_{10-9} = V = 24863,75 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (39)$$

$$q_{10-11} = 52620,62 - 1447,5 = 51173,12 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (40)$$

Весь об'єм надлишкового активного мулу в кількості 1447,5 м³/добу (із вологістю 99,2%) перекачується в мулоуцілювач, де його вологість оптимізується до 97,3%. За такого ступеня зневоднення витрата згущеного мулу, що транспортується в аеротенк, дорівнюватиме:

$$\frac{11,58 \cdot 100}{100 - 97,3} = 428,8 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (41)$$

Об'єм відокремленої мулової води дорівнюватиме:

$$q_{14-15} = 1447,5 - 428,8 = 1018,7 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (42)$$

Якщо вологість осаду, що поступає на декантуючі центрифуги – 50%, то:

$$q_{\text{IX}} = \frac{1018,7 \cdot 100}{100 - 50} = 2037,4 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (43)$$

Питомі витрати стиснутого повітря очищеної рідини при використанні пневматичної системи аерації аеротенка:

$$q_{\text{пов}} = \frac{q_0 \cdot (L_a - L \cdot t)}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_t \cdot (c_a - c_0)}, \quad (44)$$

де q_0 - питомі витрати кисню на окиснення забруднень, виражені в міліграмах на 1 мг утилізованого БСК_{повн} (при забезпеченні ефекту очищення до залишкового рівня БСК_{повн} = 15 - 20 мг/дм³ цей показник приймають рівним 1,1); K_1 - безрозмірний коефіцієнт, що визначається конструктивними особливостями та типом аераційної системи. При використанні

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дрібнобульбашкових аераторів величину K_1 знаходять на основі пропорції між площею зони аерації та загальною площею дзеркала аеротенку: $K_1 = 2,3$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує глибину розміщення аераторів h_a : $K_2 = 2,52$; $K_3 = 0,7$.

Коефіцієнт, що враховує температуру чтічних вод, розраховується за формулою:

$$K_T = 1 + 0,02 (T_\omega - 20), \quad (45)$$

де T_ω - позначає середньомісячний температурний показник протягом літнього сезону

Розчинність кисню повітря у воді розраховується:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T, \quad (46)$$

де C_T - позначає концентрацію насичення води киснем повітря за заданих умов температури й тиску, яка для 21°C становить – 8,84.

Для нашого випадку $L_a = 280,185 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$, $L_t = 15 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$. Концентрацію кисню візьмемо – $3 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$

Тоді,

$$C_a = \left(1 + \frac{4,3}{20,6}\right) \cdot 8,84 = 10,69 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

$$K_T = \frac{1 + 0,02}{(21 - 20)} = 1,02$$

Тоді питома витрата повітря :

$$q_{\text{пов}} = \frac{1,1 \cdot (280,185 - 15)}{2,3 \cdot 2,52 \cdot 0,7 \cdot 1,02 \cdot (10,69 - 3)} = 9,17 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}, \quad (47)$$

На $53\,000 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$ води потрібно повітря $9,17 \cdot 53\,000 = 486010 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$

Для обчислення витрати води на власні потреби (регенерацію фільтрувальних споруд) спочатку визначають сумарну площу фільтрування за залежністю:

$$F = \frac{Q}{T \cdot V_H - 3,6 \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 - t_2 \cdot V_H \cdot n}, \quad (48)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де T - тривалість експлуатації очисної станції протягом доби, $T = 24$ год; V_H - розрахункова швидкість фільтрації за нормального режиму роботи, $V_H = 7$ м/год; n - число промивок кожної споруди за добу, $n = 2$; t_1 - тривалість одного циклу промивання фільтра, $t_1 = 0,1$ год; t_2 - тривалість технологічного простою споруди під час регенерації, $t_2 = 0,33$ год; ω - питома інтенсивність промивання фільтрувального завантаження, яка становить $\omega = 16$ дм³/(с·м²).

$$F = \frac{51173,12}{24 \cdot 7 - 3,6 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 0,1 - 0,33 \cdot 7 \cdot 2} = 337 \text{ м}^2$$

Кількість фільтрів розраховується:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2}, \quad (49)$$

$$N = \frac{\sqrt{337}}{2} \approx 10$$

Площа одного фільтра становить:

$$F_1 = \frac{337}{10} = 33,7 \text{ м}^2, \quad (50)$$

Оберемо фільтр типового розміру $6 \cdot 10 = 60 \text{ м}^2$

Витрата води на промивку одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \cdot F_1, \quad (51)$$

$$q_{\text{пром}} = 16 \cdot 60 = 960 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Тоді води на промивання одного фільтру витрачається:

$$q'_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot n \cdot t_1, \quad (52)$$

$$q'_{\text{пром}} = 960 \cdot 360 \cdot 2 = 691200 \text{ дм}^3 = 691,2 \text{ м}^3$$

Для 10 фільтрів кількість води буде дорівнювати:

$$q''_{\text{пром}} = 691,2 \cdot 10 = 6912 \text{ м}^3$$

Визначимо витрату озону, дозу озону приймемо – 4 мг/дм³:

$$q_{\text{озон}} = \frac{Q \cdot D_{\text{озону}}}{1000}, \quad (53)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{озон}} = \frac{51173,12 \cdot 4}{1000} = 204,7 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}$$

На аеротенк надходить осад після первинних відстійників та надлишковий мул. Розрахуємо загальний об'єм осаду:

$$V_{\text{заг}} = 133,51 + 221,42 + 1447,5 = 1802,43 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (54)$$

За сухою речовиною:

$$M_{\text{сух}}^3 = 15,11 + 9,11 + 11,58 = 35,8 \frac{\text{т}}{\text{добу}}, \quad (55)$$

Для розрахунків приймаємо зольність первинного осаду $Z_{\text{ос}} = 30\%$, а активного мулу - $Z_{\text{мул}} = 25\%$. Сумарна маса беззольної (органічної) речовини, що спрямовується до аеротенка, становить:

$$M_{\text{без}}^3 = 11,58 \cdot (1 - 0,25) + (15,11 + 9,11) \cdot (1 - 0,30) = 25,64 \frac{\text{т}}{\text{добу}}, \quad (56)$$

Оскільки ефективність розпаду органічної (беззольної) складової становить 40%, залишковий вміст беззольної речовини у збродженій масі дорівнюватиме:

$$M_{\text{без}}' = 25,64 \cdot (1 - 0,4) = 15,39 \frac{\text{т}}{\text{добу}}, \quad (57)$$

Вихід газу:

$$\Gamma = 25,64 - 15,39 = 10,25 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (58)$$

Зольна частина осаду становить

$$M_z = 35,8 - 10,25 = 25,55 \frac{\text{т}}{\text{добу}}, \quad (59)$$

Маса сухої речовини:

$$M_{\text{сух}} = 25,55 + 15,39 = 40,94 \frac{\text{т}}{\text{добу}}, \quad (60)$$

Графічна схема матеріального балансу (рис. 2.2) відображає кількісні параметри та траєкторію руху всіх потоків у межах очисного комплексу. На

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ній зафіксовані об'єми зворотних вод на кожному етапі обробки, кількість осаду, що випадає у первинних відстійниках, а також витрати активного мулу, повітря для аеротенків та озону для дезінфекції. Отримані дані матеріального балансу є основною вихідною базою для подальшого виконання інженерних, технологічних і гідравлічних розрахунків усіх запроєктованих споруд станції.

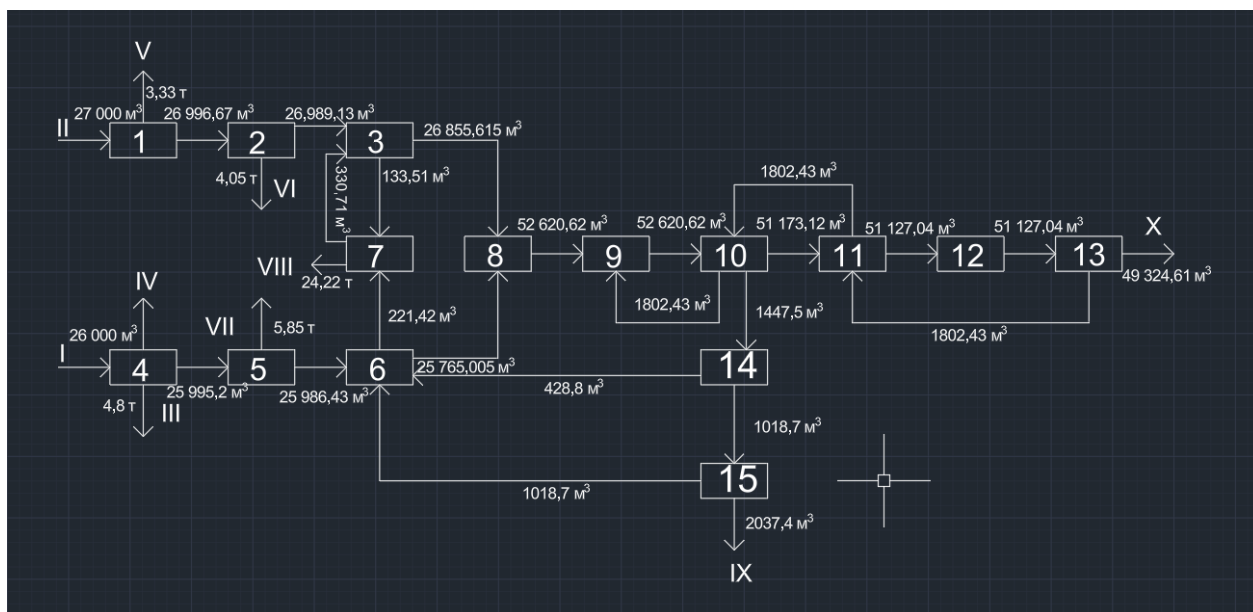


Рисунок 2.2 – Блок схема матеріального балансу

1,4 – решітки; 2,5 – пісковловлювачі; 3,6 – первинні відстійники; 7 – фільтрпрес;
8 – змішувач; 9 – аеротенк; 10 – вторинний відстійник; 11 – блок механічних фільтрів; 12 – озонаторна установка; 13 – резервуар очищеної води; 14 – мулоушільнювач; 15 – декантуючі центрифуги; I – подача промислових стічних вод; II – подача побутових стічних вод; III – подача побутових відходів на захоронення; IV – подача твердих промислових відходів на захоронення після решіток; V – подача твердого осаду побутових відходів на захоронення після решіток; VI - мінеральний осад з горизонтальних пісковловлювачів потоку комунально-побутових стоків; VII - мінеральний осад з горизонтальних пісковловлювачів потоку промислових стоків; VIII – осад на компостування після фільтрпресу; IX – осад на компостування; X – скид в р.Дніпро

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4. - Таблиця матеріального балансу

Назва потоку стічних вод	Значення
Промислові стічні води що надходять на решітки, q_I	26 000 м ³ /добу
Господарсько – побутові стічні води, що надходять на решітки, q_{II}	27 000 м ³ /добу
Покидьки промислових стічних вод, що затримано на решітках, q_v	4,8 т/добу
Покидьки господарсько- побутових стічних вод, що затримано на решітках, q_{III}	3,33 т/добу
Промислові стічні води що надходять на пісковловлювач, q_{1-2}	25 995,2 м ³ /добу
Господарсько – побутові стічні води, що надходять на пісковловлювач, q_{4-5}	26 996,67 м ³ /добу
Кількість затриманого піску на пісковловлювачі промислових стічних вод, q_{VI}	5,85
Кількість затриманого піску на пісковловлювачі побутових стічних вод, q_{VII}	4,05
Об`єм промислових стічних вод, що надходять до первинного відстійника, q_{5-6}	25 986,43 м ³ /добу

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об`єм господарсько – побутових стічних вод, що надходять до первинного відстійника, q_{2-3}	26 996,67 м ³ /добу
Об`єм осаду, що надходить на фільтрпрес, q_{3-7}	133,51 м ³ /добу
Об`єм осаду, що надходить на фільтрпрес, q_{6-7}	221,42 м ³ /добу
Осад після фільтрпреса, що йде на компостування, q_{VIII}	24,22 т/добу
Об`єм води, що повертається в первинний відстійник, q_{7-3}	330,71 м ³ /добу
Об`єм води, що подається на вторинний відстійник, q_{9-10}	52 620,62 м ³ /добу
Об`єм надлишкового активного мулу, що подається на мулоущільнювач, q_{10-14}	1447,5 м ³ /добу
Об`єм води, що подається з мулоущільнювача на первинний відстійник, q_{14-6}	428,8 м ³ /добу
Об`єм осаду, що подається з мулоущільнювача на декантуючі центрифуги, q_{14-15}	1018,7 м ³ /добу
Об`єм осаду на компостування, q_{IX}	2037,4 м ³ /добу
Об`єм води, що йде на промивання механічних фільтрів	1802,43 м ³ /добу
Об`єм води, що йде на скид в річку Дніпро, q_X	49 324,61 м ³ /добу

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Визначення гранично допустимого скиду (ГДС) хімічних сполук та речовин, що надходять у водний об'єкт із зворотними водами

Оцінка нормативів ГДС для речовин, які потрапляють у поверхневі води, проводиться з огляду на фоновий склад водного об'єкта та властивостей води. Розрахунок спирається на фактичні витрати й склад зворотних вод, нормативи ГДК, а також на гідрологічні показники розбавлення забруднювачів - кратність зменшення концентрації та ступінь змішування з урахуванням наявного фонового забруднення.

Таблиця 2.2. – Дані характеристики річки для розрахунку кратності розведення

Показник	Значення показника
Витрата води Q , $\text{м}^3/\text{с}$	1,3
Витрата промислових вод q , $\text{м}^3/\text{добу}$	26000
Витрата комунально-побутових вод q , $\text{м}^3/\text{добу}$	27000
Середня швидкість течії $V_{\text{ср}}$, $\text{м}/\text{с}$	0,75
Середня глибина річки, $H_{\text{ср}}$, м	8
Середня температура води річки влітку T , $^{\circ}\text{C}$	21
Коефіцієнт звивистості русла річки φ	1,3
Коефіцієнт скиду, ξ	1
Відстань від місця скиду до контрольного створу L , м	550

Витрата стічної води дорівнює:

$$q = \frac{27\,000 + 26\,000}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,6 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (61)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок коефіцієнта турбулентної дифузії, $\frac{m^2}{c}$, проводиться за формулою:

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200}, \quad (62)$$

$$E = \frac{0,75 \cdot 8}{200} = 0,03 \frac{m^2}{c}$$

Розрахунок коефіцієнта, що зважає на гідравлічні чинники змішування зворотних вод з природними проводиться за формулою:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi^3 \sqrt{\frac{E}{q}}, \quad (63)$$

$$\alpha = 1,3 \cdot 1^3 \sqrt{\frac{0,03}{0,6}} = 0,48$$

Коефіцієнт змішування, який визначає частку витрати природного водотоку, що залучена до розбавлення зворотних вод на ділянці завдовжки 550 м, розраховується наступним чином:

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha^3 \sqrt{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha^3 \sqrt{L}}}, \quad (64)$$

$$a = \frac{1 - e^{-0,48^3 \sqrt{550}}}{1 + \frac{1,3}{0,6} \cdot e^{-0,48^3 \sqrt{550}}} = 0,94$$

Розрахунок кратності розведення проводиться за формулою:

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q}, \quad (65)$$

$$n = \frac{0,94 \cdot 1,3 + 0,6}{0,6} = 3$$

Кратність розведення становить $n = 3$, що свідчить про трикратне розбавлення стічних вод водою водного об'єкта під час їхнього руху до розрахункового створу.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5. Вихідні параметри для розрахунку гранично допустимих скидів (ГДС) та концентрацій речовин у зворотних водах

Показник	ГДК	Фонова концентрація
Завислі речовини, мг/дм ³	20	25
Азот амонійний, мг/дм ³	0,5	0,6
Азот нітритів, мг/дм ³	0,02	0,03
Азот нітратів, мг/дм ³	9	3
Ортофосфати, мг/дм ³	10	0,15
Сульфати, мг/дм ³	100	80
Хлориди, мг/дм ³	350	105
Залізо, мг/дм ³	0,005	0,03
Нафтопродукти, мг/дм ³	0,05	0,02
СПАР, мг/дм ³	0,1	0,14
ХСК, мг/дм ³	15	68
БСК ₅ , мг/дм ³	6	9

Розрахунок максимально дозволеної концентрації завислих часток у відведених зворотних водах після очищення здійснюється за формулою:

$$C_{\text{ст}} = C_{\text{доп}} \cdot n + C_{\text{ф}}, \quad (66)$$

$$C_{\text{ст}} = 20 \cdot 3 + 25 = 85 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

Ефективність роботи очисних споруд (ступінь очищення стічних вод)

розраховується за формулою:

$$Z = \frac{C_0 - C_{\text{ст}}}{C_0} \cdot 100 \%, \quad (67)$$

Середня концентрація завислих речовин у сформованій суміші стічних вод,

що надходить на очисні споруди, становить:

$$C = \frac{26000 \cdot 490 + 27000 \cdot 294}{53000} = 390,15 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (68)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z = \frac{390,15 - 85}{390,15} \cdot 100 \% = 78,21 \%, \quad (69)$$

Для умов, коли фонові концентрації речовини у водоймі не перевищують її гранично допустимі норми, розрахунок гранично допустимого скиду (ГДС) речовини або максимально допустимої концентрації домішок у зворотних водах розраховується за формулою:

$$C_{\text{ст}} = n \cdot (\text{ГДК} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}, \quad (70)$$

Азот нітратів:

$$C_{\text{ст}} = 3 \cdot (9 - 3) + 3 = 21 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (71)$$

$$C = \frac{26000 \cdot 1,1 + 27000 \cdot 2,6}{53000} = 1,86 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (72)$$

Ортофосфати:

$$C_{\text{ст}} = 3 \cdot (10 - 0,15) + 0,15 = 4,65 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (73)$$

$$C = \frac{26000 \cdot 8,81 + 27000 \cdot 0,15}{53000} = 4,4 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (74)$$

Сульфати:

$$C_{\text{ст}} = 3 \cdot (100 - 80) + 80 = 140 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (75)$$

$$C = \frac{26000 \cdot 77 + 27000 \cdot 73}{53000} = 74,96 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (76)$$

Хлориди:

$$C_{\text{ст}} = 3 \cdot (350 - 105) + 105 = 840 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (77)$$

$$C = \frac{26000 \cdot 135,5 + 27000 \cdot 115}{53000} = 125,1 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (78)$$

Нафтопродукти:

$$C_{\text{ст}} = 3 \cdot (0,05 - 0,02) + 0,02 = 0,11 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (79)$$

$$C = \frac{26000 \cdot 0,62 + 27000 \cdot 0,54}{53000} = 0,58 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (80)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z = \frac{0,58 - 0,11}{0,58} \cdot 100 \% = 81,03 \%, \quad (81)$$

У випадках, коли фонові показники якості води у водоприймачі вже перевищують встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК), нормативні вимоги автоматично переносяться на склад зворотних вод. Відповідно, максимально допустима концентрація речовин у стічних водах, що скидаються, встановлюється на рівні, який не перевищує існуючий фоновий вміст, щоб виключити додаткове антропогенне навантаження на екосистему

Азот амонійний: $C_{ст} = ГДК = 0,5 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$

$$C = \frac{26000 \cdot 32 + 27000 \cdot 6,5}{53000} = 19 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (82)$$

$$Z = \frac{19 - 0,5}{19} \cdot 100 \% = 97,37 \%, \quad (83)$$

Амоній нітритний: $C_{ст} = ГДК = 0,02 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$

$$C = \frac{26000 \cdot 0,07 + 27000 \cdot 0,2}{53000} = 0,14 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (84)$$

$$Z = \frac{0,14 - 0,02}{0,14} \cdot 100 \% = 85,71 \%, \quad (85)$$

Залізо: $C_{ст} = ГДК = 0,005 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$

$$C = \frac{26000 \cdot 0,48 + 27000 \cdot 0,96}{53000} = 0,72 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (86)$$

$$Z = \frac{0,72 - 0,005}{0,72} \cdot 100 \% = 99,3 \%, \quad (87)$$

СПАР: $C_{ст} = ГДК = 0,1 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$

$$C = \frac{26000 \cdot 2,02 + 27000 \cdot 0,94}{53000} = 1,47 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (88)$$

$$Z = \frac{1,47 - 0,1}{1,47} \cdot 100 \% = 93,19 \%, \quad (89)$$

ХСК: : $C_{ст} = ГДК = 15 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = \frac{26000 \cdot 520 + 27000 \cdot 2546}{53000} = 1552,11 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (90)$$

$$Z = \frac{1552,11 - 15}{1552,11} \cdot 100 \% = 99,03 \%, \quad (92)$$

Граничний рівень біохімічного споживання кисню (БСК) у складі очищених стічних вод розраховується за наступною математичною залежністю:

$$C_{\text{ст}} = \frac{\alpha \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_1^t}} (\text{ГДК}^{\text{БСК}} - C_{\text{ф}} \cdot 10^{-k_2^t}) + \frac{\text{ГДК}^{\text{БСК}}}{10^{-k_1^t}}, \quad (93)$$

Тривалість транспортування води від місця випуску стоків до контрольного створу дорівнює:

$$t = \frac{L}{V_{\text{сп}} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24}, \quad (94)$$

$$t = \frac{550}{0,75 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24} = 0,008 \text{ доби}$$

$$C_{\text{ст}} = \frac{0,48 \cdot 1,3}{0,6 \cdot 10^{-0,11 \cdot 0,008}} (6 - 9 \cdot 10^{-0,5 \cdot 0,008}) + \frac{6}{10^{-0,11 \cdot 0,008}} = 2,97 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (95)$$

$$C = \frac{26000 \cdot 252 + 27000 \cdot 658}{53000} = 458,83 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (96)$$

$$Z = \frac{458,83 - 2,97}{458,83} \cdot 100 \% = 99,35 \%, \quad (97)$$

Розрахунок дозволеної маси скидання речовин для кожного індивідуального випуску зворотних вод базується на формулі:

$$\text{ГДС} = q \cdot C^{\text{ГДС}}, \quad (98)$$

де

$$q = 0,6 \cdot 3600 = 2160 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \quad (99)$$

Завислі речовини:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 85 = 183\,600 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (100)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Азот амонійний:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 0,5 = 1080 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (101)$$

Азот нітратний:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 21 = 45\,360 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (102)$$

Азот нітритний:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 0,02 = 43,2 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (103)$$

Ортофосфати:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 4,65 = 10\,044 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (104)$$

Сульфати:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 140 = 302\,400 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (105)$$

Хлориди:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 840 = 1\,814\,400 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (106)$$

Нафтопродукти:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 0,11 = 237,6 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (107)$$

Залізо:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 0,005 = 10,8 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (108)$$

СПАР:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 0,1 = 2160 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (109)$$

ХСК:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 15 = 32\,400 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (110)$$

БСК₅:

$$\text{ГДС} = 2160 \cdot 2,97 = 6\,415,2 \frac{\text{г}}{\text{год}}, \quad (111)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ, ЗАКЛАДЕНИХ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СХЕМІ

3.1. Механічне очищення стоків

Механічне очищення є першим етапом у загальній технологічній схемі очисних споруд, який забезпечує вилучення нерозчинних домішок зі стічних вод і підготовку потоку до подальшої біологічної обробки. Головне завдання цього етапу полягає у послідовному зниженні концентрації завислих речовин, плаваючих відходів та мінеральних часток різної гідравлічної крупності. Якість очищення води на механічній стадії безпосередньо визначає ефективність роботи аеротенків, оскільки винесення грубодисперсних домішок суттєво підвищує навантаження на активний мул і знижує ефект біологічного очищення. У проекті модернізації очисних споруд передбачено роздільне проходження механічної стадії для господарсько-побутових стоків міста Обухів та промислових стічних вод ПрАТ «Київський КПК», що дозволяє врахувати витрату та фізико-хімічні властивості кожного потоку і отримати максимальний ефект видалення забруднень.

Першим елементом є механізовані решітки, які встановлюються у підвідних каналах. Процес очищення на решітках базується на механічному затриманні відходів крізь металеві стержні з фіксованим розміром прозорів. На цьому етапі з води вилучаються великі плаваючі предмети побутового сміття та інші компоненти, які погіршують фізичні показники якості води. Особливе значення решітки мають для промислового потоку картонно-паперового виробництва, оскільки ці стоки мають високий вміст залишків целюлозного волокна, шматочків паперу та пакувальних матеріалів. Затримання цих речовин на початковій стадії дозволяє знизити концентрацію найбільших нерозчинних забруднень у воді та підготувати рідину до подальшого відстоювання. Зняття затриманих відходів з решіток здійснюється механізованим способом, після чого вони вивозяться на захоронення.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступним етапом механічного очищення є горизонтальні пісковловлювачі, робота яких ґрунтується на гравітаційному осадженні часток. Головною метою функціонування цих споруд є якісне вилучення з води важких мінеральних домішок, переважно кварцового піску, шлаку та дрібного скла з діаметром часток понад 0,2 мм. Для реалізації цього процесу швидкість руху стічної води у споруді чітко контролюється і підтримується в діапазоні від 0,15 до 0,3 метрів на секунду. Якщо швидкість перевищить верхню межу, пісок не встигне осісти і якість води на виході погіршиться. Якщо ж швидкість впаде нижче мінімального значення, в осад почнуть випадати легкі органічні речовини, що призведе до загнивання води в споруді. Ефективне вилучення піску на цьому етапі забезпечує повне очищення стоків від важкої мінеральної фракції, яка не повинна потрапляти до первинних відстійників.

Завершальним етапом механічного оброблення є відстоювання стічних вод у радіальних первинних відстійниках. Сутність цього процесу полягає у розділенні твердої та рідкої фаз в умовах значного зниження швидкості потоку для досягнення нормативних показників якості води за завислими речовинами. У радіальних відстійниках стічна вода подається через центральний пристрій і рухається від центру до периферійного збірного лотка. У процесі цього руху швидкість течії знижується, що створює умови для розділення речовин за їхньою густиною. Частки завислих речовин, які важчі за воду, під дією сили тяжіння осідають на кінцеве дно споруди, утворюючи сирий осад, який за допомогою мулошкребів зсувається до центрального приямка і викачується. Одночасно з цим легші за воду домішки, такі як жири, нафтопродукти та поверхнево-активні речовини (СПАР), спливають на поверхню дзеркала води, де збираються шкребками і видаляються через жирозбірні пристрої, що дозволяє значно знизити показники ХСК та БСК стічної води. Роздільне відстоювання промислових стоків картонно-паперового комбінату та господарсько-побутових вод міста Обухів є технологічно обґрунтованим через

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різний вихідний склад та концентрацію забруднень. Промислові зворотні води ПрАТ «Київський КПК» містять велику кількість дрібнодисперсного целюлозного волокна, яке утворює стійкі системи, що вкрай повільно піддаються гравітаційному осадженню. У разі сумісного відстоювання з побутовими стоками ефективність осадження часток знижується, що призводить до масового винесення завислих речовин на стадію біологічного очищення. Локалізація промислового потоку в окремій групі радіальних первинних відстійників дозволяє оптимізувати процес осадження саме целюлозного шламу та досягти нормативного освітлення води до концентрації завислих речовин не більше 150 міліграм на дециметр кубічний. Лише після досягнення такої якості освітлені потоки об'єднуються у загальному змішувачі, утворюючи стабільну за складом суміш, яка подається в аеротенки для проходження біологічного очищення без ризику порушення роботи активного мулу.

3.2. Біологічне очищення стоків

Біологічне очищення зворотних вод є головним етапом загальної технологічної схеми, який забезпечує деструкцію розчинених органічних забруднень, а також видалення біогенних елементів (сполук азоту та фосфору) перед скиданням очищеного потоку у водний об'єкт. Фізико-хімічна та біологічна сутність цього процесу базується на здатності мікроорганізмів активного мулу сорбувати, трансформувати та повністю окиснювати забруднюючі речовини, використовуючи їх як субстрат для підтримки життєдіяльності, отримання енергії та нарощування біомаси. Біологічна стадія розрахована на інтенсивне видалення великої кількості вуглецевих органічних сполук за показниками БСК і ХСК, а також мінеральних форм азоту.

Основними спорудами, де реалізуються ці процеси, є багатокоридорні аеротенки, які працюють у безперервному режимі з постійною інженерною

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримкою життєдіяльності штучного біоценозу. Ефективність цього етапу оцінюється за фінальною якістю води, яка після проходження аеротенків та відокремлення мулової суміші повинна повністю відповідати встановленим екологічним нормативам для скидання у річку. Очищення стічних вод в аеротенках є складним екологічним процесом, де швидкість деструкції забруднень залежить від концентрації розчиненого кисню, температури середовища, рН води, наявності токсичних речовин та правильного співвідношення між масою органічного вуглецю та кількістю біомаси. Активний мул являє собою складну екосистему, яка складається з пластівцеутворюючих бактерій, найпростіших мікроорганізмів та грибів. Бактерії здійснюють основну функцію руйнування забруднень, тоді як найпростіші регулюють чисельність бактеріальної маси та сприяють укрупненню пластівців мулу, що покращує якість очищення води.

Механізм вилучення органіки в аеротенках протікає у дві стадії: спочатку відбувається швидка адсорбція забруднень на поверхні пластівців активного мулу, що призводить до первинного освітлення води, а потім починається повільна стадія біологічного окиснення та засвоєння сорбованих речовин клітинами мікроорганізмів. Для глибокого очищення води від сполук азоту в аеротенках штучно створюються дві послідовні технологічні зони — аноксидна (зона денітрифікації) та аеробна (зона нітрифікації). Перший ступінь трансформації азоту - нітрифікація - відбувається в аеробній зоні споруди за умов постійного насичення води розчиненим киснем, який подається через дрібнобульбашкові аератори. Присутність кисню є обов'язковою для життєдіяльності автотрофних нітрифікуючих бактерій. На цій стадії амонійний азот, який надходить зі стічною водою, спочатку окиснюється бактеріями до нітритів, а потім бактеріями до стабільних та менш токсичних нітратів. Процес нітрифікації супроводжується зниженням лужності води та вимагає великих витрат кисню. Якість води після цієї зони характеризується практично повною відсутністю токсичного амонійного азоту

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та високим вмістом нітратних іонів, що свідчить про успішне завершення першої фази очищення від біогенів.

Другий ступінь - денітрифікація - реалізується в аноксидній зоні аеротенку, де розчинений кисень повністю відсутній, але є висока концентрація нітратів, що надходять із рециркуляційним потоком з кінця аеротенку. У цих умовах гетеротрофні бактерії-денітрифікатори використовують кисень нітратів для свого дихання. Одночасно як джерело вуглецевого живлення вони використовують органічні сполуки, які містяться у сирій стічній воді. Внаслідок цього нітрати відновлюються до вільного газоподібного азоту, який безпечно виділяється в атмосферу. Завдяки процесу денітрифікації досягається суттєве зниження концентрації загального азоту у стічній воді, а також відбувається інтенсивне падіння показників БСК і ХСК, оскільки органічні речовини паперового виробництва витрачаються на відновлення нітратів. Оскільки стічні води ПрАТ «Київський КПК» мають специфічний склад із високим вмістом залишків целюлозного волокна, крохмалю та інших допоміжних речовин, сумісне очищення з побутовими стоками міста Обухів в аеротенках дозволяє збалансувати співвідношення поживних речовин. Для нормального метаболізму мікроорганізмів активного мулу необхідна наявність вуглецю, азоту та фосфору у чітко визначеному співвідношенні. Побутові стоки збагачують суміш азотом та фосфором, яких не вистачає промислового потоку паперової фабрики. Це забезпечує формування стійкого біоценозу, запобігає масовому розвитку нитчастих бактерій, які викликають спухання мулу, і гарантує високу швидкість освітлення води. Після проходження всіх зон аеротенку мулова суміш направляється на гравітаційне відокремлення очищеної води від біомаси. Ефективність біологічної стадії повністю залежить від седиментаційних характеристик пластівців мулу, які сформувалися в аеротенку. Очищена вода після відокремлення від активного мулу характеризується високою прозорістю, стабільним значенням рН, низьким вмістом завислих речовин і

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінімальними залишковими концентраціями органічних забруднень та сполук азоту. Це дозволяє отримати воду високої якості, яка повністю підготовлена до завершальних етапів знезараження та доочищення перед її безпосереднім відведенням у природне середовище.

3.3. Доочищення та знезараження

Глибоке доочищення є завершальним етапом технологічної схеми обробки стічних вод, який забезпечує доведення показників якості води до встановлених нормативних вимог перед її скиданням у водний об'єкт. Після проходження біологічної стадії в аеротенках та відокремлення активного мулу, стічна вода все ще містить певну кількість дрібнодисперсних завислих речовин і залишкових стійких органічних сполук. Процес глибокого доочищення спрямований на видалення цих залишкових забруднень для мінімізації антропогенного навантаження на річку.

Основним процесом глибокого доочищення від завислих речовин та залишків дрібнодисперсного целюлозного волокна є швидке фільтрування води крізь зернисте завантаження. Фізична сутність фільтрування базується на механічному затриманні часток у порах фільтрувального шару, а також на процесах адгезії, коли дрібні забруднення прилипають до поверхні зерен завантаження. Швидкість фільтрування та висота основного фільтрувального шару підбираються так, щоб забезпечити максимальний ефект освітлення води. Ефективність роботи фільтрів оцінюється за зниженням концентрації завислих речовин до мінімальних значень, що безпосередньо впливає на прозорість води та знижує залишкові показники БСК і ХСК. Для відновлення поглинальної здатності завантаження періодично проводиться його промивка зворотним током очищеної води, а промивна вода повертається на початок очисних споруд.

Останнім і обов'язковим етапом технологічного циклу є озонування

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стічних вод, яке одночасно поєднує в собі глибоке окиснення залишкових органічних речовин та повне знезараження стоків від патогенної мікрофлори. Хімічна та біологічна сутність цього процесу базується на високій окиснювальній здатності озону, який є сильним екологічно чистим окисником. При введенні озону в стічну воду руйнуються стійкі органічні сполуки паперового походження, які не піддалися біологічному розкладу в аеротенках, що дозволяє досягти мінімальних залишкових значень ХСК та повністю деколорувати (знебарвити) воду. Бактерицидна дія озону полягає в швидкому руйнуванні клітинних оболонок бактерій та інактивації вірусів шляхом безпосереднього окиснення їхніх білкових структур. Ефективність процесу озонування безпосередньо залежить від якості води, яка надходить після етапу швидкого фільтрування. Наявність великої кількості завислих речовин може призвести до перевитрати озону на взаємодію з твердими часточками, що знизить ефект знезараження та деструкції розчиненої органіки. Саме тому попереднє глибоке доочищення на зернистих фільтрах є необхідною умовою для стабільної та економічно ефективної роботи установок озонування. Великою технологічною перевагою озонування є те, що в процесі реакції озон швидко розпадається з утворенням звичайного кисню, завдяки чому очищена вода насичується розчиненим киснем. Отриманий на виході потік має високу прозорість, низький вміст органічних речовин, є повністю стерильним і безпечним для флори та фауни водойми-приймача.

3.4. Обробка та утилізація осадів

Обробка та утилізація осадів є етапом технологічної схеми очисних споруд, який визначає екологічну безпеку та ефективність усього комплексу. У процесі механічного відстоювання та біологічного очищення суміші промислових та господарсько-побутових стоків утворюються великі об'єми первинного сирого осаду та надлишкового активного мулу. Цей осад з

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високим вмістом води та органічних речовин, яка без належної обробки швидко піддається загниванню і створює значне екологічне навантаження на навколишнє середовище.

Головне завдання етапу обробки осадів полягає у максимальному зниженні їхньої вологості, зменшенні фізичного об'єму, стабілізації органічної складової та підготовці до безпечного вивезення, утилізації або захоронення. У проекті модернізації технологічної схеми процеси обробки утворюваних осадів розділені на послідовні стадії гравітаційного ущільнення, кондиціонування за допомогою флокулянтів, механічного зневоднення на фільтр-пресах та центрифугування на декантерах, що дозволяє отримати кек із мінімальною вологою.

Початковим етапом обробки утворюваних осадів є їхнє гравітаційне ущільнення у мулоущільнювачах. Надлишковий активний мул після вторинних відстійників має високу початкову вологість (близько 99,2–99,5%), що робить його транспортування та безпосереднє пресування неефективним. Фізика сутність ущільнення полягає у повільному гравітаційному осадженні пластівців мулу під дією сили тяжіння в умовах спокійного гідравлічного режиму споруди. Процес ущільнення дозволяє відокремити значну частину вільної води і знизити вологість мулової суміші до 97–98%. Це призводить до зменшення фізичного об'єму осаду в кілька разів, завдяки чому суттєво знижується навантаження на наступне технологічне обладнання. Відокремлена під час ущільнення мулова вода збирається через лотки і повертається на початок очисних споруд у голову аеротенків для повторного очищення.

Оскільки первинний осад паперового виробництва містить велику кількість волокна та мінеральних часток, він має хорошу природну водовіддачу і здатність до механічного розділення фаз без штучного хімічного кондиціонування. Для механічного зневоднення ущільненого осаду у

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічній схемі використовуються фільтр-преси та декантуючі центрифуги. Застосування фільтр-пресів базується на принципі примусового розділення твердих та рідких компонентів під дією зовнішнього тиску крізь пористу фільтрувальну тканину. Осад подається на фільтрувальні елементи, де спочатку під дією сили тяжіння відбувається вільне дренивання води через пори тканинного бар'єра, а потім суміш піддається механічному стисненню. Завдяки цьому вологість осаду знижується до нормативних 75–80%, а сам потік змінює свій фізичний стан із рідкого на твердий структурований кек, який легко транспортується. Фільтрат, що утворюється під час пресування, відводиться із споруди і направляється назад на початок очисних споруд.

Паралельно для інтенсифікації процесу та обробки висококонцентрованих осадів використовуються декантуючі центрифуги. Робота декантерів базується на відцентровому розділенні фаз, де під дією високих відцентрових сил у рухомому барабані відбувається швидке відокремлення важких твердих часток від рідкої фази без додавання сторонніх речовин. Осад безперервно подається всередину центрифуги, де під дією відцентрового прискорення тверда фаза відкидається до стінок барабана і виводиться шнеком у вигляді зневодненого продукту, а прояснена рідина відводиться окремим каналом. Використання декантуючих центрифуг дозволяє досягти високої продуктивності, стабільного зневоднення осадів і суттєвого зниження їхньої загальної маси. Отриманий зневоднений осад має щільну структуру і направляється на подальше екологічно безпечне компостування або захоронення на спеціальних полігонах без ризику вимивання забруднюючих компонентів у ґрунтові води.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ТА ГІДРАВЛІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

4.1. Проектування решіток

$$q = \frac{26\,000}{24 \cdot 3600} = 0,30 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (112)$$

– секундна витрата води для промислових вод

$$q = \frac{27\,000}{24 \cdot 3600} = 0,31 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (113)$$

– секундна витрата води для побутових вод

Розрахуємо число прозорів у решітці:

$$n = \frac{q}{b \cdot h \cdot V}, \quad (114)$$

де h позначає висоту шару води в каналі решітки, м; q - секундна витрата стоків, що надходять на очищення, $\text{м}^3/\text{с}$; V - швидкість руху рідини у просвітах решітки, що дорівнює близько 1 м/с; b - ширина щілини між стрижнями решітки, який береться в межах 0,016 - 0,019 м.

Для промислових вод:

$$n = \frac{0,30}{0,017 \cdot 1 \cdot 1} = 18$$

Для побутових:

$$n = \frac{0,31}{0,017 \cdot 1 \cdot 1} = 19$$

Розрахуємо загальну ширину решітки, м, за формулою:

$$B = b \cdot n + s \cdot (n - 1), \quad (115)$$

де s – товщина прута решітки, м (0,006 – 0,010 м)

Для промислових вод:

$$B = 0,017 \cdot 18 + 0,008 \cdot (18 - 1) = 0,442 \text{ м}$$

Для побутових:

$$B = 0,017 \cdot 19 + 0,008 \cdot (19 - 1) = 0,467 \text{ м}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова ширина однієї решітки, м, визначається залежно від загального числа секцій решітки:

$$B_1 = \frac{B}{N}, \quad (117)$$

Для промислових вод:

$$B_1 = \frac{0,442}{2} = 0,221 \text{ м}$$

Для побутових:

$$B_1 = \frac{0,467}{2} = 0,234 \text{ м}$$

Гідравлічний опір решітки, м, визначається за формулою:

$$h_0 = P \cdot \alpha \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}, \quad (118)$$

де P - коефіцієнт на засмічення решітки та конструктивні елементи механічного очищення ($P = 3$); V - швидкість проходження стічної води, м/с; g - прискорення вільного падіння, м/с²; α - безрозмірний коефіцієнт опору, що залежить від стержнів і кута нахилу обладнання, який знаходять за формулою:

$$\alpha = \beta \left(\frac{s^{\frac{4}{3}}}{b} \right) \cdot \sin(\alpha), \quad (119)$$

де β - коефіцієнт, що визначається конфігурацією поперечного перерізу стрижнів решітки: для квадратного профілю - 2,42; для круглого профілю - 1,72; α - кут нахилу стрижнів відносно горизонтальної площини приймається в діапазоні $\alpha = 60^\circ - 70^\circ$

Для промислових вод:

$$\alpha = 2,42 \left(\frac{0,008^{\frac{4}{3}}}{0,017} \right) \cdot \sin(65) = 0,73$$

$$h_0 = 3 \cdot 0,73 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,11$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для побутових:

$$\alpha = 2,42 \left(\frac{0,008^{\frac{4}{3}}}{0,017} \right) \cdot \sin(65) = 0,73$$

$$h_0 = 3 \cdot 0,73 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,11$$

Добова кількість затриманих на решітках відходів, м³/добу:

$$W_{\text{пок}} = \frac{a_0 \cdot N_{\text{пр}}}{1000 \cdot 365}, \quad (120)$$

де a_0 - нормативний об'єм твердих відходів на одну особу за рік; $N_{\text{пр}}$ – чисельність населення

Маса покидьків, т, розраховується за формулою:

$$J = W \cdot \rho, \quad (121)$$

Де ρ – густинв покидьків, 0,75 т

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q \cdot C}{a_b}, \quad (122)$$

де Q -добова витрата стічних вод, що надходять на очисні споруди, м³/добу; C – концентрація змулених речовин, г/м³; a_b - позначає масу завислих часток, що припадає на одного мешканця за добу й дорівнює 65 г/добу;

За БСК $N_{\text{пр}}^L$, розраховується:

$$N_{\text{пр}}^L = \frac{Q \cdot L}{a_L}, \quad (123)$$

Отже, для господарсько-побутових стоків:

$$W_{\text{пок}} = \frac{8 \cdot 202\,500}{1000 \cdot 365} = 4,44 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{27000 \cdot 300}{40} = 202\,500 \text{ жителів}$$

$$J = 0,75 \cdot 4,44 = 3,33 \text{ т/добу}$$

Для промислових стоків:

$$W_{\text{пок}} = \frac{8 \cdot 292\,500}{1000 \cdot 365} = 6,41 \text{ м}^3/\text{добу}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{пр}} = \frac{26000 \cdot 450}{40} = 292\,500 \text{ жителів}$$

$$J = 0,75 \cdot 6,41 = 4,8 \text{ т/добу}$$

4.2. Проектування пісковловлювачів

Визначення геометричних параметрів споруди починають із розрахунку площі живого перерізу піскоуловлювача, м²:

$$\omega = \frac{q_{\text{max}}}{n \cdot V}, \quad (124)$$

де n - кількість секцій піскоуловлювача; V - швидкість горизонтального руху стічних вод у споруді (приймається в межах 0,15 - 0,3 м/с); q_{max} - максимальна розрахункова секундна витрата стоків, м³/с

Площа горизонтального дзеркала води в окремій секції, м²:

$$F_1 = \frac{q_{\text{max}} \cdot 10^3}{n \cdot U_0}, \quad (125)$$

де U_0 - гідравлічна крупність частинок піску, що підлягають затриманню (приймається в межах 18 - 24 мм/с);

Розрахункова довжина горизонтального піскоуловлювача рахують таким чином:

$$L = K \cdot h \frac{V}{U_0}, \quad (126)$$

де K - безрозмірний коефіцієнт турбулентності, що враховує зниження затримувальної здатності споруди під впливом вертикальних вихрових потоків рідини; h - робоча глибина в проточній частині піскоуловлювача, м.

Розрахунковий час контакту (затримання) рідини в піскоуловлювачі, с, обчислюється за залежністю:

$$t = \frac{L \cdot B \cdot h \cdot n}{q_{\text{max}}}, \quad (127)$$

де B – ширина секції пісковловлювача, м

$$B = \frac{\omega}{h}, \quad (128)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм приямка для мінерального осаду, м³, розраховують за величиною приведенного числа мешканців:

$$W = \frac{a_s \cdot N_{\text{пр}}^c \cdot t}{1000 \cdot n}, \quad (129)$$

де a_s - питома добова кількість піску, що випадає в осад у розрахунку на одного мешканця (0,02 дм³/(люд·добу)); t - тривалість накопичення та зберігання піску в приямку до його вивантаження (2 доби)

Висота порогу водозливу, м, розраховується за формулою:

$$P = \frac{h_{\text{max}} - K_q^{\frac{2}{3}} \cdot h_{\text{min}}}{K_q^{\frac{2}{3}} - 1}, \quad (130)$$

де h_{min} - висота шару води в каналі споруди, що відповідає мінімальному припливу, м; h_{max} - висота шару води в каналі при максимальному припливі, м; K_q - коефіцієнт загальної нерівномірності споживання та відведення води, який обчислюють за залежністю:

$$K_q = \frac{q_{\text{max}}}{q_{\text{min}}}, \quad (131)$$

Розрахуємо пісковловлювач для промислових вод:

$$\omega = \frac{0,30}{1 \cdot 0,25} = 1,2 \text{ м}^2$$

$$F_1 = \frac{0,30 \cdot 10^3}{1 \cdot 19} = 15,78 \text{ м}^2$$

$$L = 1,3 \cdot 1 \cdot \frac{0,25}{19} \cdot 10^3 = 17 \text{ м}$$

$$t = \frac{17 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1}{0,30} = 68 \text{ с}$$

$$B = \frac{1,2}{1} = 1,2 \text{ м}$$

$$W = \frac{0,02 \cdot 292\,500 \cdot 2}{1000 \cdot 1} = 11,7 \text{ м}^3$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = \frac{1,4 - 1,2^{\frac{2}{3}} \cdot 1}{1,2^{\frac{2}{3}} - 1} = 2,08 \text{ м}$$

$$K_q = \frac{0,30}{0,25} = 1,2$$

Розрахуємо пісковловлювач для побутових вод:

$$\omega = \frac{0,31}{1 \cdot 0,25} = 1,24 \text{ м}^2$$

$$F_1 = \frac{0,31 \cdot 10^3}{1 \cdot 19} = 16,31 \text{ м}^2$$

$$L = 1,3 \cdot 1 \cdot \frac{0,25}{19} \cdot 10^3 = 17 \text{ м}$$

$$t = \frac{17 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1}{0,31} = 65 \text{ с}$$

$$B = \frac{1,2}{1} = 1,2 \text{ м}$$

$$W = \frac{0,02 \cdot 202\,500 \cdot 2}{1000 \cdot 1} = 8,1 \text{ м}^3$$

$$P = \frac{1,4 - 1,28^{\frac{2}{3}} \cdot 1}{1,28^{\frac{2}{3}} - 1} = 1,24 \text{ м}$$

$$K_q = \frac{0,31}{0,25} = 1,28$$

4.3. Проектування радіальних відстійників для промислових стічних вод

Геометричний розрахунок споруди полягає в обчисленні діаметра радіального відстійника, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\max}}{3,6 \cdot n \cdot k(U_0 - \omega)\pi}}, \quad (132)$$

де $q_{\max}$ - максимальний годинна витрата стічних вод, м³/год; n - кількість паралельно працюючих секцій радіальних відстійників, шт.; k - безрозмірний

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнт об'ємного використання споруди (коефіцієнт корисної дії об'єму, приймається $k \approx 0,45$); U_0 - гідравлічна крупність завислих речовин, що підлягають осадженню (варіюється в діапазоні 0,08 - 0,6 мм/с); ω - коефіцієнт, який враховує вплив вертикальних турбулентних вихорів на ефективність гравітаційного розділення фаз (0,03 - 0,05 V_c); V_c - середня швидкість горизонтального руху рідини на радіальній відстані, що дорівнює половині загального радіусу споруди (5 - 10 мм/с).

$$q_{max} = \frac{26\,000}{24} = 1083,33 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \quad (133)$$

$$\omega = 0,04 \cdot 7 = 0,28, \quad (134)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1083,33}{3,6 \cdot 4 \cdot 0,45(0,4 - 0,28)3,14}} = 42,13 \text{ м}$$

Першочерговою вимогою до обчислення параметрів радіальних відстійних споруд є:

$$m = \frac{D}{H} = 6 - 12, \quad (135)$$

де H - висота зони відстоювання осаду ($H = 1,5 - 5$ м).

$$m = \frac{42,13}{4} = 10,53$$

Об'єм накопичення осаду, м^3 , розраховують наступним чином:

$$W = \frac{q \cdot t(C - m)}{\delta}, \quad (136)$$

де q - годинна витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$; C - початкова концентрація завислих речовин у рідині, що надходить на відстоювання, $\text{г}/\text{м}^3$ (або $\text{мг}/\text{л}$); m - залишкова концентрація завислих часток у освітленій воді на виході зі споруди, $\text{г}/\text{м}^3$; δ - концентрація (вміст) твердої фази у затриманому осаді, $\text{г}/\text{м}^3$ (або вологість осаду, %); t - тривалість (час) накопичення та ущільнення осаду в зоні збору, год.

$$W = \frac{1083,33 \cdot 12(294 - 10,53)}{20000} = 184,25 \text{ м}^3$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм накопичення осаду одного відстійника, м³, розраховують наступним чином:

$$W_1 = \frac{W}{N}, \quad (137)$$

$$W_1 = \frac{184,25}{4} = 46,063 \text{ м}^3$$

4.4. Проектування радіальних відстійників для побутових стічних вод

Геометричний розрахунок споруди полягає в обчисленні діаметра радіального відстійника, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\max}}{3,6 \cdot n \cdot k(U_0 - \omega)\pi}}, \quad (138)$$

де $q_{\max}$ - максимальний годинна витрата стічних вод, м³/год; n - кількість паралельно працюючих секцій радіальних відстійників, шт.; k - безрозмірний коефіцієнт об'ємного використання споруди (коефіцієнт корисної дії об'єму, приймається $k \approx 0,45$); U_0 - гідравлічна крупність завислих речовин, що підлягають осадженню (варіюється в діапазоні 0,08 - 0,6 мм/с); ω - коефіцієнт, який враховує вплив вертикальних турбулентних вихорів на ефективність гравітаційного розділення фаз (0,03 - 0,05 V_c); V_c - середня швидкість горизонтального руху рідини на радіальній відстані, що дорівнює половині загального радіусу споруди (5 - 10 мм/с).

$$q_{\max} = \frac{27\,000}{24} = 1125 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \quad (139)$$

$$\omega = 0,04 \cdot 7 = 0,28, \quad (140)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1125}{3,6 \cdot 4 \cdot 0,45(0,4 - 0,28)3,14}} = 43 \text{ м}$$

Першочерговою вимогою до обчислення параметрів радіальних відстійних споруд є:

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = \frac{D}{H} = 6 - 12, \quad (141)$$

де H - висота зони відстоювання осаду ($H = 1,5 - 5$ м).

$$m = \frac{43}{4} = 10,75$$

Об'єм накопичення осаду, m^3 , розраховують наступним чином:

$$W = \frac{q \cdot t(C - m)}{\delta}, \quad (142)$$

де q - годинна витрата стічних вод, $m^3/\text{год}$; C - початкова концентрація завислих речовин у рідині, що надходить на відстоювання, $г/м^3$ (або $мг/л$); m - залишкова концентрація завислих часток у освітленій воді на виході зі споруди, $г/м^3$; δ - концентрація (вміст) твердої фази у затриманому осаді, $г/м^3$ (або вологість осаду, %); t - тривалість (час) накопичення та ущільнення осаду в зоні збору, год.

$$W = \frac{1125 \cdot 12(490 - 10,75)}{20000} = 323,5 \text{ м}^3$$

Об'єм накопичення осаду одного відстійника, m^3 , розраховують наступним чином:

$$W_1 = \frac{W}{N}, \quad (143)$$

$$W_1 = \frac{323,5}{4} = 80,875 \text{ м}^3$$

4.5. Проектування перегородчатих змішувачів

Для водоочисних комплексів високої потужності (із добовою продуктивністю понад $30000 \text{ м}^3/\text{добу}$) доцільно застосовувати перегородчасті змішувачі. Гідравлічне обчислення цих споруд базується на розрахунковій витраті технологічної води, тривалості її перебування в апараті, а також лінійній швидкості потоку в коридорах та з'єднувальних вікнах. Проектне завдання полягає в установленні оптимальних геометричних розмірів - довжини та

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ширини змішувача. При цьому загальну висоту споруди призначають конструктивно, виходячи з розрахункового рівня рідини (м).

$$H = h + h_{\text{Б}}, \quad (144)$$

де h - висота води (не менше 0,5 м); $h_{\text{Б}}$ – будівельний запас висоти.

$$H = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ м}$$

Ширину коридору змішувача в метрах визначають на основі розрахункової об'ємної витрати води та заданої швидкості її течії в каналі:

$$b = \frac{q}{3600 \cdot N \cdot V_{\text{К}} \cdot h} \geq 0,7, \quad (145)$$

де q - годинна витрата станції, м³/год; N - загальна кількість паралельно встановлених змішувальних споруд, шт. (за нормами проектування приймається не менше ніж 2); $V_{\text{К}}$ - лінійна швидкість руху водного потоку в коридорах змішувача (варіюється в межах 0,5 - 0,7 м/с).

$$b = \frac{53\,000}{3600 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 1} = 0,61 \text{ м}$$

Ширина вікна, м, розраховується наступним чином:

$$b' = \frac{q}{3600 \cdot N \cdot V_{\text{В}} \cdot h'}, \quad (146)$$

де $V_{\text{В}}$ – швидкість руху води (0,5 – 1 м/с).

$$b' = \frac{53\,000}{3600 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 1} = 0,51 \text{ м/с}$$

Загальна конструктивна ширина змішувальної споруди (м) обчислюється за формулою:

$$B = b \cdot n, \quad (147)$$

де n - кількість послідовних коридорів у змішувачі (зазвичай приймається в межах 9 - 10 шт.).

$$B = 0,61 \cdot 9 = 5,5 \text{ м}$$

Площа горизонтального дзеркала рідини в змішувачі (м²) обчислюється на основі загального об'єму води та її розрахункової глибини :

$$F = \frac{W}{h}, \quad (148)$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм води у змішувачі (м³):

$$W = \frac{q \cdot t}{60}, \quad (149)$$

$$W = \frac{53\,000 \cdot 12}{60 \cdot 24} = 441,6 \text{ м}^3$$

$$F = \frac{441,6}{1} = 441,6 \text{ м}^2$$

Загальна довжина змішувача в метрах визначається як співвідношення між площею горизонтального дзеркала води та його загальною шириною:

$$L = \frac{F}{B}, \quad (150)$$

$$L = \frac{441,6}{5,5} = 80 \text{ м}$$

Гідравлічний опір змішувача, м, розраховують за формулою:

$$h' = n \left(\lambda \frac{V_B^2}{2g} \right) + h_T, \quad (151)$$

де h_T - гідравлічні втрати напорів на тертя по довжині коридорів змішувача, м;
 λ - коефіцієнт гідравлічного тертя (опору бортових стінок і дна); g - прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

Зважаючи на те, що втрати напорів на тертя об стінки коридорів є мінімальними, у практичних розрахунках ними можна знехтувати ($h_T \approx 0$). При цьому узагальнений коефіцієнт місцевого гідравлічного опору (λ для поворотів потоку приймається рівним 2,9).

$$h' = 9 \left(2,9 \frac{0,6^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 0,48 \text{ м}$$

4.6. Проектування аеротенка змішувача з регенерацією активного мулу

Час окислення, год, знаходять за такою формулою:

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_0 = \frac{L_a - L_t}{R \cdot a_R(1 - s)\rho}, \quad (152)$$

де a_r - доза активного мулу за сухою речовиною в регенераторі, г/м³, що обчислюється за формулою:

$$a_R = \left(\frac{1}{2 \cdot R} + 1 \right) \cdot a, \quad (153)$$

Рециркуляція активного мулу розраховується як:

$$R = \frac{a}{\left(\frac{1000}{j} \right) - a}, \quad (154)$$

де a – доза активного мулу (< 5 г/дм³); j – муловий індекс (< 175 см³/г).

$$R = \frac{4}{\left(\frac{1000}{100} \right) - 4} = 0,6$$

$$a_R = \left(\frac{1}{2 \cdot 0,6} + 1 \right) \cdot 4 = 7,3 \text{ г/м}^3$$

Швидкість окиснення органічних забруднювачів активним мулом, мг/(г·год), визначається:

$$\rho = \rho_{max} \frac{L_t \cdot C}{L_t \cdot C + K_L \cdot C + K_0 \cdot L_t} \left(\frac{1}{1 + \varphi \cdot a} \right), \quad (155)$$

де C - концентрація розчиненого кисню у водному середовищі аеротенку, мг/дм³; K_L - константа Міхаеліса-Ментен, що відображає вплив концентрації органічних забруднювачів на кінетику очищення, мг/дм³; K_0 - кінетичний коефіцієнт, який враховує лімітуючий вплив розчиненого кисню на метаболізм мікроорганізмів, мг/дм³; a - робоча доза активного мулу за сухою речовиною в об'ємі споруди, г/дм³; φ - коефіцієнт інгібування, що враховує гальмування деструкції домішок продуктами метаболізму та відмирання біомаси, дм³/г.

Відповідно до нормативних положень для міських господарсько-побутових стічних вод базові кінетичні константи приймаються такими: максимальна швидкість біоокиснення $\rho_{max} = 85$ мг/(г·год); константи

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напівнасичення $K_L = 0,33 \text{ мг/дм}^3$ та $K_0 = 0,625 \text{ мг/дм}^3$; коефіцієнт питомого гальмування $\varphi = 0,07 \text{ дм}^3/\text{г}$; безрозмірний поправковий коефіцієнт $s = 0,3$.

$$\rho = 85 \frac{15 \cdot 4}{15 \cdot 4 + 0,33 \cdot 4 + 0,625 \cdot 15} \left(\frac{1}{1 + 0,07 \cdot 4} \right) = 56,36 \text{ мг/}(\text{г} \cdot \text{год})$$

$$t_0 = \frac{280,185 - 15}{0,6 \cdot 7,3(1 - 0,25)56,36} = 1,44 \text{ год}$$

Час аерації, год:

$$t_a = \frac{2,5}{a^{0,5}} \lg \frac{L_a}{L_t}, \quad (156)$$

$$L_a' = \frac{L_a + L_t R}{1 + R}, \quad (157)$$

$$L_a' = \frac{280,185 + 15 \cdot 0,6}{1 + 0,6} = 180,75 \text{ мг/дм}^3$$

$$t_a = \frac{2,5}{4^{0,5}} \lg \frac{180,75}{15} = 1,35 \text{ год}$$

Час регенерації активного мулу, год:

$$t_p = t_0 - t_a, \quad (158)$$

$$t_p = 1,44 - 1,35 = 0,09 \text{ год}$$

Об'єм аеротенків з регенерацією, м^3 , визначають за формулою:

$$V = t_p \cdot Q(1 + R), \quad (159)$$

$$Q = 2192,53 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V = 0,09 \cdot 2192,53(1 + 0,6) = 315,72 \text{ м}^3$$

Об'єм зони аерації, м^3 , визначають за формулою:

$$V_a = t_a \cdot Q(1 + R), \quad (160)$$

$$V_a = 1,35 \cdot 2192,53(1 + 0,6) = 4735,87 \text{ м}^3$$

Приріст активного мулу, мг/дм^3 , розраховується таким чином:

$$\Pi = 0,8 \cdot B - K' \cdot L_a, \quad (161)$$

де B - концентрація завислих речовин у стічній воді, мг/дм^3 ; K' - безрозмірний коефіцієнт, що визначає частку від повного біохімічного споживання кисню (БПК_{повне}), яка витрачається на приріст біомаси активного мулу ($K' = 0,3 - 0,5$).

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$П = 0,8 \cdot 150 - 0,4 \cdot 280,185 = 8 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (162)$$

Питомі витрати стиснутого повітря очищеної рідини при використанні пневматичної системи аерації аеротенка:

$$D = \frac{Z \cdot (L_a - L)}{k_1 \cdot k_2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot (C_p - C)}, \quad (163)$$

де Z - питомі витрати кисню на окиснення забруднень, виражені в міліграмах на 1 мг утилізованого БСК_{повн} (при забезпеченні ефекту очищення до залишкового рівня БСК_{повн} = 15 - 20 мг/дм³ цей показник приймають рівним 1,1); k_1 - безрозмірний коефіцієнт, що визначається конструктивними особливостями та типом аераційної системи. При використанні дрібнобульбашкових аераторів величину K_1 знаходять на основі пропорції між площею зони аерації та загальною площею дзеркала аеротенку: $k_1 = 2,3$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує глибину розміщення аераторів h_a : $k_2 = 2,52$;

$$D = \frac{1,1 \cdot (280,185 - 15)}{2,3 \cdot 2,52 \cdot 0,7 \cdot 1,02 \cdot (10,69 - 3)} = 9,17 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Інтенсивність подачі повітря, в м³/(м²·год) визначається як:

$$I = \frac{D \cdot H}{t}, \quad (164)$$

$$I = \frac{9,17 \cdot 1}{12} = 0,77 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

4.7. Розрахунок вторинних відстійників

Для проектування будь-яких конструктивних типів вторинних відстійників розраховують поверхнєве навантаження м³/(м²·год), яке обчислюється за такою формулою:

$$q_{\text{п}} = \frac{4,5 \cdot \eta \cdot H_i^{0,8}}{(0,1 \cdot J \cdot \alpha)^{0,5-0,01\alpha_t}}, \quad (165)$$

де η - коефіцієнт об'ємного використання зони седиментації (приймається: для радіальних конструкцій - 0,40); J - індекс активного мулу, см³/г;

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

α - концентрація активного мулу в аеротенку, г/дм³; α_t - залишкова концентрація активного мулу в освітленій воді на виході, мг/дм³; H_i - глибина зони відстоювання рідини, м.

$$q_{\text{п}} = \frac{4,5 \cdot 0,40 \cdot 1^{0,8}}{(0,1 \cdot 100 \cdot 15)^{0,5 - 0,01 \cdot 15}} = 0,31 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

Площа дзеркала води вторинних відстійників у метрах квадратних обчислюється на основі розрахункового об'ємного розходу стічних вод та величини гідравлічного навантаження на споруду:

$$F = \frac{q}{q_{\text{п}}}, \quad (166)$$

де q - годинна витрата стічних вод, м³/год.

$$F = \frac{2192,53}{0,31} = 7072,67 \text{ м}^2$$

Площа зони відстоювання відстійника, м²:

$$F_1 = \frac{2192,53}{4} = 548,13 \text{ м}^2$$

Діаметр одного вторинного відстійника, м:

$$D = 2 \sqrt{\frac{548,13}{3,14}} = 26 \text{ м}, \quad (167)$$

4.8. Проектування блоку механічних фільтрів

Спочатку визначають сумарну площу фільтрування за залежністю:

$$F = \frac{Q}{T \cdot V_{\text{н}} - 3,6 \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 - t_2 \cdot V_{\text{н}} \cdot n}, \quad (168)$$

де T - тривалість експлуатації очисної станції протягом доби, $T = 24$ год; $V_{\text{н}}$ - розрахункова швидкість фільтрації за нормального режиму роботи, $V_{\text{н}} = 7$ м/год; n - число промивок кожної споруди за добу, $n = 2$; t_1 - тривалість одного циклу промивання фільтра, $t_1 = 0,1$ год; t_2 - тривалість технологічного простою споруди під час регенерації, $t_2 = 0,33$ год; ω - питома інтенсивність промивання фільтрувального завантаження, яка становить $\omega = 16 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{51173,12}{24 \cdot 7 - 3,6 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 0,1 - 0,33 \cdot 7 \cdot 2} = 337 \text{ м}^2$$

Кількість фільтрів розраховується:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2}, \quad (169)$$

$$N = \frac{\sqrt{337}}{2} \approx 10$$

Площа одного фільтра становить:

$$F_1 = \frac{337}{10} = 33,7 \text{ м}^2, \quad (170)$$

Оберемо фільтр типового розміру $6 \cdot 10 = 60 \text{ м}^2$

Витрата води на промивку одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \cdot F_1, \quad (171)$$

$$q_{\text{пром}} = 16 \cdot 60 = 960 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Тоді води на промивання одного фільтру витрачається:

$$q'_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot n \cdot t_1, \quad (172)$$

$$q'_{\text{пром}} = 960 \cdot 360 \cdot 2 = 691200 \text{ дм}^3 = 691,2 \text{ м}^3$$

Для 10 фільтрів кількість води буде дорівнювати:

$$q''_{\text{пром}} = 691,2 \cdot 10 = 6912 \text{ м}^3$$

Розрахуємо загальну висоту одного фільтра:

$$H = H_{\text{п.з}} + H_{\text{ф.з}} + H_{\text{в}} + H_{\text{д}} + h_{\text{б}}, \quad (173)$$

де $H_{\text{д}}$ - додаткове перевищення рівня рідини, що виникає у разі виведення однієї з фільтрувальних споруд на промивання, м; $H_{\text{п.з}}$ - висота підтримуючого гравійного або щебеневого шару, приймається $H_{\text{п.з}} = 0,7 \text{ м}$; $H_{\text{ф.з}}$ - висота основного фільтрувального шару, становить $H_{\text{ф.з}} = 1,5 \text{ м}$; $h_{\text{б}}$ - конструктивний будівельний запас висоти борту над максимальним рівнем води ($h_{\text{б}} = 0,3 - 0,5 \text{ м}$); $H_{\text{в}}$ - розрахункова висота шару води над поверхнею завантаження, приймається $H_{\text{в}} = 2,0 \text{ м}$.

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

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо витрату води у колекторі при промивці, м³/с

$$q_K = F_1 \cdot \omega \cdot t \cdot 3,6, \quad (174)$$

$$q_K = 33,7 \cdot 16 \cdot 0,33 \cdot 3,6 = 640,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрахуємо площу перерізу, м²:

$$f_K = \frac{q_K}{V_K}, \quad (175)$$

де V_K - швидкість руху промивної води в колекторі під час регенерації, приймається $V_K = 0,8 - 1,2$ м/с.

$$f_K = \frac{640,6}{1} = 640,6 \text{ м}^2$$

Діаметр колектора, м, визначають наступним чином:

$$d_K = 2 \sqrt{\frac{f_K}{\pi}}, \quad (176)$$

$$d_K = 2 \sqrt{\frac{640,6}{3,14}} = 27,9 \text{ м}$$

Витрата води, м³/с:

$$q_B = \frac{q_K}{n}, \quad (177)$$

$$n = \frac{2 \cdot B \cdot 10^3}{l}, \quad (178)$$

де l - інтервал між відгалуженнями, який становить 250 - 350 мм; B - загальна ширина фільтра, м.

$$n = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^3}{350} = 22,9$$

$$q_B = \frac{640,6}{22,9} = 28 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрахуємо площу перерізу, м²:

$$f_B = \frac{q_B}{V_B}, \quad (179)$$

де V_B – швидкість руху води (1,6 – 2 м/с)

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_{\text{в}} = \frac{28}{1,8} = 15,5 \text{ м}^2$$

Діаметр відгалуження розраховується як:

$$d_{\text{в}} = 2 \sqrt{\frac{f_{\text{в}}}{\pi}}, \quad (180)$$

$$d_{\text{в}} = 2 \sqrt{\frac{15,5}{\pi}} = 4,44 \text{ м}$$

Витрата води в одному жолобі, $\text{м}^3/\text{с}$, ($n_{\text{ж}} = 4$):

$$q_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{к}}}{n_{\text{ж}}}, \quad (181)$$

$$q_{\text{ж}} = \frac{640,6}{4} = 160,15 \text{ м}^3/\text{с}$$

4.9. Проектування озонаторної установки

Об`єм камери, м^3 :

$$V = \frac{Q \cdot t}{24}, \quad (182)$$

$$V = \frac{53\,000 \cdot 1}{24} = 2208,3$$

Площа камери озонування, м^2 , при $h = 6 \text{ м}$, розраховується наступним чином:

$$F = \frac{2208,3}{6} = 368,05 \text{ м}^2, \quad (183)$$

Довжина установки, м , становить:

$$L = \sqrt{368,05} = 19 \text{ м}, \quad (184)$$

4.10. Вибір фільтр пресу

Обираємо камерний фільтр прес ФКМ 160/25 від виробника ПАТ «Бердичівський машинобудівний завод "Прогрес"» (Україна)

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1. Основні характеристики фільтрпресу

Параметр характеристики	Значення
Модель	ФКМ 160/25
Тип дії обладнання	Циклічний
Максимальна продуктивність	до 3,5 – 4,0 т сухої речовини за цикл
Площа фільтрування	160 м ²
Робочий тиск пресування	12 – 16 бар
Об'єм камери	2,5 м ³
Початкова вологість осаду, що надходить	93,5 %
Кінцева вологість зневодненого осаду	75 – 80 %
Спосіб вивантаження осаду	Автоматичне розсування плит під дією сили тяжіння

Особливості камерного фільтр-преса ФКМ 160/25:

- конструкція цієї моделі розрахована на механічне стиснення осадів під тиском до 16 бар. Це дозволяє ефективно руйнувати внутрішні капілярні зв'язки в структурі первинного осаду і віджимати воду без додавання великої кількості хімічних реагентів.
- робочі плити апарата виготовлені з хімічно стійкого і міцного поліпропілену. Вони мають тривалий термін служби, не піддаються корозії від дії стічних вод і витримують постійні циклічні навантаження під час затискання.
- модель оснащена механізованим приводом для розсування плит. Після завершення циклу пресування плити розсуваються автоматично, і зневоднений твердий кек під власною вагою

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

випадає у збірний бункер, що мінімізує використання ручної праці.

- у конструкції передбачена можливість автоматичної регенерації (промивання) фільтрувальних штор високим тиском води, що запобігає забиванню пор тканини дрібними целюлозними волокнами та підтримує стабільну пропускну здатність преса.

4.11. Вибір декантуючих центрифуг

Обираємо декантуючу центрифугу типу Alfa Laval ALDEC 45 від виробника Alfa Laval (Швеція).

Таблиця 4.2. Основні характеристики центрифуги

Параметр характеристики	Значення
Модель	Alfa Laval ALDEC 45
Тип дії обладнання	Безперервний
Максимальна продуктивність	до 45 – 50 м ³ /год (по вихідній суспензії)
Діаметр барабана	450 мм
Фактор розділення	3100 g
Довжина барабана	1900 мм
Початкова вологість осаду, що надходить	97,3 %
Кінцева вологість зневодненого осаду	75 – 80 %
Спосіб вивантаження осаду	Безперервне вивантаження внутрішнім шнеком

Особливості декантерної центрифуги Alfa Laval ALDEC 45

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- на відміну від періодичної роботи фільтр-преса, декантерна центрифуга працює без зупинок. Подача ущільненого мулу, розділення на тверду і рідку фракції та вивантаження осаду відбуваються в одному безперервному автоматичному потоці.
- апарат створює відцентрове прискорення до 3100 g. Це дозволяє миттєво осаджувати навіть дуже дрібні, легкі та гідрофільні пластівці активного мулу, які неможливо якісно затримати звичайним процеджуванням.
- внутрішній шнек і стінки барабана виготовлені з високоякісної нержавіючої сталі та додатково захищені наплавленням із карбиду вольфраму. Це повністю захищає споруду від стирання дрібними мінеральними домішками, які залишаються у мулі після пісковловлювачів.
- центрифуга обладнана системою прямого приводу, яка самостійно змінює швидкість обертання шнека залежно від коливань концентрації та густини мулу, що надходить. Це забезпечує постійну вологість осаду на виході (75–80%) навіть при зміні режиму роботи аеротенків.
- корпус декантера повністю закритий, що виключає виділення неприємних запахів, бризок та аерозолей у повітря робочої зони цеху зневоднення, покращуючи санітарно-гігієнічні умови праці.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Генеральний план розміщення комплексу очисних споруд на території

Вибір просторового розташування та інженерне облаштування майданчика модернізованого комплексу базується на детальному аналізі містобудівної ситуації, планів перспективного розвитку та забудови всього об'єкта водовідведення. При виборі земельної ділянки першочергово враховувалася її транспортна доступність, наявність розвиненого дорожнього сполучення, а також можливість безперебійного підключення комплексу до загальносистемних мереж енергозабезпечення, технічного водопостачання, теплових та газових магістралей. З метою дотримання суворих екологічних критеріїв, територію очисної станції віднесено у бік від селищних та міських кварталів з урахуванням переважаючого в даному регіоні напрямку вітрових потоків, що гарантує надійний захист навколишніх житлових масивів від можливого екологічного впливу чи поширення специфічних запахів. План розміщення обладнання та споруд на місцевості прив'язаний до природного похилу рельєфу ділянки, завдяки чому мінімізуються витрати на примусове перекачування рідини, а більша частина основного водного тракту функціонує за рахунок самопливного гідравлічного руху стічних вод. Геологічна та гідрологічна оцінка території підтверджує, що обрана зона повністю захищена від загрози затоплення або підтоплення під час сезонних весняних паводків, а горизонт залягання підземних ґрунтових вод розташовується на глибині, яка не досягає підшви фундаментних підстав та заглиблених конструкцій комплексу.

Попри прагнення максимально наблизити очисну станцію до безпосередніх джерел формування стоків задля скорочення протяжності головних колекторів, просторова посадка об'єктів чітко підпорядкована

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимогам організації санітарно-захисної смуги, ширина якої для даного типу модернізованого виробництва з урахуванням його сумарної продуктивності зафіксована на рівні п'ятисот метрів. Раціоналізація використання промислової площі та суттєве екологічне розвантаження території досягається за рахунок впровадження вискоєфективних технологій обробки утворених шламів, що дозволяє відмовитися від розширення класичних мулових карт та мінімізувати площу відчуження земель під накопичувачі відходів. Архітектурно-планувальне рішення генерального плану не лише забезпечує високу щільність забудови промислового майданчика, але й резервує необхідні вільні площі на випадок майбутньої інтенсифікації процесів або збільшення обсягів водовідведення підприємства. Крім того, просторові розриви та відстані між суміжними будівлями, підземними резервуарами та технологічними лініями розраховані таким чином, щоб гарантувати повну безпеку, забезпечити вільний під'їзд великогабаритної вантажної і спеціальної техніки, а також створити оптимальні та ергономічні умови для повсякденного технічного обслуговування, планово-попереджувальних ремонтів та аварійно-відновлювальних робіт у процесі експлуатації комплексу.

Генеральний план комплексу забезпечує компактне, технологічно виправдане і безпечне розташування всіх запроєктованих виробничих, допоміжних та обслуговуючих об'єктів. В основу просторової організації майданчика покладено функціонально-технологічний принцип, відповідно до якого всі споруди об'єднані в чіткі блоки за етапами обробки стічних вод і утворених шламів, що дозволяє оптимізувати довжину інженерних комунікацій та мінімізувати втрати напору в трубопроводах. Враховуючи роздільне надходження потоків, на початковій ділянці генплану паралельно розміщено два незалежні вузли механічного очищення. Перша лінія, призначена для комунально-

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

побутових стоків міста Обухів, включає будівлю механізованих решіток та блоки горизонтальних пісковловлювачів і радіальних первинних відстійників. Друга лінія механічної обробки дзеркально повторює цей склад споруд, але розрахована виключно на специфічні промислові стічні води картонно-паперового виробництва. Таке розташування початкового блоку дозволяє ефективно локалізувати грубі відходи, мінеральний пісок та целюлозний шлам ще до моменту змішування потоків. Безпосередньо за первинними радіальними відстійниками на місцевості спроектовано перегородчастий змішувач, який є вузловим елементом схеми. Його географічне положення обрано так, щоб забезпечити самопливне гідравлічне злиття обох освітлених потоків і формування гомогенної суміші.

Центральну частину відведеної території займає найбільш масштабний блок біологічного очищення, до складу якого входять багатокоридорні аеротенки-витиснювачі з регенераторами та група вторинних радіальних відстійників. Аеротенки розташовані з урахуванням рози вітрів відносно житлової забудови, оскільки процеси інтенсивної аерації можуть супроводжуватися виділенням вологих аерозолів. Поруч із біологічним блоком передбачено розміщення повітродувної станції, що забезпечує мінімальну довжину магістральних повітряпроводів до дрібнобульбашкових аераторів. Вторинні відстійники згруповані в безпосередній близькості від виходу з аеротенків і з'єднані з ними розподільною камерою, що гарантує рівномірний розподіл водомулової суміші. Тут же територіально прив'язана насосна станція зворотного активного мулу, яка здійснює його постійний рецикл в аераційні споруди.

Кінцева ділянка майданчика відведена під споруди глибокого доочищення та дезінфекції. Вона включає будівлю блоку механічних швидких фільтрів із зернистим завантаженням, озонаторну установку та

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закриті резервуари чистої води. Розміщення озонаторної станції відповідає підвищеним вимогам безпеки; вона проектується як окремий капітальний об'єкт із власною системою вентиляції та системами автоматичного контролю залишків озону в повітрі робочої зони. Резервуари чистої води є фінальною точкою перед організованим скиданням, від якої бере початок магістральний випускний колектор, спрямований до русла річки Дніпро. Окремим технологічним мікрорайоном у межах генерального плану виділено комплекс обробки та утилізації осадів, що розташований на нормативній санітарній відстані від основного водного тракту. Цей блок включає вертикальні мулоушільнювачі для гравітаційного згущення надлишкової біомаси, цех механічного зневоднення, де встановлено камерні фільтр-преси та високопродуктивні декантуючі центрифуги, а також закриті майданчики для тимчасового зберігання і кондиціонування кеку перед його вивезенням на екологічно безпечне компостування. Цех зневоднення спроектовано в повністю закритому корпусі з аспіраційними системами очищення повітря для запобігання поширенню неприємних запахів. Мулова вода, що відокремлюється на центрифугах та пресах, збирається системою внутрішнього дренажу в резервуари відфільтрованої води і насосами перекачується в голову очисних споруд.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 5.1. зображений план розміщення комплексу очисних споруд на території

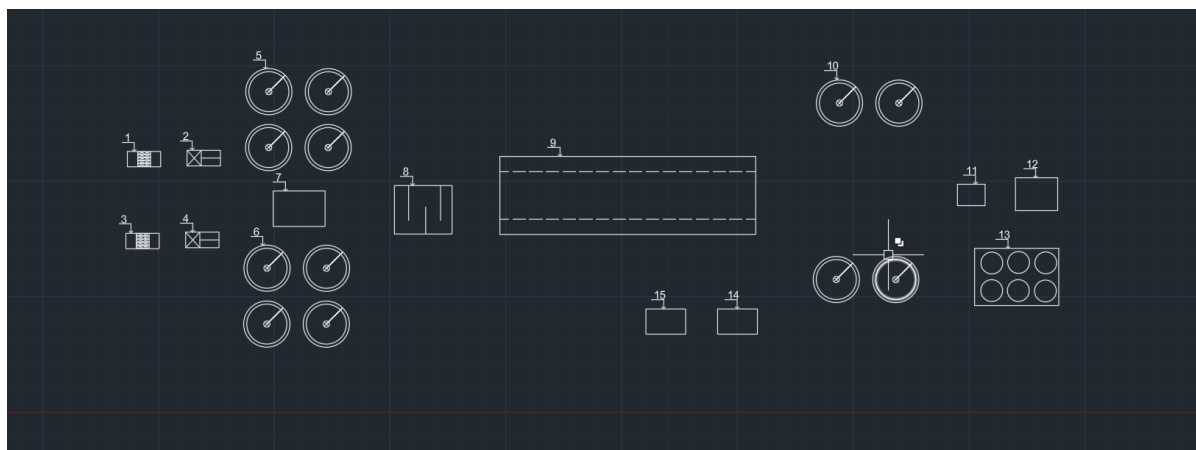


Рисунок 5.1 – План розміщення комплексу очисних споруд на території
1,3 – решітки; 2,4 – пісковловлювачі; 5,6 – первинні відстійники; 7 – фільтрпрес; 8 – змішувач; 9 – аеротенк; 10 – вторинні відстійники; 12 – озонаторна установка; 13 – резервуар очищеної води; 14 – блок механічних фільтрів; 15 - мулоущільнювач; 16 – споруди декантуючої центрифуги

5.2. Профіль руху води

Гідравлічний профіль руху води, або висотна схема компоновання, є основоположним документом у загальному проєкті очисних споруд, який пов'язує теоретичні розрахунки екологічної інженерії з реальною топографією місцевості та будівельними нормами. Цей графічний документ є детальним вертикальним розрізом, що відтворює безперервний потік стічних вод і послідовну зміну його рівнів під час проходження крізь усі етапи механічного, біологічного та фізико-хімічного очищення.

Головним завданням інженера-проектувальника при розробці профілю є максимальне задіяння природних геоморфологічних особливостей виділеного майданчика. Використання природного нахилу рельєфу дозволяє створити енергоефективну самотпливну систему, де кінетична та потенційна енергія води використовуються для її транспортування під дією сили тяжіння без

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залучення штучного нагнітання. Такий підхід повністю ліквідує або зводить до абсолютного мінімуму потребу в монтажі проміжних насосних станцій для перекачування стоків між резервуарами, що суттєво зменшує капітальні витрати на закупівлю дорогого насосного обладнання, арматури та автоматики. З погляду довгострокової експлуатації, мінімізація механічного перекачування кардинально знижує питоме споживання електроенергії на один кубічний метр очищеної води, що робить підприємство фінансово стабільнішим та зменшує його вуглецевий слід. Окрім економічного ефекту, самопливний рух гарантує високий рівень екологічної безпеки та автономності: у випадку масштабних аварійних вимкнень електропостачання станція продовжує функціонувати в штатному гідравлічному режимі, що виключає ризик залпових переповнень ємностей, затоплення території чи аварійного скиду неочищених стоків у довкілля. До того ж, проектування споруд із повторенням контурів існуючого ландшафту дозволяє збалансувати об'єми земляних робіт, уникати глибокого закладання масивних залізобетонних фундаментів у зонах із високим рівнем залягання ґрунтових вод, спрощує організацію дренажу та значно прискорює темпи будівництва. Механічним базисом для креслення профілю є скрупульозний гідравлічний розрахунок, спрямований на детальне визначення втрат напору на кожному метрі технологічного ланцюга. Ці втрати поділяються на лінійні, що виникають через тертя рідини об стінки з'єднувальних лотків, каналів і труб, та місцеві опори, які фіксуються в точках зміни напрямку руху потоку, на звуженнях, звужувальних пристроях, а також під час подолання конструктивних елементів самих споруд — сороутримувальних решіток, прорізів пісковловлювачів, водозливів первинних і вторинних відстійників, аераційних систем, ерліфтів та блоків фільтрації. Розрахунок ведеться від кінцевої точки — максимального рівня води у приймальному природному водотоці при паводку — у зворотньому напрямку до вхідного колектора станції. Це дозволяє покроково нарощувати висотні відмітки та точно

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахувати мінімально й максимально допустимі рівні дзеркала води в кожному технологічному блоці, гарантуючи необхідний запас висоти бортів резервуарів (зазвичай не менше 0,3–0,5 метра) для запобігання переливам під час пікових годинних припливів. Важливим інструментом оптимізації гідравліки є архітектурно-планувальна компактність майданчика. Щільне та логічне групування технологічних споруд у єдині блоки дозволяє скоротити довжину міжсекційних комунікацій, мінімізувати кількість поворотів і колодязів, що безпосередньо зменшує сумарні втрати напору, дозволяє закладати менший загальний перепад висот між початком і кінцем станції та раціонально використовувати земельну ділянку. Фінальний варіант гідравлічного профілю акумулює в собі всі геометричні та геодезичні параметри системи. На ньому розгорнуто показують шлях води від приймального гасителя напору, куди стоки надходять із головного насосного комплексу міста чи промислового підприємства, крізь усю технологічну схему до оголовка розсіювального випуску у річку чи водойму. Графічна частина обов'язково супроводжується детальною таблицею-сіткою, де вказуються абсолютні відмітки природної поверхні землі, проектні позначки планування (насипу чи виїмки), робочі рівні дна та лотків споруд, максимальні й мінімальні рівні рідини, а також геометричні характеристики трубопроводів - їхні точні діаметри, матеріали виконання, довжини ділянок та ухили, виражені в проміле. Такий комплексний документ слугує головним орієнтиром як для будівельників під час винесення проєкту в натуру, так і для технологів під час налагодження автоматизованих систем керування рівнями рідини.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

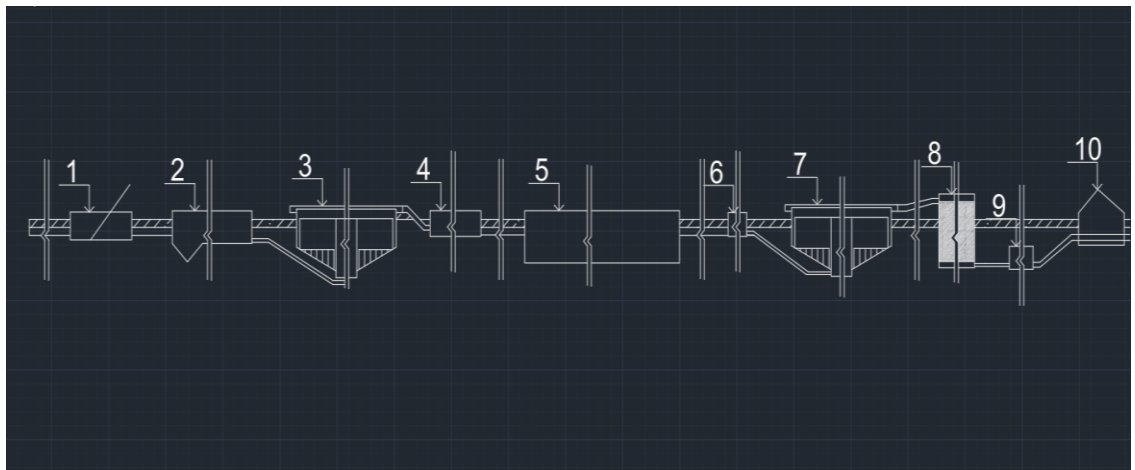


Рисунок 5.2 – Профіль руху води

1 – решітка; 2 – пісковловлювач; 3 – первинний відстійник; 4 – змішувач;
5 – аеротенк; 6 – розподільна комера; 7 – вторинний відстійник; 8 – механічний
фільтр; 9 – резервуар очищеної води; 10 – насосна станція

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час проходження виробничої практики на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» мною було вивчено інтегровану систему управління (ІСУ), яка повністю відповідає чинному законодавству України (зокрема Закону України «Про охорону праці» та Кодексу законів про працю), а також суворим вимогам міжнародних стандартів, серед яких ключове місце посідає ISO 45001:2018 (Система управління охороною здоров'я та безпекою праці).

На підприємстві впроваджено комплексний підхід до створення безпечних умов праці та профілактики виробничого травматизму через систему управління ризиками, за що комбінат навіть здобув перемогу у конкурсі «Лідер року». Працівники перед початком самостійної діяльності обов'язково проходять первинну професійну підготовку, інструктажі та навчання.

Діюча система охорони праці спрямована на запобігання професійним захворюванням, травмам та аваріям. Важливою складовою цієї роботи є капітальні технічні заходи модернізації зношених площадок обслуговування машин, автоматизація процесів пакування для зменшення важкої ручної праці та масштабна реконструкція систем пожежної сигналізації й оповіщення. Охорона праці на комбінаті тісно пов'язана з екологічним менеджментом (ISO 14001:2015), що передбачає безпечну експлуатацію потужних біологічних очисних споруд, які забезпечують замкнутий цикл водокористування та стабільне очищення великих обсягів стічних вод перед їх скиданням у річку Дніпро.

6.1. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Забезпечення безпечних умов праці персоналу очисних споруд та технологічних цехів Київського картонно-паперового комбінату є пріоритетним завданням інтегрованої системи управління охороною здоров'я

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та безпекою праці згідно з вимогами стандарту ISO 45001:2018. Специфіка експлуатації об'єктів комбінату, включаючи розмелювально-підготовчі відділення, цехи виробництва паперу й картону та потужні очисні споруди, де утворюються такі відходи, як скоп і осади стічних вод, полягає у одночасному впливі комплексу шкідливих виробничих чинників. До основних небезпечних хімічних чинників підприємства належать агресивні реагенти, що використовуються в технологічних процесах та при очищенні води, такі як концентровані кислоти, луги, коагулянти, флокулянти та хімікати для приготування крейдувальної пасти. У замкнутих просторах, підземних комунікаціях, колекторах та камерах змішувачів очисних споруд схильні накопичуватися токсичні гази, зокрема сірководень, аміак та метан.

На етапах біологічного очищення стічних вод комбінату на персонал діють біологічні чинники у вигляді патогенних мікроорганізмів, бактерій та грибків. Також працівники піддаються впливу фізико-механічних чинників, серед яких паперовий та картонний пил у зонах роботи картоноробних і папероробних машин та ліній переробки, висока вологість, бризки технологічних розчинів, ризик падіння з висоти або у відкриті технологічні резервуари, а також високий рівень промислового шуму від насосного обладнання, розмелювальних млинів та швидкісних агрегатів. Відповідно до Галузевих норм безплатної видачі ЗІЗ та внутрішніх регламентів комбінату, весь персонал забезпечується комплексним набором засобів індивідуального захисту залежно від конкретного цеху та характеру операцій.

Для захисту органів дихання від дрібнодисперсного паперового пилу та летких хімічних сполук під час повсякденних робіт застосовують протипилові респіратори або напівмаски зі змінними комбінованими фільтрами класу захисту FFP2 або FFP3, що ефективно затримують тверді аерозолі, органічні та кислі пари. Для виконання робіт підвищеної небезпеки у замкнутих просторах, таких як колодязі, каналізаційні насосні станції, внутрішні частини баків та мікрофлотаційних установок, перед входом

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обов'язково проводиться інструментальний контроль газового середовища. Якщо виявлено дефіцит кисню менше ніж 19,5% або перевищення гранично допустимих концентрацій токсичних газів, використання фільтрувальних ЗІЗ суворо забороняється, а працівники застосовують виключно шлангові ізолюючі протигази типу ПШ-1 або ПШ-2 чи автономні дихальні апарати на стиснутому повітрі.

Робочий одяг персоналу підбирається з урахуванням захисту від вологи, пилу та хімікатів. Повсякденний спецодяг складається з робочих костюмів або щільних комбінезонів із сумішевих тканин на основі бавовни з поліестером, що мають антистатичні властивості та захисне просочення від пилу й вологи. Для персоналу заводських лабораторій, відділів технічного контролю та дільниць приготування хімікатів видаються спеціальні технологічні халати зі щільної бавовни або сумішевої тканини з кислотоугостійким просоченням, які захищають від випадкових бризок реагентів та паст.

При обслуговуванні дозувальних систем очисних споруд чи делітерів на дільниці приготування хімікатів персонал додатково екіпірується прогумованими фартухами, нарукавниками або волого- та хімстійкими комбінезонами обмеженого терміну використання типу Tyvek чи Tychem. Захист рук забезпечується безшовними подовженими рукавичками з нітрилу або неопрену, які стійкі до хімічного та біологічного впливу концентрованих розчинів коагулянтів, флокулянтів та компонентів крейдування.

Для загальнономеханічних та ремонтних робіт на машинах видаються трикотажні комбіновані рукавички з підсиленими долонями та покриттям із поліуретану для надійного хвату деталей. Для захисту ніг від підвищеної вологості, води та ковзання працівники очисних споруд і мокрих частин паперових машин забезпечуються чоботами з полівінілхлориду або нітрильної гуми з глибоким рифленим профілем підошви, захисним металевим або

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

композитним підноском для запобігання травмам від падіння важких предметів та антипрокольною устілкою.

На всій території виробничих цехів та очисних споруд комбінату є обов'язковим носіння захисних касок для запобігання травмам голови при обслуговуванні великогабаритних машин, запірної арматури та підйомних механізмів, а при загрозі викиду бризок хімічних речовин додатково використовуються захисні герметичні окуляри або повнолицьові прозорі щитки.

Машиністи та ремонтний персонал під час обходів і обслуговування працюючих ліній використовують протишумові навушники, пасивні або з кріпленням на захисну каску, з високим коефіцієнтом зниження шуму від 28 до 35 дБ. При тривалому перебуванні в зонах з помірно підвищеним рівнем шуму працівники застосовують протишумові вкладиші або беруші з поліуретану чи силікону, які можуть бути багаторазовими або одноразовими на шнурку. Усі зони з підвищеним рівнем шуму на підприємстві позначені відповідними знаками безпеки, а тривалість перебування персоналу в них чітко регламентується графіками праці та відпочинку

6.2. Промисловий шум

Постійний та тривалий вплив високого рівня шуму негативно впливає на центральну нервову систему паперовиків, викликає передчасну втому, знижує концентрацію уваги та може спричинити серйозні порушення слуху, зокрема розвиток професійної сенсоневральної приглухуватості. Оцінка, контроль та керування ризиками акустичного навантаження на персонал комбінату здійснюються в рамках інтегрованої системи управління охороною здоров'я та безпекою праці відповідно до вимог національного стандарту ДСТУ EN ISO 9612:2018 «Акустика. Визначення впливу виробничого шуму та оцінювання акустичного навантаження. Інженерний метод», а самі гранично допустимі рівні регламентовані санітарними нормами ДСН 3.3.6.037-99.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з цими нормативами, максимальний еквівалентний рівень шуму безпосередньо у виробничих приміщеннях біля картоноробних машин чи гофроагрегатів не повинен перевищувати 80 дБА за 8-годинну робочу зміну, тоді як для операторських пультів та звукоізованих кабін керування цей критерій є суворішим і становить не більше 65 дБА.

Для надійного індивідуального захисту персоналу комбінату в зонах із рівнем звуку понад 80 дБА доцільно використовувати професійні промислові протишумові навушники 3М Peltor. Завдяки інноваційному звукопоглинальному спіненому матеріалу та ергономічній дводольній конструкції наголов'я, ці ЗІЗ забезпечують високу акустичну ефективність без надмірного тиску на голову працівника.

6.3. Пожежна безпека

Організація надійної протипожежної системи в межах ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» є базовим елементом інтегрованої системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Безперервний технологічний цикл, що включає роботу високошвидкісних картоноробних і папероробних машин (КРМ та ПРМ), автоматизованих ліній гофровиробництва, когенераційної ТЕС та комплексів біологічного очищення стічних вод, супроводжується експлуатацією великої кількості електромеханічних агрегатів із високим рівнем тепловиділення.

Головними джерелами пожежної небезпеки на комбінаті є аварійні режими роботи силових електромереж, критичний перегрів рухомих вузлів та підшипникових груп великогабаритного обладнання, а також збої в автоматизованих системах сушильних частин і дільниць приготування хімічних розчинів. Високе додаткове пожежне навантаження, оскільки у цехах та на складах постійно перебувають значні обсяги легкозаймистої сировини й готової продукції: макулатура, рулони паперу-основи, товарний картон, гофроупаковка, а також накопичення дрібнодисперсного паперового пилу,

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відходів деревини, мастильних матеріалів та сухого органічного осаду в зонах термічного впливу.

З метою запобігання пожежам та обмеження їхнього поширення, проектування, будівництво та поточна експлуатація всіх промислових об'єктів комбінату чітко регламентуються вимогами ДБН В.1.1-7:2016 та НАПБ Б.01.008-2018. Більшість виробничих приміщень і технологічних ділянок відносяться до відповідних категорій пожежної небезпеки, у зв'язку з чим робочі зони, операторські пульти та склади в обов'язковому порядку комплектуються первинними засобами пожежогасіння. На кожних 100 м² площі забезпечується нормативна кількість захисного обладнання, зокрема використовуються порошкові вогнегасники типу ВП-5 або ВП-9 та вуглекислотні аналоги з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на 25 м³ об'єму простору.

На території підприємства розгорнуто пожежні щити, розроблено й розміщено детальні плани евакуації, а вздовж усіх безперешкодних маршрутів виходу встановлено чіткі інформаційні світлодіодні табло аварійного освітлення, що живляться від автономних джерел.

6.4. Освітлення

Зорове навантаження паперовиків під час тривалого моніторингу процесів та контролю якості паперового полотна на машинах залежить від таких параметрів штучного світла, як його яскравість, контрастність, рівномірність розподілу та повна відсутність затінених зон у полі зору. У закритих приміщеннях комбінату, де спостерігається дефіцит або абсолютна відсутність природного сонячного світла, розгортаються ефективні системи штучного доосвітлення.

Прикладом є звукоізольовані операторські кабіни машиністів КРМ та ПРМ, де від безперервної уваги та зорового контролю за моніторами залежить стабільність усього технологічного циклу. У таких кабінах світловий режим

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формується винятково штучним шляхом за допомогою енергоефективних світлодіодних LED-панелей Philips (потужністю 36 Вт) із потужним світловим потоком до 3600 лм. Це інженерне рішення дозволяє досягти фактичного рівня освітленості робочих місць на позначці 350 лк (при нормативній вимозі 300 лк для відповідного класу точних зорових робіт згідно з ДБН В.2.5-28:2018).

На відкритих технологічних майданчиках, зокрема на очисних спорудах комбінату та зонах приймання макулатури, у денний час основним є природне інсоляційне освітлення. В темну пору доби або за несприятливих погодних умов безпечна видимість біля мікрофлотаційних установок, насосних комплексів та відкритих резервуарів забезпечується штучними джерелами. На цих ділянках особлива увага приділяється ліквідації глибоких тіней, уникненню осліплюючого ефекту та забезпеченню рівномірності світлового поля, що мінімізує ризик падіння чи травмування персоналу.

У цехах комбінату впроваджують комбіновану систему освітлення, яка ефективно поєднує загальне верхнє світло з місцевим підсвічуванням дільниць пакування та висічки, запобігаючи засліпленню людей. Для базового експрес-контролю рівнів світла на робочих місцях використовують компактні прилади типу UNI-T UT383, а для офіційного етапу атестації умов праці — професійні вимірювальні люксметри типу Trotec BF06 або FLIR Extech LT40, внесені до державного реєстру техніки.

Для організації комбінованого штучного освітлення в кабінетах керування, диспетчерських пунктах та лабораторіях дільниць приготування хімікатів оптимальним рішенням є встановлення сучасних лінійних світлодіодних світильників Osram SubstiTUBE (серії Advanced) потужністю 15–18 Вт, які забезпечують стабільний світловий потік на рівні 2400 лм. Ці джерела світла є повністю екологічно безпечними, що безпосередньо допомагає комбінату зменшувати обсяги утворення небезпечних відходів І класу, а саме відпрацьованих люмінесцентних ламп, яких за рік

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підприємством було передано на утилізацію 1,09 тонни. Такі світлодіодні світильники мають миттєвий запуск, тривалий термін служби до 60 000 годин та мінімальний коефіцієнт пульсації (менше 1%), що виключає зорову втоми. Для створення комфортних умов праці, роботи з моніторами та підтримання концентрації уваги обирається обладнання з нейтральною колірною температурою 4000 К, що гарантує суворе дотримання чинних санітарних норм

Діюча на ПрАТ «Київський КПК» інтегрована система управління повністю відповідає вимогам Закону України «Про охорону праці», ISO 45001:2018 та ISO 14001:2015. Наявні виробничі ризики (хімічні реагенти, газ, пилю) ефективно компенсуються повним забезпеченням персоналу сучасними ЗІЗ: респіраторами FFP2/FFP3, хімістійними костюмами, а в замкнутих просторах — ізолюючими протигазами ПШ-1/ПШ-2 з обов'язковим газовим контролем.

Промисловий шум (понад 80 дБА) від млинів Metso та швидкохідних машин мінімізується відповідно до ДСТУ EN ISO 9612:2018 та ДСН 3.3.6.037-99 через впровадження безшумних башмачних пресів, звукоізованих кабін та навушників 3М Peltor (зниження на 28–35 дБ). Пожежна безпека складів сировини й готової продукції забезпечена згідно з ДБН В.1.1-7:2016, а капітальна реконструкція систем сигналізації та сповіщення вдвічі скоротила час реагування на загоряння. Штучне освітлення кабін керування оптимізовано LED-системами Philips та Osram, що забезпечує 350 лк (при нормі 300 лк за ДБН В.2.5-28:2018), колірну температуру 4000 К і відсутність пульсації. Крім того, перехід на світлодіоди дав екологічний ефект, зменшивши утворення ртутовмісних відходів І класу на 1,09 тонни за рік.

У підсумку, за рахунок автоматизації важкої праці, модернізації обладнання та регулярного навчання комбінат успішно мінімізує ризики травматизму й створює безпечне виробниче середовище.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході роботи було виконано такі етапи:

1. Модернізовано технологічну схему очищення стічних вод загальною витратою 53 000 м³/добу. Оскільки побутові стоки міста Обухів та промислові стоки картонно-паперового комбінату мають різний склад, спочатку вони проходять механічну очистку окремо (на решітках, пісковловлювачах та в первинних відстійниках). Це дозволяє ефективно затримати дрібне целюлозне волокно окремо від побутового сміття. Далі стоки змішуються і проходять біологічну очистку в аеротенках з регенерацією активного мулу. Для обробки сирого осаду та надлишкового мулу впроваджено метантенки. Це повністю вирішує проблему мулових майданчиків, які забруднюють підземні води та землю.
2. Виконано технологічні та гідравлічні розрахунки всіх очисних споруд, які забезпечують три етапи обробки: механічний, біологічний та фізико-хімічний. Розраховано матеріальний баланс для води, повітря, утвореного осаду, а також для блоку доочищення (швидких зернистих фільтрів та озонаторної установки). Озонування дозволяє повністю знезаразити воду перед скидом у річку Дніпро без використання токсичного хлору. Всі розраховані споруди та висотні відмітки руху води нанесені на креслення «План розміщення очисних споруд» та «Профіль руху води».
3. Запропоновано комплекс інженерних заходів для покращення умов праці та зниження шкідливого впливу на працівників станції. Оскільки робота на очисних спорудах пов'язана з небезпечними газами та вологою, передбачено: автоматичне вивантаження відходів з решіток; використання повністю закритих центрифуг, щоб у цеху не було бризок та аерозолей; потужну примусову вентиляцію; установку автоматичних

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

датчиків, які постійно перевіряють повітря на наявність метану та сірководню;
а також надійне захисне заземлення і занулення всього електричного
обладнання для захисту персоналу від струму.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.
2. Водний кодекс України : Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. Редакція від 01.01.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>
3. Гомеля М.Д. Очисні споруди. Основи проектування: Навч. Посіб./М. Д. Гомеля, Т.В. Крисенко, І.М. Дейкун. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 176 с.
4. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-ХІІ. Редакція від 28.03.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
5. ДБН В.2.5-74. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. – К.:Мінрегіон України, 2013. – 172 с.
6. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: навч. посіб. для студ. спеціальності 101 «Екологія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Т. О. Шаблій, Л. В. Сіренко, М. Д. Гомеля. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 57 с.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Експлікація до технологічної схеми

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<i>Формат</i>	<i>Позиція</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>
<i>A1</i>		<i>Технологічна схема</i>	
	1	<i>Решітка комунально- побутових стічних вод</i>	1
	2	<i>Пісковловлювач комунально- побутових стічних вод</i>	1
	3	<i>Первинні відстійники комунально- побутових стічних вод</i>	4
	4	<i>Змішувач</i>	1
	5	<i>Решітка промислових стічних вод</i>	1
	6	<i>Пісковловлювач промислових стічних вод</i>	1
	7	<i>Первинні відстійники промислових стічних вод</i>	4
	8	<i>Аеротенк</i>	1
	9	<i>Роздільна камера</i>	1
	10	<i>Вторинні відстійники</i>	4
	11	<i>Приймальна камера активного мулу</i>	1
	12	<i>Насосна станція активного мулу</i>	1
	13	<i>Приймальна камера освітленої води</i>	1
	14	<i>Блок механічних фільтрів</i>	1
	15	<i>Озонаторна установка</i>	1

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	16	Резервуар фільтрату	1
	17,22,23	Насоси	3
	18	Мулоущільнювач	
	19	Декантуючі центрифуги	
	20,21	Резервуар відфільтрованої води	2
	24	Фільтрпрес	1

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б

Експлікація до плану розміщення когмплексу очисних споруд на території

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<i>Формат</i>	<i>Позиція</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>
<i>А1</i>		<i>План розміщення комплексу очисних споруд на території</i>	
	<i>1</i>	<i>Решітка комунально- побутових стічних вод</i>	<i>1</i>
	<i>2</i>	<i>Пісковловлювач комунально- побутових стічних вод</i>	<i>1</i>
	<i>3</i>	<i>Первинні відстійники комунально- побутових стічних вод</i>	<i>4</i>
	<i>4</i>	<i>Решітка промислових стічних вод</i>	<i>1</i>
	<i>5</i>	<i>Пісковловлювач промислових стічних вод</i>	<i>1</i>
	<i>6</i>	<i>Первинні відстійники промислових стічних вод</i>	<i>4</i>
	<i>7</i>	<i>Фільтрпрес</i>	
	<i>8</i>	<i>Змішувач</i>	<i>1</i>
	<i>9</i>	<i>Аеротенк</i>	<i>1</i>
	<i>10</i>	<i>Вторинні відстійники</i>	<i>4</i>
	<i>11</i>	<i>Озонаторна установка</i>	<i>1</i>
	<i>12</i>	<i>Резервуар очищеної води</i>	<i>1</i>
	<i>13</i>	<i>Блок механічних фільтрів</i>	<i>1</i>
	<i>14</i>	<i>Мулоуцілювач</i>	<i>1</i>
	<i>15</i>	<i>Споруди декантуючих центрифуг</i>	<i>1</i>

Додаток В
Експлікація до плану руху води

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<i>Формат</i>	<i>Позиція</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>
<i>A1</i>		<i>План розміщення комплексу очисних споруд на території</i>	
	<i>1</i>	<i>Решітка</i>	<i>1</i>
	<i>2</i>	<i>Пісковловлювач</i>	<i>1</i>
	<i>3</i>	<i>Первинні відстійники</i>	<i>4</i>
	<i>4</i>	<i>Змішувач</i>	<i>1</i>
	<i>5</i>	<i>Аеротенк</i>	<i>1</i>
	<i>6</i>	<i>Розподільна камера</i>	
	<i>7</i>	<i>Вторинні відстійники</i>	<i>4</i>
	<i>8</i>	<i>Блок механічних фільтрів</i>	<i>1</i>
	<i>9</i>	<i>Резервуар освітленої води</i>	<i>1</i>
	<i>10</i>	<i>Насосна станція</i>	<i>1</i>

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Г
Експлікація до блок схеми

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<i>Формат</i>	<i>Позиція</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>
<i>А1</i>		<i>План розміщення комплексу очисних споруд на території</i>	
	<i>1</i>	<i>Решітка комунально-побутових стічних вод</i>	<i>1</i>
	<i>2</i>	<i>Пісковловлювач комунально-побутових стічних вод</i>	<i>1</i>
	<i>3</i>	<i>Первинні відстійники комунально- побутових стічних вод</i>	<i>4</i>
	<i>4</i>	<i>Решітка промислових стічних вод</i>	<i>1</i>
	<i>5</i>	<i>Пісковловлювач промислових стічних вод</i>	<i>1</i>
	<i>6</i>	<i>Первинні відстійники промислових стічних вод</i>	<i>4</i>
	<i>7</i>	<i>Фільтрпрес</i>	
	<i>8</i>	<i>Змішувач</i>	<i>1</i>
	<i>9</i>	<i>Аеротенк</i>	<i>1</i>
	<i>10</i>	<i>Вторинні відстійники</i>	<i>4</i>
	<i>11</i>	<i>Блок механічних фільтрів</i>	<i>1</i>
	<i>12</i>	<i>Озонаторна установка</i>	<i>1</i>
	<i>13</i>	<i>Резервуар очищеної води</i>	<i>1</i>
	<i>14</i>	<i>Мулоуцілювач</i>	<i>1</i>
	<i>15</i>	<i>Споруди декантуючих центрифуг</i>	<i>1</i>