

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

Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

_____ Віта ГАЛИШ

«__» _____ 2026 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Екологічна безпека»

спеціальності 101 «Екологія»

**на тему: «Модернізація біологічних очисних споруд на станції очищення
комунально-побутових стоків ХАЕС»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ЛЕ-21

Лубська Поліна Ігорівна

Керівник:

Доцент, к.х.н. Овсянкіна В. О.

Консультант з розділу «охорона праці»:

Доцент, к.т.н. Ковтун А. І.

Рецензент:

Доцент, к.т.н. Степанюк А. Р.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2026 року

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 101 «Екологія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Віта ГАЛИШ

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Лубській Поліні Ігорівні

1. Тема проєкту «Модернізація біологічних очисних споруд на станції очищення комунально-побутових стоків ХАЕС», керівник проєкту Овсянкіна В. О., к.х.н., доцент, затверджені наказом по університету від «___» _____ 2026 р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту: максимальна витрата станції очистки комунально-побутових стоків – 10000 м³/добу; Т води – 17,5 °С; амоній – 22,3 мг/дм³; залізо

– 1,07 мг/дм³; лужність – 7,32 мг/екв; СПАР – 0,89 мг/дм³; ХСК – 118,6; сухий залишок – 533,6 мг/дм³; завислі речовини – 95,4 мг/дм³; БСК₅ – 39,4 мг/дм³; рН – 7,4; фосфати – 13,55 мг/дм³; хлориди – 48,7 мг/дм³; сульфати – 75 мг/дм³.

4. Зміст пояснювальної записки: вступ, техніко-економічне обґрунтування проєкту, технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки обраних очисних споруд, будівельна частина, охорона праці, висновки, список використаної літератури, додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема очистки стічних вод біологічними методами, схема розміщення очисних споруд на місцевості, профіль руху води.

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Проходження переддипломної практики	20.04.26 – 17.05.26	
2.	Обґрунтування технологічної схеми	19.05.26 – 22.05.26	

3.	Проведення розрахунків	23.05.26 – 30.05.26	
4.	Написання теоретичної частини	31.05.26 – 02.06.26	
5.	Оформлення пояснювальної записки	03.06.26 – 06.06.26	
6.	Виконання креслень	07.06.26 – 12.06.26	

Студент

Лубська Поліна Ігорівна

Керівник

Овсянкіна Вікторія Олексіївна

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Модернізація біологічних очисних споруд на
станції очищення комунально-побутових стоків ХАЕС»

Київ – 2026 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ЛЕ-2110.00.26 ПЗ	Пояснювальна записка	55	
3	A1	ДП ЛЕ-2110.00.26 ТС	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП ЛЕ-2110.00.26 ПРС	План розміщення споруд на місцевості	1	
5	A1	ДП ЛЕ-2110.00.26 ПР	Профіль руху води	1	
6	A1	ДП ЛЕ-2110.00.26 БС	Блок-схема	1	

				ДП ЛЕ-2110.00.26		
	ПБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту		
Розробн.	Лубська П.І.					
Керівн.	Овсянкіна В.О.					
Консульт.	Ковтун І.А.					
Н/контр.						
Зав.каф.	Галиш В.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаРП Гр. ЛЕ-21		
				Лист		Листів
				6		54

АННОТАЦІЯ

Дипломний проєкт на тему: «Модернізація біологічних очисних споруд на станції очищення комунально-побутових стоків ХАЕС». Загальний об'єм роботи складає: 55 ст., 9 табл., 7 рис., 4 додатки, 4 креслення в масштабі 1:100 на форматі А1.

Мета проєкту: проєктування біологічного етапу очистки комунально-побутових стоків із вдосконаленнями, забезпечити відповідну якість очищеної води згідно нормативних показників перед скидом у водосховище.

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки, що містить наступні розділи: вступ, техніко-економічне обґрунтування, технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд, будівельна частина, охорона праці, висновки, список використаної літератури та додатки.

Технологічна частина містить дані про склад вхідних стічних вод, вимоги до очищеної води, розроблення блок-схеми та розрахунок матеріального балансу, опис фізико-хімічних та біологічних процесів, які відбуваються у розробленій технології.

Будівельна частина містить в собі технологічну схему, план розміщення очисних споруд та профіль руху води.

Ключові слова: АЕРОТЕНК, КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВІ СТІЧНІ ВОДИ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, ВІДСТІЙНИКИ, ЗНЕЗАРАЖЕННЯ

					ДП ЛЕ-2110.00.26 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис								
Розробив		Лубська П. І.			АНОТАЦІЯ			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевірів		Овсянкіна В.О.								7	54
Реценз.								ФАПІЕ, ЛЕ-21			
Н. Контр.											
Затв.											

ANNOTATION

Diploma project on the topic: “Modernization of Biological Treatment Facilities at the Khmelnytsky NPP Municipal Wastewater Treatment Plant.” The total scope of work includes: 55 pages, 9 tables, 7 figures, 4 appendices, and 4 drawings at a scale of 1:100 on A1-size paper.

Project objective: to design an improved biological treatment stage for municipal wastewater to ensure that the treated water meets regulatory standards prior to discharge into the reservoir.

Diploma project consists of an explanatory note containing the following sections: introduction, technical and economic justification, technical section, technical and hydraulic calculations for the treatment facilities, construction section, occupational safety, conclusions, list of references, and appendices.

The technological section contains data on the composition of the influent wastewater, requirements for treated water, development of a flow diagram and calculation of the material balance, and a description of the physicochemical and biological processes occurring in the developed technology.

The construction section includes a process flow diagram, a layout plan for the treatment facilities, and a water flow profile.

Keywords: **AEROTANK, MUNICIPAL WASTEWATER, BIOLOGICAL TREATMENT, SETTLING TANKS, DISINFECTION**

					ДП ЛЕ-2110.00.26 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис						
Розробив	Лубська П. І.				АНОТАЦІЯ	Лім.	Арк.	Аркушів	
Перевірив	Овсянкіна В.О.						8	55	
Реценз.						ФАПІЕ, ЛЕ-21			
Н. Контр.									
Затв.									

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	13
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	15
2.1. Характеристика стічних вод, що надходять на очистку, та вимоги до очищеної води.....	15
2.2. Вибір та обґрунтування технологічної схеми очищення стічних вод.....	19
2.3. Розрахунок матеріального балансу.....	21
2.4. Теоретичні відомості про фізичні та хімічні процеси, які реалізуються в даній технології.....	27
2.4.1. Відстоювання.....	27
2.4.2. Стабілізація осаду.....	29
2.4.3. Знезараження води.....	30
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	31
3.1. Проектування приймальної камери стічних вод.....	31
3.2. Розрахунок розподільчої камери.....	32
3.3. Розрахунок аеротенку.....	32
3.4. Проектування вторинних відстійників.....	35
3.5. Розрахунок камери озонування.....	36
3.6. Вибір декантерної центрифуги.....	37
3.7. Вибір ущільнювача активного мулу.....	38
3.8. Вибір насосів.....	38
4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	38
4.1. План розміщення очисних споруд.....	38
4.2. Профіль руху води.....	40
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	42
5.1. Електробезпека.....	43
5.2. Повітря робочої зони.....	44
5.3. Пожежна безпека.....	46

5.4. Виробничий шум та вібрації.....	47
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	50
ДОДАТОК А.....	53
ДОДАТОК Б.....	55
ДОДАТОК В.....	54
ДОДАТОК Г.....	55

ВСТУП

Надійна та ефективна робота водопровідно-каналізаційного господарства є одним із ключових чинників забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку промислово-міських агломерацій. Особливу значущість це питання набуває для об'єктів атомної енергетики, де очисні споруди забезпечують одночасне знешкодження комунально-побутових стічних вод як промислового майданчика атомної електростанції, так і міста-супутника. Станція очищення стічних вод ВП «Хмельницька АЕС», яка обслуговує місто Нетішин, була запроєктована та введена в експлуатацію декілька десятиліть тому. За цей час відбулися суттєві зміни як у складі та об'ємах надходження забруднювальних речовин, так і в національних та європейських екологічних стандартах щодо якості очищених вод, що скидаються у відкриті водойми.

Більшість існуючих комплексів біологічного очищення, що базуються на традиційних схемах, наразі працюють на межі своїх технологічних можливостей і не здатні повною мірою забезпечити деструкцію сучасних стійких органічних сполук, поверхнево-активних речовин та залишків фармакологічних препаратів. Крім того, класичний метод фінального знезараження стоків шляхом хлорування (використання гіпохлориту натрію) супроводжується утворенням токсичних і канцерогенних хлорорганічних побічних продуктів, що негативно впливає на біоценоз водойми-приймача. З огляду на це, модернізація біологічних очисних споруд із впровадженням інноваційних, екологічно безпечних та високоефективних технологій, зокрема методу озонування, є надзвичайно актуальним інженерно-екологічним завданням.

Мета і завдання дослідження. Метою дипломного проєкту є розробка комплексних технологічних рішень щодо модернізації станції біологічного очищення комунально-побутових стічних вод ВП ХАЕС для підвищення ефективності видалення органічних і мінеральних домішок та забезпечення повної екологічної безпеки скиду в довкілля.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						11
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запропоновані у проєкті рішення з модернізації дозволяють оптимізувати роботу очисних споруд, гарантувати досягнення встановлених лімітів гранично допустимого скиду, повністю відмовитися від використання небезпечних хлорвмісних реагентів та покращити екологічний стан водосховища ВП ХАЕС шляхом насичення очищеної води розчиненим киснем, який може бути використаний для потреб рибного господарства. Результати розрахунків та графічні матеріали можуть бути використані при реалізації реальних проєктів реконструкції об'єктів водопровідно-каналізаційного господарства аналогічного масштабу.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						12
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Очисні споруди Хмельницької атомної електростанції це класичний приклад оборотної системи очисних споруд, які впроваджувалися у другій половині ХХ століття у містах, з комплексом механічних та біологічних етапів очистки, і вони були ефективні на свій час, але сучасні технології, і синтез нових хімічних речовин для людства, створюють нові виклики для якісного і повного очищення комунально-побутових стоків. Термін експлуатації споруд та обладнання – 30 – 40 років, і цей час давно вийшов, саме тому відбуваються руйнування залізобетонних конструкцій, виходить з ладу насосне обладнання та прориваються труби.

Проектована потужність роботи станції – 10000 – 15000 м³/добу, при такому не великому об'ємі води легше забезпечити її високу якість, тому, пропонується модернізувати саме біологічний етап очистки стічних вод, адже він є перспективним і безпечним, утворюючи лише відходи, які легко утилізуються, а саме: встановити декантерні центрифуги для зневоднення осаду; окислювальний канал із механічними аераторами для насичення води киснем та інтенсифікації процесу очищення; для безпечнішого знезараження – озонатор замість хлоратора.

Обрані технологічні рішення є енергоефективними, не потребують великих капіталовкладень, та не створюють небезпечних відходів, і при тому підвищать ефективність очистки і якість води. Інтегрування установок у наявну систему може здійснюватися поступово, без зупинки роботи та значних фінансових витрат.

Головна технологічна перевага озону як знезаражувача полягає у надзвичайно високій дезінфікуючій здатності, озон є значно потужнішим окисником, ніж гіпохлорит натрію чи рідкий хлор, руйнуючи бактерії та віруси в сотні й тисячі разів швидше, а також знищуючи стійкі спори й цисти простіших мікроорганізмів. Важливим фактором модернізації є також здатність озону ініціювати розщеплення стійких полімерних ланцюгів мікро- та нанопластику, що суттєво знижує його винесення у водосховище.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						13
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інше інноваційне рішення – це впровадження окислювального каналу, насичення води киснем і згодом скид її у водосховище, даватиме змогу використовувати цю площу також для рибо-господарських та рекреаційних потреб населення, без небезпеки для життя людей.

Підсумовуючи вищевикладене, впровадження запропонованих рішень із модернізації є цілком доцільним як з інженерно-технічної, так і з фінансово-економічної точок зору. Реалізація проєкту забезпечує не лише стабільне виконання нормативних вимог щодо якості очищених комунально-побутових стоків, а й створює гнучку, безвідмовну та екологічно безпечну систему водовідведення.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						14
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика стічних вод, що надходять на очистку, та вимоги до очищеної води

Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації розроблено відповідно до закону «Про охорону навколишнього природного середовища», Водного кодексу України, постанови Кабінету Міністрів України від 1 березня 1999 року №303 «Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору» із змінами і доповненнями, Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 року №465, згідно з будівельними нормами і правилами «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди» (БНП 2.04.03-85, окрім пункту 6.2).

За наявності в стічних водах суміші аніонних та неіоногенних ПАР їх загальна концентрація на спорудах біологічної очистки не повинна перевищувати 20 г/м³.

Для речовин, які не піддаються біологічному розкладу, гранична концентрація в стічних водах, що надходять до споруд біологічної очистки, не повинна перевищувати її ГДК у воді водного об'єкта, що використовується для господарсько-питного водопостачання чи рибогосподарських потреб.

Список речовин, які взагалі не допускаються у стічних водах: кислоти, горючі суміші, токсичні та розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати в мережах та спорудах токсичні гази; концентровані маточні та кубові розчини; будівельне, промислове, господарсько-побутове сміття, ґрунт, абразивні речовини; радіоактивні речовини, епідеміологічно небезпечні бактеріальні та вірусні забруднення.

Таблиця 2.1. – Вимоги до вхідної води

Показники якості стічних вод	Допустимі величини
Т води, °С	не більше 40

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

рН, од.	6,5-9,0
Амоній, мг/дм ³	не більше 30
Нітрити, мг/дм ³	не більше 3,3
Нітрати, мг/дм ³	не більше 45
Хлориди, мг/дм ³	не більше 350
Сульфати, мг/дм ³	не більше 400
Фосфати, мг/дм ³	не більше 15,6
Залізо, мг/дм ³	не більше 2,5
СПАР, мг/дм ³	не більше 10
ХСК	не більше 500
Нафтопродукти, г/м ³	не більше 10
БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	не більше 350
Завислі речовини, мг/дм ³	не більше 300
Сухий залишок, мг/дм ³	не більше 1000

Таблиця 2.2. – Середньомісячний показник вхідної води

Показники якості стічних вод	Величини
Т води, °С	17,5
рН, од.	7,4
Амоній, мг/дм ³	22,3
Нітрити, мг/дм ³	відсутні
Нітрати, мг/дм ³	відсутні
Хлориди, мг/дм ³	48,7
Сульфати, мг/дм ³	75
Фосфати, мг/дм ³	13,55
Залізо, мг/дм ³	1,07
СПАР, мг/дм ³	0,89
ХСК	118,6
Нафтопродукти, г/м ³	відсутні

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛЕ-2110.00.26

Арк.

16

БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	39,4
Завислі речовини, мг/дм ³	95,4
Сухий залишок, мг/дм ³	533,6

Основними вимогами до якості води є безпечність для здоров'я населення, відсутність шкідливих домішок, відповідність органолептичним показникам (прозорість, запах, смак, колір), а також відповідність технологічним потребам споживачів.

Відповідно до технологічного регламенту експлуатації очисних споруд ВП ХАЕС, процес підготовки очищеної води до скиду завершується стадією глибокого доочищення та дезінфекції. Останнім ступенем очищення є окислювальний канал, де відбувається природне самоочищення води та насичення її киснем, також це знизить концентрацію завислих речовин до рівня менше 6 мг-екв/дм³. Перед безпосереднім випуском у водойму-приймач очищена вода в обов'язковому порядку проходить процес знезараження озоном. Візуально вода на скид повинна бути світлою та прозорою, що контролюється операторами під час відкачування. Подальше транспортування очищених стоків здійснюється самопливом у водосховище станції, де важливо забезпечувати дотримання встановлених екологічних нормативів гранично допустимих скидів. При цьому особливу увагу приділяють запобіганню винесенню разом із водою частинок активного мулу, що може статися при перевантаженні вторинних відстійників або через ефект «спухання» мулу.

За листопад місяць 2025 р. водовідведення склало 196400 м³, середні скид за добу 6546,67 м³, за годину 272,78 м³.

Таблиця 2.3. – Характеристика якості очищених стічних вод

Показники якості стічних вод	Максимально допустиме значення показника та (або) концентрація в пробі стічних вод
Завислі речовини, мг/дм ³	не більше 50
Сухий залишок, мг/дм ³	не більше 670

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Амоній сольовий, мг/дм ³	не більше 3,7
Нітрити, мг/дм ³	не більше 1
Нітрати, мг/дм ³	не більше 70
Хлориди , мг/дм ³	не більше 50
Сульфати , мг/дм ³	не більше 110
Нафтопродукти, мг/дм ³	не більше 0,2
СПАР, мг/дм ³	не більше 0,53
БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	не більше 13,6
Фосфати , мг/дм ³	не більше 12
Водневий показник, од. рН	6,5-9
Вільний хлор, мг/дм ³	1,5-3
Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	більше 4
Температура, °С	6-30
Індекс колі-фаги, Од/дм ³	не більше 1000

Таблиця 2.4. – Середньомісячний показник вихідної води

Показники якості стічних вод	Величини
Т води, °С	10,6
рН, од.	7,77
Розчинений кисень, мг/дм ³	10,9
Амоній, мг/дм ³	2,53
Нітрити, мг/дм ³	0,78
Нітрати, мг/дм ³	67,1
Прозорість, см	30,8
Хлориди, мг/дм ³	58,5
Сульфати, мг/дм ³	38,4
Фосфати, мг/дм ³	10,9
Залізо, мг/дм ³	0,135
Лужність, мг-екв	4,52

СПАР, мг/дм ³	0,087
ХСК	12,9
Нафтопродукти, г/м ³	відсутні
БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	5,54
Завислі речовини, мг/дм ³	18,6
Сухий залишок, мг/дм ³	516,7
Окислюв. перманг., мгО/дм ³	11,2
Вільний хлор	2,1

2.2. Вибір та обґрунтування технологічної схеми очищення стічних вод

Розробка технологічних рішень щодо модернізації біологічного етапу очисних споруд господарсько-побутових стоків Хмельницької атомної електростанції базувалася на детальному аналізі чинної технологічної схеми із впровадженням комплексу інженерних удосконалень, покликаних суттєво підвищити якість очищення стічних вод. Також модернізація надійно забезпечує оборотність води та мулу, що суттєво знижує кількість відходів.

Перше запропоноване вдосконалення – поставити декантерну центрифугу. Вона працює безперервно та з високою швидкістю завдяки дії потужної відцентрової сили, яка в 2000-4000 разів перевищує силу земного тяжіння (обрана центрифуга має 5400 обертів/хв). Цей процес дозволяє розділяти рідкі та тверді фази за лічені секунди, саме тому на сьогодні це є один із найшвидших варіантів розподілу фази, фільтрат повертається в голову технологічної системи, а осад відправляється на компостування на біологічні площадки.

Ще одним вдосконаленням є встановлення окислювального каналу після вторинних відстійників, там вода насититься киснем за рахунок механічних аераторів. Канал має замкнену прямокутну форму і обладнаний системою пневматичної аерації та струминними аераторами, за допомогою яких утворюється водно-повітряний струмінь, який проникає в глибину шару рідини, перемішує і насичує його бульбашками повітря, які спливають. В

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						19
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каналі здійснюються біологічні процеси очистки стічних вод за допомогою активного мулу, який знаходиться в режимі повного окиснення.

Також запропонована альтернативний метод знезараження води – озонування. Метод безпечний та більш ефективний ніж хлорування.

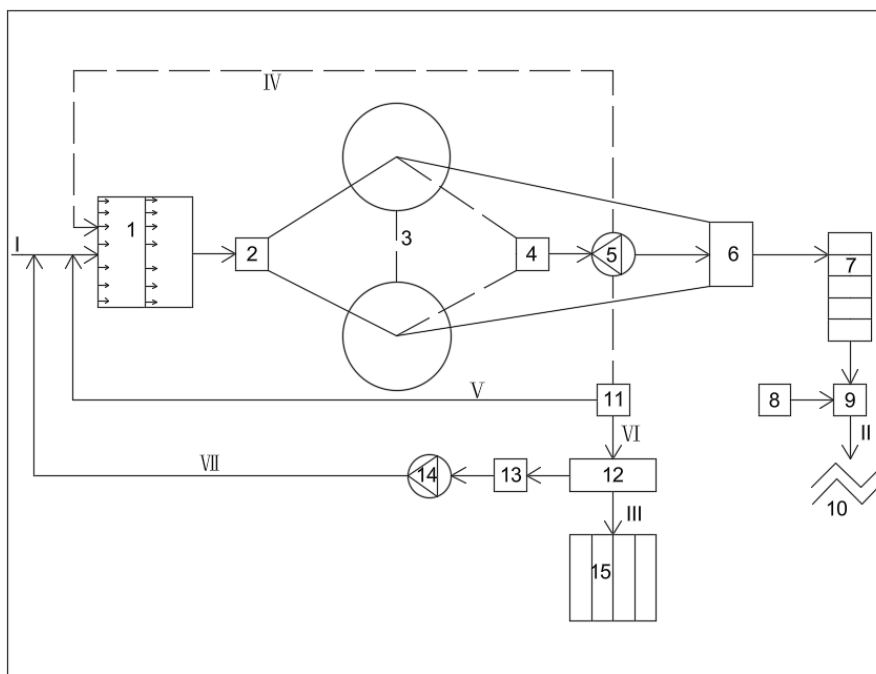


Рисунок 2.1. – Технологічна схема біологічних очисних споруд на станції очищення комунально-побутових стоків ХАЕС:

1 – аеротенк-змішувач з регенерацією активного мулу; 2 – розподільча камера; 3 – вторинні відстійники; 4 – приймальна камера надлишкового активного мулу; 5 – насосна станція; 6 – приймальна камера освітленої води; 7 – окислювальний канал; 8 – озонаторна установка; 9 – камера озонування; 10 – водосховище; 11 – ущільнювач активного мулу; 12 – будівля декантуючої центрифуги; 13 – резервуар фільтрату; 14 – насос; 15 – біополя для компостування осаду; I – подача стічної води з первинних відстійників; II – скид води у водосховище; III – транспортування зневодненого мулу на біологічні площадки для компостування; IV – подача рециркулюючого активного мулу в аеротенк; V – відведення води з ущільнювача активного мулу; VI – подача активного мулу на декантуючу центрифугу; VII – відведення фільтрату з декантуючих центрифуг.

Стічна вода з первинних відстійників подається на аеротенк-змішувач з регенерацією активного мулу, де перебуває орієнтовно до 2 годин, вони застосовуються для очищення стічних вод з БСК до 1000 мг/дм³. В таких аеротенках обов'язково є зона регенерації активного мулу, де відбувається його відновлення і зона аерації, де відбувається аерація суміші мулу із стічною водою. Потім вода потрапляє в розподільчу камеру, де згодом надходить у вторинні відстійники, де перебуває до 1,5 годин. Мул, який випав у осад безперервно відкачується насосом у приймальну камеру надлишкового рециркулюючого активного мулу, невелика частина повертається назад в аеротенк для підтримання сталої концентрації мулу в 3 г/дм³. Весь інший активний мул направляється на ущільнювач, фільтрат відправляється назад у аеротенк-змішувач. А осад прямує в будівлю декантуючої центрифуги, де рідка фаза під дією відцентрової сили остаточно відділяється від піску та мулу, цей фільтрат прямує в камеру, і насосом перекачується назад до аеротенку. Осад, що лишився після центрифуг відправляється на біологічні поля для компостування та згодом використання його як органічного добрива.

Вода після вторинних відстійників прямує до приймальної камери освітленої води, а звідти в окислювальний канал, де стічні води змішуються з активним мулом і безперервно циркулюють по колу. Механічні аератори постійно перемішують воду та подають кисень, необхідний для життєдіяльності бактерій. Ці мікроорганізми поїдають органічні забруднення, очищуючи воду. І фінальний етап – знезараження води озоном, після цього етапу вода за складом нічим не відрізняється від природної, далі йде скид у водосховище.

2.3. Розрахунок матеріального балансу

Таблиця 2.5. - Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

№	Показник	Значення показника
1.	Витрата води, м ³ /добу	10000
2.	Концентрація завислих речовин, мг/дм ³	95,4

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3.	БСК, мг/дм ³	39,4
4.	ХСК, мг/дм ³	118,6
5.	Об'єм покидьків на 1 жителя на рік, дм ³	8
6.	Добовий приріст БСК _{повн} на 1 жителя, г/добу	40
7.	Концентрація змулених речовин у воді перед аеротенком, мг/дм ³	150
8.	Густина осаду, т/м ³	1,05
9.	Вологість осаду, %	95
10.	Коефіцієнт приросту активного мулу	0,4
11.	Ефект зниження БСК, %	25
12.	Вологість активного мулу, %	99,2
13.	Густина мулу після вторинних відстійників, т/м ³	1
14.	Доза активного мулу, г/дм ³	3
15.	Зольність осаду, %	30
16.	Зольність активного мулу, %	30
17.	Гігроскопічність вологість, %	5
18.	Границі розкладу мулу і осаду, %	$a_o = 53$; $a_m = 44$
19.	Середньомісячна температура влітку, °С	22
20.	Розчинність O ₂ у воді, мг/дм ³	9,4
21.	Середня концентрація O ₂ в аеротенку, мг/дм ³	2

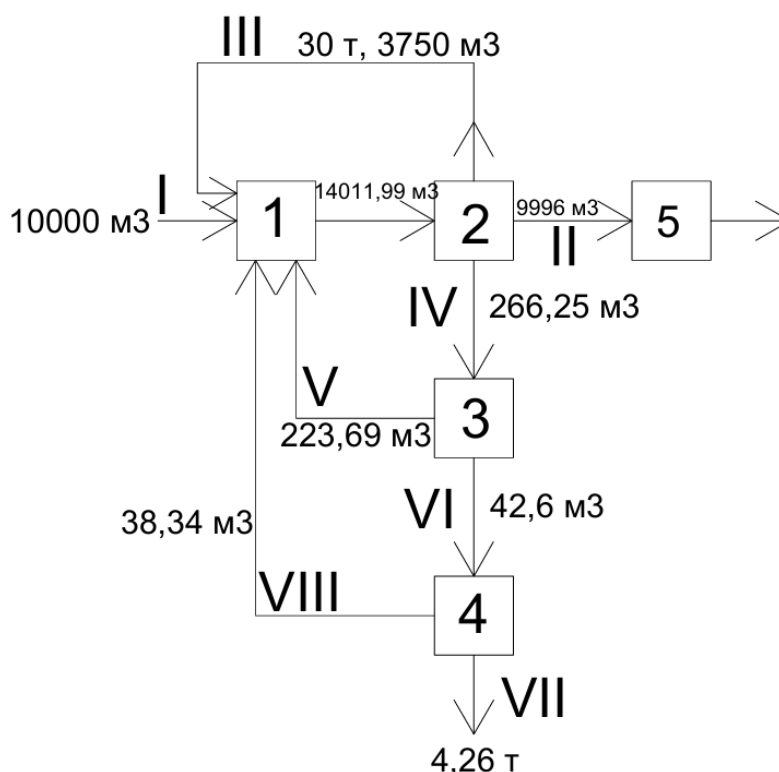


Рисунок 2.2. – Блок-схема матеріального балансу:

1 – аеротенк; 2 – вторинний відстійник; 3 – ущільнювач; 4 – декантуюча центрифуга; 5 – озонатор; I – подача води в аеротенк; II – скид стічної води; III – подача активного мулу в аеротенк; IV – відведення активного мулу на ущільнювач; V – відведення води з ущільнювача; VI – подача активного мулу на декантуючу центрифугу; VII – відведення зневодненого активного мулу на біологічні поля; VIII – повернення фільтрату в аеротенк.

Об'єм покидьків, затримуваних на решітках:

$$W_{\text{пок}} = \frac{a_0 * N_{\text{пр}}}{1000 * 365} = \frac{8 * 87500}{1000 * 365} = 1,92 \text{ (м}^3\text{/добу)},$$

де a_0 – об'єм покидьків на одного жителя на рік за БНіП 2.04.03 – 85, $a_0 = 8 \text{ дм}^3$ для решіток з шириною отвору 16-20 мм; $N_{\text{пр}}$ – наведена кількість жителів.

Приведена кількість жителів:

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q * \text{БСК}_{\text{повн}}}{a_1} = \frac{10000 * 350}{40} = 87500 \text{ (жителів)},$$

де Q – витрата стічних вод, м³ на добу; a_1 – добовий БСК_{повн} на одного жителя, г/добу.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						23
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зважаючи на те, що під час відстоювання ефективність зменшення БСК досягає 25%, маємо наступне:

$$L_a = 39,4(1 - 0,25) = 29,55 \text{ (мг/дм}^3\text{)}$$

Кількість осаду, що відводиться з вторинних відстійників:

$$M_{\text{сух}} = \frac{[0,8C(1 - E) + aL_a - b] * Q}{10^6} = \frac{[0,8 * 300(1 - 0,5) + 0,3 * 350 - 12] * 10000}{10^6} = 2,13 \text{ (т/добу)},$$

де C – концентрація змулених речовин у воді, що надходить до вторинних відстійників (мг/дм³); E – ефективність затримання змулених речовин, виражена як частка одиниці; L_a – БСК стічних вод, які поступають в аеротенки; a – коефіцієнт приросту активного мулу, дорівнює 0,3-0,5; b – концентрація активного мулу після вторинних відстійників (мг/дм³); Q – середньодобова витрата стічних вод (м³/добу).

Об'єм надлишкового мулу у вторинних відстійниках:

$$V_{\text{надл. мул}} = \frac{100 * M_{\text{сух}}}{(100 - P) * \rho_{\text{мулу}}} = \frac{100 * 2,13}{(100 - 99,2) * 1} = 266,25 \text{ (м}^3\text{/добу)},$$

$$q_{\text{IV}} = V_{\text{надл. мул}} = 266,25 \text{ (м}^3\text{/добу)}$$

де P – вологість мулу після вторинних відстійників, 99,2%; $\rho_{\text{мулу}}$ – густина мулу після вторинних відстійників, $\rho_{\text{мулу}} = 1 \text{ т/м}^3$.

Кількість мулу, що подається назад в аеротенк з вторинних відстійників:

$$Q_{\text{акт.мулу}} = \frac{Q * D_{\text{акт.мулу}}}{1000} = \frac{10000 * 3}{1000} = 30 \text{ (т/добу)}$$

$$Q_{\text{акт.мулу}} = q_{\text{III}} = 30 \text{ т/добу}$$

$$q_{\text{III}} = \frac{100 * M_{\text{сух}}}{(100 - P) * \rho_{\text{мулу}}} = \frac{30 * 100}{(100 - 99,2) * 1} = 3750 \text{ м}^3$$

Кількість мулу, що подається на декантуючі центрифуги:

$$q_{\text{II}} = \frac{100 * M_{\text{сух}}}{(100 - P)\rho} = \frac{100 * 2,13}{(100 - 95) * 1} = 42,6 \text{ (м}^3\text{/добу)}$$

Кількість води, яка з ущільнювача активного мулу подається назад на аеротенк:

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						24
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{II}} = q_{\text{I}} - q_{\text{III}} = 266,25 - 42,6 = 223,69 \text{ (м}^3\text{/добу)}$$

Кількість зневодненого активного мулу, який подається на біополі:

$$q_{\text{IV}} = 4,26 \text{ т (50\% вологості)}$$

Кількість фільтрату, який повертається в аеротенк:

$$q_{\text{V}} = q_{\text{II}} - q_{\text{IV}} = 42,6 - 4,26 = 38,34 \text{ (м}^3\text{/добу)}$$

Кількість води, яка з аеротенку відводиться на вторинні відстійники:

$$\begin{aligned} q_{1-2} &= Q + q_{\text{III}} + q_{\text{V}} + q_{\text{IV}} = 10000 + 3750 + 38,34 + 223,69 \\ &= 14011,99 \text{ (м}^3\text{/добу)} \end{aligned}$$

Розрахуємо подачу стічної води на озонатор:

$$q_{\text{II}} = q_{1-2} - q_{\text{III}} - q_{\text{V}} = 14011,99 - 3750 - 266,25 = 9996 \text{ (м}^3\text{/добу)}$$

Питома витрата повітря очищеної води за пневматичної аерації аеротенка:

$$\begin{aligned} q_{\text{пов.}} &= \frac{q_0(L_a - L * t)}{K_1 * K_2 * K_3 * K_T(C_a - C_0)} = \frac{1,1(29,55 - 12)}{1,34 * 0,4 * 0,59 * 0,51(10,35 - 2)} \\ &= 14,33 \text{ (м}^3\text{/м}^3\text{)}, \end{aligned}$$

де q_0 – питома втрата кисню, мг на 1 мл знятої БСК (повного), $q_0 = 1,1$; концентрація кисню $C_0 = 2 \text{ мг/дм}^3$; K_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора, $K_1 = 1,34$; K_2 – коефіцієнт, який враховує вплив глибини, на якій розміщено аератор, $K_2 = 0,4$; K_3 – коефіцієнт, який враховує вплив органічних речовин або вплив якості стічної води на процес окислення, $K_3 = 0,59$; K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод:

$$K_T = \frac{1 + 0,02}{(T_{\omega} - 20)} = \frac{1 + 0,02}{(22 - 20)} = 0,51$$

Розчинність кисню повітря у воді:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) C_T = \left(1 + \frac{2,08}{20,6}\right) * 9,4 = 10,35 \left(\frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}\right),$$

де C_T – розчинність кисню повітря у воді залежно від температури й тиску.

Кількість повітря, що подається на аеротенк:

$$Q_{\text{пов.}} = q_{\text{пов.}} * Q = 14,33 * 10000 = 143400 \text{ (м}^3\text{/добу)}$$

За умови, що озоно-повітряна суміш на 7% складається з озону та на 93% з кисню, тоді об'єм повітря, який необхідний для утворення такої суміші:

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						25
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$7\% - 21 \text{ кг} = 0,021 \text{ т}$$

$$V_{\text{кис.}} = \frac{0,021 * 100}{7} = 0,3 \text{ т} = 210 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розрахуємо об'єм озono-повітряної суміші:

$$0,3 \text{ т/добу} - 21\%$$

$$V_{\text{оз.}} = \frac{0,3 * 100}{21} = 1,428 \text{ т/добу} = 1428 \text{ кг/добу}$$

Таблиця 2.6. - Матеріальний баланс

№	Показник	Значення показника
1.	Об'єм покидьків, що затримуються на решітках, м ³ /добу	1,92
2.	Об'єм осаду, що відводиться з вторинних відстійників, т/добу	2,13
3.	Об'єм надлишкового мулу у вторинних відстійниках, м ³ /добу	266,25
4.	Кількість мулу, що подається назад в аеротенк з вторинних відстійників	30 т/добу, 3750 м ³ /добу
5.	Кількість мулу, що подається на декантуючі центрифуги, м ³ /добу	42,6
6.	Кількість зневодненого активного мулу, який подається на біополя, т	4,26 т
7.	Кількість фільтрату, який повертається в аеротенк, м ³ /добу	38,34
8.	Кількість води, яка з аеротенку відводиться на вторинні відстійники, м ³ /добу	14011,99
9.	Подача стічної води на озонатор, м ³ /добу	9996
10.	Витрата повітря на аерацію, м ³ /добу	143400
11.	Питома витрата повітря очищеної води аерації аеротенка, м ³ /м ³	14,33

2.4. Теоретичні відомості про фізичні та хімічні процеси, які реалізуються в даній технології

У стічній воді, яка потрапляє на станцію очистки, міститься безліч різних видів забруднюючих речовин, миючі засоби, пластикові палички та засоби гігієни, нафтопродукти, а поглянувши під мікроскоп, можна побачити коліфагів, нематод, тихоходок та інші дрібні мікроорганізми, і без належної очистки та знезараження, така вода не придатна у користування в господарствах, адже може створювати небезпеку для життя людей.

У запропонованій технологічній схемі очищення комунально-побутових стоків Хмельницької атомної електростанції передбачено послідовне проходження стічної води. Спочатку йде прийом води після механічної очистки та первинних відстійників до аеротенку-змішувача, потім відстоювання у вторинних відстійниках, надлишковий осад потрапляє на ущільнення, потім в декантерну центрифугу і компостується, а освітлена вода в той час йде до окислювального каналу та на знезараження озоном перед скидом у водосховище.

2.4.1. Відстоювання

Після механічного очищення, у воді лишається ще значна частина завислих речовин, саме тому стічна вода далі прямує у аеротенк-змішувач з регенерацією активного мулу Регенерація активного мулу – це стадія його інтенсивної аерації перед змішуванням із стічною водою.

В таких аеротенках обов'язково є зона регенерації активного мулу, де відбувається його відновлення і зона аерації, де відбувається аерація суміші мулу із стічною водою.

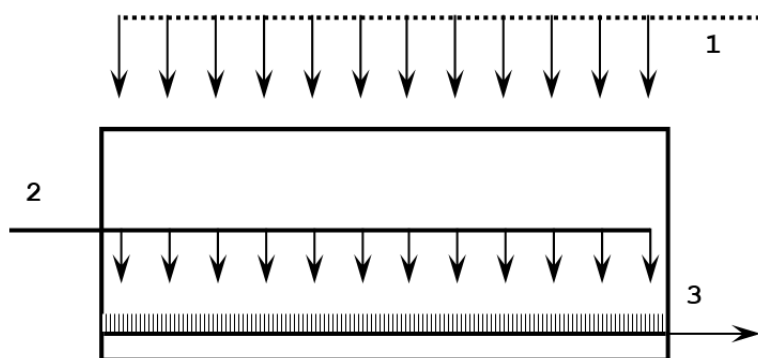


Рисунок 1.3. – Схема аеротенку-змішувача з регенерацією активного мулу:

1 - подача активного мулу; 2 – подача стічної води; 3 – відведення суміші активного мулу з водою

Фінальний етап біологічного очищення - вода прямує на вторинні відстійники, де концентрація завислих частинок після освітлення води знижується до $10 - 20 \text{ мг/дм}^3$, БСК залишкове знижується до 15 мг/дм^3 . Фізична суть процесу відстоювання базується на гравітаційному розділенні фаз завдяки різниці густини водного середовища та дисперсних частинок забруднень. Дрібнодисперсні компоненти, що мають більшу за воду густину, поступово лишаються на дні споруди, тоді як речовини з меншою питомою вагою (зокрема побутові жири, нафтопродукти, СПАР) спливають на дзеркало води, звідки видаляються спеціальними дерев'яними жирозбірними пристроями.

Існують вертикальні, горизонтальні та радіальні відстійники, так як останні використовуються для станцій з відносно не великою продуктивністю, ми обрали їх. Особливістю є те, що вода рухається від центру до периферії, а осад збирається в приямок за допомогою скребкового механізму.

Фізичний принцип функціонування цих споруд базується на суттєвому уповільненні швидкості руху рідини, що подається по центральному підвідному трубопроводу знизу догори у розподільчий циліндр, який гасить кінетичну енергію потоку та спрямовує його у проточну частину. З цієї зони стічна вода починає повільно рухатися радіальними траєкторіями від центра

до периферії резервуара, причому швидкість потоку безперервно падає в міру наближення до зовнішніх бортів через пропорційне збільшення площі поперечного перерізу. Внаслідок такого гідравлічного режиму дисперсні частинки, чия густина перевищує густину води, поступово осаджуються на дно, утворюючи шар сирого осаду або активного мулу, тоді як компоненти з меншою питомою вагою, зокрема жирові плівки, нафтопродукти та СПАР, спливають на дзеркало води. Збір освітленої води здійснюється по всьому периметру споруди за допомогою зубчастого водозливу у круговий збірний лоток, звідки вона відводиться на наступні технологічні етапи, наприклад, на озонування чи фільтрацію. Видалення накопиченого осаду є повністю автоматизованим процесом, який реалізується за допомогою ферми мулососа, що безперервно обертається навколо центральної осі й зсуває тверду фазу до центрального мулового приймку для подальшого відкачування до камери надлишкового мулу. Одночасно з цим закріплені на обертовій конструкції напівзанурені щити згрібають усі легкі плаваючі домішки з поверхні у спеціальні бункери-жирозбірники. До головних інженерних переваг таких споруд відносять їхню високу пропускну здатність, низьку чутливість до нерівномірності припливу стоків та зручність експлуатації механічного обладнання, що робить їх незамінними.

2.4.2. Стабілізація осаду

Осад після вторинних відстійників прямує спочатку на ущільнювач активного мулу, де загущується перед подальшою обробкою, а вже потім на декантуючу центрифугу (рис. 2.4.), де відбувається розділення рідкою і твердої фази за допомогою відцентрової сили. Декантація – це процес розділення двох рідин або рідини та твердого компонента за допомогою їх різниці у щільності. Кінцева вологість продукту на виході з даних апаратів складає до 74%, що змушує здійснювати його додаткове механічне зневоднення або сушіння.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						29
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

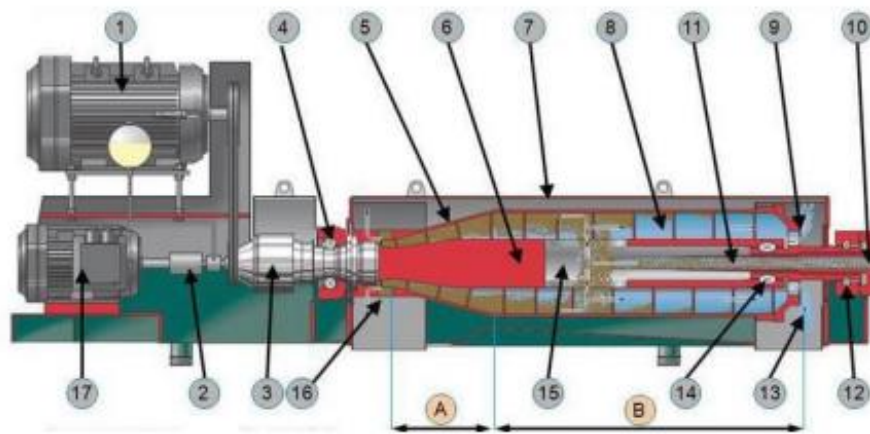


Рисунок 2.4. - Схема декантерної центрифуги:

1 – двигун барабану; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – підшипник барабану; 5 – барабан; 6 – шнек; 7 – корпус; 8 – зона сепарування; 9 – регулювальне кільце; 10 – подача продукту; 11 – подавальна труба; 12 – підшипник барабану; 13 – вихід освітленої рідини; 14 – підшипник шнека; 15 – розподільник; 16 – вивантаження твердої фази; 17 – двигун шнека

Після центрифуги, осад потрапляє на біологічні площадки, де відбувається його компостування в штабелі. Після 3-х місячної витримки в літню пору і 6-ти місячної в холодну пору, оформляється паспорт на використання мулу, компостний мул може бути використаний в якості добрив при озелененні, та підсипки території.

2.4.3. Знезараження води

Використання озону належить до найбільш дієвих способів деструкції розчинених органічних компонентів у стічних водах. Ключовою перевагою цього процесу порівняно з хлоруванням є повна екологічна безпека, оскільки окиснення забруднювачів відбувається без генерації токсичних вторинних сполук такі як хлороформ, тригалометани, хлорфеноли, тому сучасні підприємства один за одним відмовляються від використання хлору як способу окислення розчинених органічних речовин, на користь екологічних альтернатив. Реагуючи з органікою, озон не лише розщеплює стійкі речовини, а й ефективно дезодорує воду, ліквідує сторонні запахи, присмаки та суттєво покращує її загальні органолептичні характеристики. Сучасний

світовий досвід підтверджує, що впровадження озонування є прогресивною та екологічно чистою альтернативою реагентній обробці.

Синтез озону здійснюється безпосередньо в спеціалізованому апараті - генераторі озону (рис. 2.5.). Технологічний процес базується на отриманні цільового газу з атмосферного кисню шляхом його пропускання через зону дії «тихого» електричного розряду. Під впливом цього розряду відбувається дисоціація молекул кисню на вільні атоми, які згодом знову збираються у молекули, при цьому певна їх частина об'єднується у стабільні трьохатомні структури, формуючи озон.

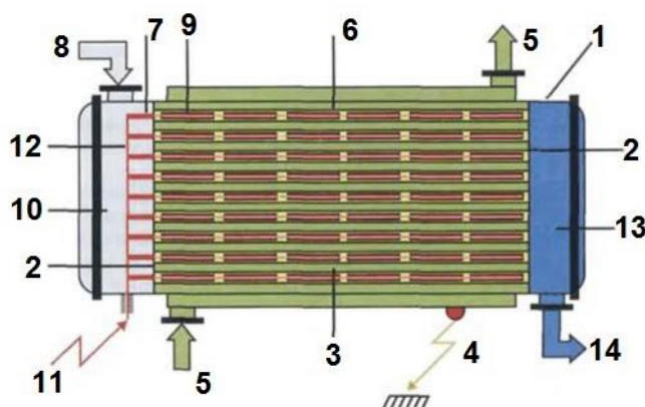


Рисунок 2.5. – Генератор озону:

1 – циліндричний корпус, 2 – трубні решітки, 3 – трубки заземлюючого електрода, 4 – заземлення, 5 – охолоджуюча вода, 6 – діелектрики, 7 – запобіжник, 8 – подача повітря, 9 – кільцевий простір, 10 – камера впуску повітря, 11 – клемма подачі електроенергії, 12 – з'єднання між комірками генерації озону, 13 – камера відведення, 14 – колектор озону

Отже, в порівнянні з іншими видами знезараження води, було вирішено використати саме озонування, адже це інвестиція на багато років вперед, установку можливо адаптувати до нових видів забрудників, та більшого навантаження, саме тому вона є універсальною та найкращим технологічним рішенням, враховуючи всі параметри.

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

3.1. Проектування приймальної камери стічних вод

Обчислимо об'єм приймальної камери, виходячи із витрат стічної води:

$$V = \frac{Q * t}{24},$$

де Q – витрата стічної води, м³/добу; t – час перебування води в камері, год.

Час перебування стічної води в камері: t = 10 хв = 0,2 год.

$$V = \frac{10000 * 0,2}{24} = 83,3 \text{ м}^3$$

Розраховуємо площу приймальної камери, при глибині камери H = 3 м:

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

$$F = \frac{83,3}{3} = 27,76 \text{ м}^2$$

Знаючи ширину камери (B = 6 м), визначимо її довжину:

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

$$L = \frac{27,76}{6} = 4,6 \text{ м}$$

3.2. Розрахунок розподільчої камери

Розраховуємо об'єм камери:

$$V_k = \frac{t * Q}{N}$$

$$V_k = \frac{30 * 0,1157}{1} = 3,471 \text{ м}^3,$$

де Q – витрата води, м³/с (Q = 10000 м³/добу = 0,1157 м³/с); t – час перебування води у камері (так як ми маємо не великий потік і вода довго не затримується, приймаємо значення 30 с); N – кількість камер.

Висота камери 1,5 м, тоді площа камери:

$$S = \frac{3,471}{1,5} = 2,314 \text{ м}^2$$

Ширина камери B = 1 м, довжина = 2,4 м.

3.3. Розрахунок аеротенку

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Так як БСК на вході 350 мг/дм³, було обрано аеротенк-змішувач з регенерацією активного мулу.

Питома швидкість окислення органічних домішок активним мулом, мг/г*год, розраховується:

$$p = p_{max} \frac{L_t * C}{L_t * C + K_L C + K_0 L_t} \left(\frac{1}{1 + \phi a} \right),$$

$$p = 85 \frac{12 * 4}{12 * 4 + 0,33 * 4 + 0,625 * 12} \left(\frac{1}{1 + 0,07 * 3} \right) = 59,34 \text{ мг/г * год}$$

де C – концентрація кисню у воді в аеротенку, мг/дм³; L_t – БСК_{повне} очищеної води після вторинних відстійників, мг/дм³; p_{max} – максимальна швидкість окислення домішок ($p_{max} = 85$ мг/г * год); K_L – коефіцієнт, що враховує вплив органічних домішок на процес очищення води, мг/дм³; K_0 – коефіцієнт, що враховує вплив кисню на процес очищення води, мг/дм³; a – доза, г/дм³; ϕ – коефіцієнт, що враховує сповільнення процесу розкладу домішок за рахунок продуктів розкладу активного мулу, 0,07 дм³/г; Відповідно до СНіП $K_L = 0,33$ мг/дм³; $K_0 = 0,625$ мг/дм³; $\phi = 0,07$ дм³/г; $s = 0,3$.

Ступінь рециркуляції можна не розраховувати, а прийняти в залежності від вибраного способу транспортування. Якщо активний мул транспортують насосами, то ступінь рециркуляції дорівнює 0,3, це значення ми і приймемо.

При розрахунку аеротенків з регенерацією активного мулу визначають загальний час окислення, який включає час перебування активного мулу в регенераційній зоні і час обробки води.

Цей час окислення, год, розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_a - L_t}{Ra_R(1 - s) * p},$$

$$t_o = \frac{29,55 - 12}{0,3 * 8(1 - 0,3) * 59,34} = 0,176 \text{ год}$$

де a_R – доза активного мулу в регенераторі, г/м³; s – зольність активного мулу ($s = 0,3$).

Доза активного мулу в регенераторі розраховується за формулою:

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						33
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_R = \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) * a = \left(\frac{1}{2 * 0,3} + 1 \right) * 3 = 8$$

Час перебування води в аеротенку (час аерації), год:

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

$$t_a = \frac{2,5}{3^{0,5}} \lg \frac{81,83}{12} = 1,2 \text{ год}$$

де L_a' – БСК_{повн} води з врахуванням її розведення рециркуляційним активним мулом, мг/дм³.

БСК_{повн} з урахуванням розведення становить:

$$L_a' = \frac{L_a * L_t * R}{1 + R}$$

$$L_a' = \frac{29,55 * 12 * 0,3}{1 + 0,3} = 81,83 \text{ мг/дм}^3$$

Час регенерації активного мулу, год, розраховують за формулою:

$$t_p = t_0 - t_a$$

$$t_p = 1,2 - 0,176 = 1,024 \text{ год}$$

Навантаження на 1 г беззольної речовини активного мулу на добу, мг/г·д, розраховується за формулою:

$$q_{\text{мул}} = \frac{24(L_a - L_t)}{ta(1 - s)},$$

$$q_{\text{мул}} = \frac{24(29,55 - 12)}{1,2 * 3(1 - 0,3)} = 167,1 \text{ мг/г * д}$$

де t – час аерації, год.

Для аеротенків з регенерацією об'єм регенераційної зони, м³, визначаємо з виразу:

$$V_p = t_p QR,$$

$$V_p = 1,024 * 416,6 * 0,3 = 128 \text{ м}^3$$

де Q – витрата стічної води, м³/год ($Q = 10000 \text{ м}^3/\text{добу} = 416,6 \text{ м}^3/\text{с}$).

Об'єм зони аерації, м³, розраховують за формулою:

$$V_a = t_a Q(1 + R)$$

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						34
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_a = 1,2 * 416,6(1 + 0,3) = 649,896 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм аератора становить:

$$V = V_a + V_p = 649,896 + 128 = 777,896 \text{ м}^3$$

Задаємося глибиною аеротенку 3 м і шириною 12 м, тоді довжина:

$$L = \frac{V}{h * b * N} = \frac{777,896}{3 * 12 * 1} = 21,61 \text{ м}$$

Отже, довжина аеротенку = 22 м, ширина – 12 м.

Приріст активного мулу, мг/дм³, розраховують за формулою:

$$\Pi = 0,8B - K'L_a,$$

де B – концентрація завислих речовин, мг/дм³; K' - коефіцієнт, що враховує, яка частина БСК повного іде на підвищення приросту біомаси, K' = 0,3-0,5.

$$\Pi = 0,8 * 95,4 - 0,4 * 29,55 = 64,5 \text{ мг/дм}^3$$

Питому витрату повітря на аерацію води, м³/м³, обчислюють:

$$q_{\text{пов.}} = \frac{q_0(L_a - L * t)}{K_1 * K_2 * K_3 * K_T(C_a - C_0)} = \frac{1,1(29,55 - 12)}{1,34 * 0,4 * 0,59 * 0,51(10,35 - 2)} = 14,33 \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)},$$

де q_0 – питома втрата кисню, мг на 1 мл знятої БСК (повного), $q_0 = 1,1$; концентрація кисню $C_0 = 2 \text{ мг/дм}^3$; K_1 - коефіцієнт, який враховує тип аератора, $K_1 = 1,34$; K_2 – коефіцієнт, який враховує вплив глибини, на якій розміщено аератор, $K_2 = 0,4$; K_3 – коефіцієнт, який враховує вплив органічних речовин або вплив якості стічної води на процес окислення, $K_3 = 0,59$; K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод; L_t – БСК_{повн} води після проходження вторинних відстійників.

Кількість повітря, яка потрібна на 10000 м³/добу води:

$$Q_{\text{пов.}} = q_{\text{пов.}} * Q = 14,33 * 10000 = 143400 \text{ (м}^3/\text{добу)}$$

Інтенсивність барботажу визначають з урахуванням часу окислення та глибини занурення аератора (H), м³/м²*год:

$$I = \frac{q * H}{t} = \frac{14,33 * 1}{0,176} = 81,42 \text{ м}^3/\text{м}^2 * \text{год}$$

3.4. Проектування вторинних відстійників

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						35
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оберемо радіальні відстійники. Вторинні відстійники застосовуються після аеротенків в біохімічних процесах очищення води і призначені для відділення активного мулу від очищеної води. Всі типи вторинних відстійників рекомендується розраховувати по питомому навантаженні, $\text{м}^3/\text{м}^2$ год, яке визначається за формулою:

$$q_{\text{п}} = \frac{4,5 * \eta * H^{0,8}}{(0,1 * J * a)^{0,5-0,01at}}$$

$$q_{\text{п}} = \frac{4,5 * 0,4 * 2^{0,8}}{(0,1 * 90 * 3)^{0,5-0,01*10}} = 0,84 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ год}$$

де η – коефіцієнт використання об'єму зони відстоювання, для радіальних відстійників дорівнює 0,4; J – муловий індекс, $\text{см}^3/\text{г}$; a – концентрація активного мулу в аеротенку, $\text{г}/\text{дм}^3$; at – концентрація активного мулу в освітленій воді, $\text{мг}/\text{дм}^3$; H – висота зони відстоювання, м.

Обираємо висоту зони відстоювання – 2 м.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q_{\text{п}}} = \frac{416,6}{0,84} = 495,95 \text{ м}^2,$$

де Q_{max} – витрата води за годину ($10000 \text{ м}^3/\text{добу} / 24 \text{ год} = 416,6 \text{ м}^3/\text{год}$).

Площа зони відстоювання одного відстійника:

$$F_1 = \frac{F_{\text{відст.}}}{N} = \frac{495,95}{2} = 247,97 \text{ м}^2$$

Діаметр одного вторинного відстійника:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F_1}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{247,97}{3,14}} = 17,77 \text{ м}$$

Отже, приймаємо 2 вторинних відстійника діаметром 18 м.

3.5. Розрахунок камери озонування

Обчислимо об'єм камери:

$$V = \frac{Q * t}{24}$$

Час перебування води у камері $t = 0,25$ год.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						36
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{10000 * 0,25}{24} = 104,2 \text{ м}^2$$

Обчислимо площу камери озонування, задавшись висотою камери $H = 4 \text{ м}$:

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

$$F = \frac{104,2}{4} = 26,05 \text{ м}^2$$

Обираємо ширину камери $B = 4 \text{ м}$. Тоді довжина камери:

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

$$L = \frac{26,05}{4} = 6,5 \text{ м}$$

Для очисних споруд продуктивністю $10000 \text{ м}^3/\text{добу}$ потрібна промислова станція озонування потужністю від 200 до 1000 г/год по озону для ефективного знезараження. Було обрано генератор озону під назвою марки OzW150. Особливості моделі дозволяють генерувати озон в залежності від потреб станції.

Таблиця 3.1. – Технічні характеристики генератора озону OzW150

№	Найменування параметра	Значення
1.	Продуктивність по озону (атмосферне повітря), г/годину, не менше:	150
2.	Продуктивність по озону (осушене повітря, точка роси $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$), г/годину, не менше:	262,5
3.	Продуктивність по озону (кисень 99%), г/годину, не менше:	412,5
4.	Габаритні розміри, мм (довжина*ширина*висота):	600*1350*1200
5.	Маса, кг:	350

3.6. Вибір декантерної центрифуги

На декантуючу центрифугу щодня потраплятиме $42,6 \text{ м}^3/\text{добу}$ мулу, для таких потреб було обрано модель HAUS DDE 2342 декантерна центрифуга для

розділення осаду. Частота обертання становить 5400 обертів/хв, продуктивність 5 м³/год. Вага становить 900 кг.

3.7. Вибір ущільнювача активного мулу

Було обрано мультидисковий шнековий згущувач ESMIL MDQ-351. Модель серії 351 розрахована на гідравлічне навантаження до 12-18 м³/год, що дозволяє переробити весь добовий об'єм 266,25 м³ приблизно за 16-22 години роботи. За необхідності, можна збільшити потужність зневоднювальної установки.

3.8. Вибір насосів

Насосна станція має довжину 7 м, ширину – 7,5 м, діаметр підземної частини – 5,5 м, глибина закладання підвідного колектора – 4 м, об'єм ємності приймального резервуару – 13,6 м³.

Таблиця 3.2. – Технічні характеристики насосного обладнання

№	Найменування устаткування	К-ть, шт	Технологічні характеристики
1.	Насос СМ 150-125-315/4	2	Продуктивність – 200 м ³ /год, тиск – 32 м.в.ст., число об. – 1450 об/хв, потужність – 45 кВт
2.	Насос СМ 100-65-250/5	3	Продуктивність – 50 м ³ /год, тиск – 20 м.в.ст., число об. – 1500 об/хв, потужність – 7,5 кВт

4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

Будівельний розділ включає в себе кресленики та їх опис плану розміщення очисних споруд, профіль руху води, та розроблена технологічна схема, описана у 2 розділі.

4.1. План розміщення очисних споруд

Схема розміщення очисних споруд є базовим компонентом проєктування комплексів водовідведення, яка визначає просторове

розташування всіх технологічних вузлів з урахуванням суворих технічних, екологічних, санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог. Оптимальне позиціонування майданчика очисних споруд передбачає його максимальне наближення як до джерел надходження стічних вод, так і до місця їхнього фінального скиду у водойму-приймач. При взаємному розташуванні об'єктів на території забезпечується раціональне та економне використання земельних ресурсів із можливістю подальшого розширення потужностей підприємства, максимальне блокування будівель різного призначення для скорочення довжини інженерних комунікацій, а також самопливний рух основного технологічного потоку рідини за рахунок природного рельєфу місцевості та врахування гідравлічних втрат напору. При цьому технологічні відстані у світлі між окремими спорудами регламентуються залежно від їхнього типу: для однорідних за призначенням вузлів розрив становить 2–3 метри, між спорудами різного типу - від 5 до 10 метрів, між блоками механічного та біологічного очищення інтервал збільшується до 10–20 метрів, тоді як санітарний розрив між основним виробничим комплексом і муловими майданчиками має складати від 20 до 50 метрів.

Поряд із ключовими об'єктами очисного комплексу, до складу інфраструктури може інтегруватися допоміжне обладнання, необхідне для забезпечення експлуатаційної надійності станції. Сюди відносяться вузли збалансованого ділення гідравлічного навантаження й мулу між очисними елементами, засоби локалізації та відсікання магістралей і резервуарів на період сервісного обслуговування, а також системи дренажу і промивання. Важливою умовою автоматизації є встановлення вузлів обліку об'ємів стічних вод і осадових мас.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						39
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

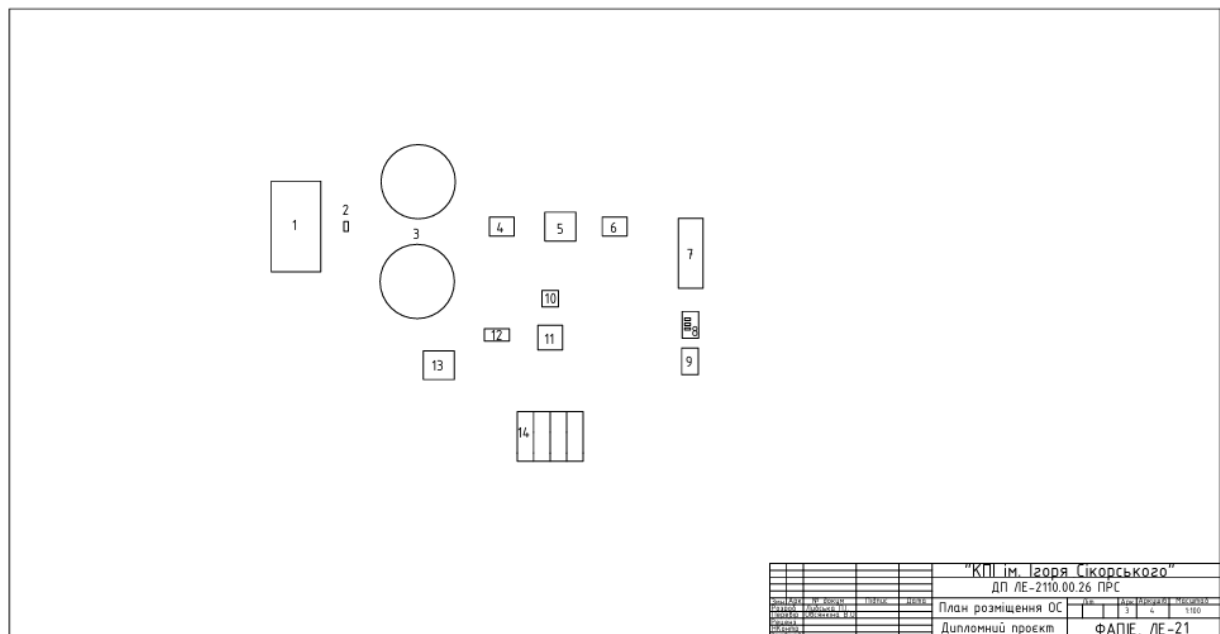


Рисунок 2.1. – План розміщення споруд на території:

1 - аеротенк-змішувач з регенерацією активного мулу; 2 – розподільча камера; 3 – вторинні відстійники; 4 – приймальна камера надлишкового активного мулу; 5 – насосна станція; 6 – приймальна камера освітленої води; 7 – окислювальний канал; 8 – озонаторна установка; 9 – камера озонування; 10 – ущільнювач активного мулу; 11 – будівля декантуючої центрифуги; 12 – резервуар фільтрату; 13 – насос; 14 – біополя для компостування осаду.

На плані розміщення очисних споруд можна побачити, що всі споруди розміщено у вигляді єдиного компактного комплексу. При компонуванні споруд на майданчику, мають бути забезпечені такі вимоги:

- раціональне використання території з урахуванням перспективного розширення окремих споруд внаслідок реконструкції та модернізації без повної перебудови;
- найкоротша можлива довжина комунікацій;
- потік стічних вод має бути забезпечений з найвищої точки на місцевості, починаючи з приймальних камер, з урахуванням всіх витрат напору та з використанням схилів рельєфу.

4.2. Профіль руху води

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Сьогодні, в час стрімкого розвитку технологій, медицини, та інновацій, безпека життєдіяльності робітників є обов'язковою, та має бути забезпечена роботодавцями на вищому рівні, враховуючи всі можливі фактори, які можуть нести навіть мінімальну небезпеку, згідно Закону України «Про охорону праці»

Сучасні комплекси біологічного очищення комунально-побутових стічних вод є об'єктами підвищеної небезпеки, де виробнича діяльність персоналу пов'язана з постійним впливом комплексу шкідливих та небезпечних факторів. Специфіка експлуатації очисних споруд ВП «Хмельницька АЕС», які забезпечують підготовку та очищення стоків промислового майданчика атомної станції та міста Нетішин, вимагає безкомпромісного дотримання вимог промислової безпеки, охорони праці та виробничої санітарії.

Тема дипломного проекту: «Модернізація біологічних очисних споруд на станції очищення комунально-побутових стоків ХАЕС». Більшість споруд станції розташовані на відкритому повітрі на сотнях квадратних метрів, навіть при цьому створюється небезпека впасти у воду на велику глибину, в будівлях розташовані лише компресори, хіміко-бактеріологічна лабораторія, насосна станція, хлораторна та декантуюча центрифуга.

Під час роботи, на очисних спорудах є такі фактори, які можуть створювати небезпеку для життя і здоров'я працівників:

- 1) Електробезпека (згідно ДСТУ Б В.2.5-82:2016 – «Електробезпека в будівлях і спорудах»);
- 2) Повітря робочої зони (згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату в промислових будівлях»);
- 3) Пожежна безпека (згідно ДБН В.2.5.-56:2014 «Системи протипожежного захисту»);
- 4) Виробничий шум та вібрації (згідно ДСТУ 3273-95 «Безпечність промислових підприємств»).

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

5.1. Електробезпека

Враховуючи специфіку роботи очисних споруд, яка пов'язана з безперервною експлуатацією енергоємного та високовольтного обладнання в умовах підвищеної вологості та часом навіть температури, забезпечення електробезпеки є одним із найважливіших завдань. Відповідно до класифікації, наведеної в "Правилах улаштування електроустановок" (ПУЕ), виробничі приміщення даного комплексу відносяться до категорії особливо небезпечних. Такий статус зумовлений поєднанням кількох критичних чинників: високим рівнем відносної вологості повітря та температурою, адже компресори та насоси за безперервної роботи можуть перегріватися, наявністю струмопровідних підлог, значною кількістю заземлених металевих конструкцій і безпосередньою взаємодією персоналу з електротехнічними пристроями.

Основне живлення силового електрообладнання споруд здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. У такій мережі найнебезпечнішим є однофазне доторкання людини до струмопровідних частин у період нормальної роботи або до металевих конструкцій під напругою в аварійному режимі, тому працівники мають бути навчені як діяти в таких ситуаціях з точністю до дрібниць.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом при перепадах напруги, або аварійної ситуації, у проєкті передбачено такі технічні рішення:

1. Запобіжники. Оскільки мережа має глухозаземлену нейтраль, усі металеві частини електроустановок, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, жорстко з'єднуються з нульовим захисним провідником (РЕ - провідником). При пробі на корпусі виникає однофазне коротке замикання, що призводить до миттєвого спрацьовування апаратів захисту (автоматичних вимикачів, запобіжників) та відключення аварійної ділянки від мережі.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						43
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Повторне заземлення та система зрівнювання потенціалів. На введенні в будівлі очисних споруд виконується повторне заземлення РЕ-провідника. В приміщеннях монтується головна заземлююча шина, до якої приєднуються всі сторонні струмопровідні частини: металеві трубопроводи стоків та повітря, рами насосів, відкриті елементи будівельних конструкцій. Це виключає появу різниці потенціалів між підлогою та обладнанням.

3. Пристрої захисного відключення (ПЗВ / УЗО). Для ліній живлення переносного електроінструменту, зварювального обладнання, а також ланцюгів керування в сирих приміщеннях передбачено встановлення ПЗВ із номінальним струмом спрацьовування не більше 30 мА. Це забезпечує миттєве відсікання живлення (за час до 0,04 с) навіть при безпосередньому дотику людини до фазного дроту.

4. Застосування безпечної напруги. Для живлення світильників місцевого освітлення всередині заглиблених приміщень, колодязів, каналів та при роботі в обмеженому просторі (наприклад, обслуговування контактних камер озонування або метантенків) застосовується знижена напруга до 12 В або 36 В, що подається через ізолюючі знижувальні трансформатори.

5. Ізоляція та захисні оболонки. Електроустаткування, що розміщується у приміщеннях із підвищеною вологістю, приймається у захищеному виконанні зі ступенем захисту корпусу не нижче IP54 або IP65 (захист від пилу та бризок води під тиском).

5.2. Повітря робочої зони

Параметри виробничого мікроклімату належать до ключових чинників, які визначають як стан здоров'я обслуговуючого персоналу, так і загальну стабільність технологічного процесу на очисних спорудах. Специфіка праці на об'єктах комунального водоочищення полягає в тому, що більшість операцій виконується у стоячому положенні з помірним фізичним навантаженням, наприклад, збирання покидьків на решітках раз на годину - дві. Відповідно до санітарно-гігієнічної класифікації, такі умови відносять до категорії Іб (легкі фізичні роботи), де рівень енерговитрат організму становить від (121 – 150

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						44
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ккал/год). Попри відносно невисоку інтенсивність праці, персонал усе одно зазнає впливу комплексу супутніх шкідливих виробничих факторів, одним із них є запах, який так чи інакше присутній на всіх очисних станціях.

Таблиця 5.1. – Оптимальні величини мікроклімату у виробничому приміщенні (згідно Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99)

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Оптимальна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Легка Іб	21 - 23	40 – 60%	0,1
Теплий	Легка Іб	22 – 24	40 – 60%	0,2

Стан повітряного середовища у робочих зонах очисних споруд визначається комплексом параметрів, серед яких ключовими є температура, відносна вологість, рухливість повітряних мас та концентрація сторонніх домішок (таблиця 1). Специфіка експлуатації споруд водоочищення зумовлює постійну наявність підвищеної вологості в приміщеннях, а також ризик виділення токсичних і подразнюючих газів. Найбільш характерними супутніми сполуками є сірководень, аміак, метан, діоксид вуглецю та оксид вуглецю (чадний газ), утворення яких є результатом анаеробних і біологічних процесів у замкнутих місткостях та каналізаційних мережах, але ці споруди знаходяться на відкритому повітрі, відповідно ГДК робочої зони у межах норми. Додатковий фактор небезпеки пов'язаний із летючими речовинами, які можуть потрапляти в повітря робочої зони при порушенні герметичності обладнання для реагентної обробки (зокрема, вузлів дозування гіпохлориту натрію), а також із пилом хлорвмісних реагентів.

Для зниження ризику впливу забрудненого повітря на життєдіяльність працівників у виробничих приміщеннях, запроваджено ряд застережних заходів: у насосній, хіміко-бактеріологічній лабораторії та хлораторній запроваджено надійну вентиляційну систему, яка продовжує працювати від генератора за умови перебоїв зі світлом, які тут трапляються часто; також

впроваджується автоматизований моніторинг повітря. Рекомендується носити респіратори на всій території очисних споруд, моделі Dnipro-M RS-2, де за потреби можна замінити фільтр.

5.3. Пожежна безпека

Очисні споруди комунально-побутових стоків належать до об'єктів із комбінованою пожежною небезпекою. Поруч із вологими приміщеннями тут функціонують цехи з високою концентрацією силового електрообладнання, вентиляційні системи, а також проєктований вузол озонування.

Особливістю об'єкта є ризик утворення вибухопожежонебезпечних газових сумішей (метану) в закритих місткостях і каналах внаслідок бродіння активного мулу, а також присутність озону, який є сильним окисником і різко інтенсифікує будь-які процеси горіння.

Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016, приміщення очисних споруд за вибухопожежною та пожежною небезпекою класифікуються таким чином:

1. Категорія А (вибухопожежонебезпечна): насосні станції сирого осаду, закриті канали й камери приймання стоків, де можливе накопичення метану (CH_4).

2. Категорія В (пожежонебезпечна): приміщення повітродувки, компресорні, операторські цехи, декантуюча центрифуга (через наявність мастильних матеріалів в агрегатах, кабельних трас та сухих органічних залишків).

3. Категорія Д (знижено пожежонебезпечна): зали аеротенків та відстійників (мокрый технологічний процес і природне охолодження осаду).

Приміщення компресорної, озонаторної, щитів керування та побутові кімнати оснащені автоматичною пожежною сигналізацією з комбінованими датчиками (тепловими та димовими), які інтегровані в загальну систему протипожежного моніторингу ВП ХАЕС. Також, у всіх приміщеннях на території, будівлі мають по два входи з різних сторін будівлі, що також сприяє безпеці під час можливої евакуації.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Оскільки гасіння пожеж в електроустановках під напругою водою заборонено, виробничі приміщення комплексу комплектуються вуглекислотними (ОУ-3, ОУ-5) та порошковими (ОП-5, ОП-9) вогнегасниками, а також щитами з протипожежним інвентарем (кошма, пісок).

5.4. Виробничий шум та вібрації

Шум на робочому місці є одним із найпоширеніших шкідливих виробничих факторів. На комунальних підприємствах, особливо на очисних спорудах (насосні станції, повітрорудки, компресорні цехи, центрифуги), рівень шуму часто перевищує допустимі санітарні норми, створюючи серйозні ризики для здоров'я персоналу, що в майбутньому може призвести до повної або часткової втрати слуху. Затверджені шумові навантаження на робочому місці визначаються Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99. Цими нормативами встановлюються гранично допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях з урахуванням специфіки виробничої діяльності персоналу.

Найбільшу небезпеку шуму становить компресорна та насосна, а також будівля генераторів, де рівень звуку і вібрацій дуже відчутний, і перебувати без засобів захисту суворо заборонено. Максимальний рівень шуму, що коливається в часі та переривається, не повинен перевищувати 110 дБА. Серед екіпірування використовуються шумопоглинаючі навушники та беруші, а серед заходів – перебувати в таких приміщеннях можна лише короткий обмежений час.

Одночасно із акустичним навантаженням на робочих місцях персоналу часто фіксується високий рівень виробничої вібрації. Вона генерується технологічним обладнанням і передається на організм працівника у вигляді загальних або локальних коливань. Вплив вібрації має комплексний характер і викликає не лише суб'єктивне відчуття дискомфорту, а й глибокі патофізіологічні порушення у функціонуванні серцево-судинної, вестибулярної, а також опорно-рухової систем. Найвищий ступінь небезпеки

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						47
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становлять коливання, частотні характеристики яких (у межах від 6 до 9 Гц) збігаються з резонансними частотами внутрішніх органів людини.

Для захисту слухового апарату рекомендується використовувати захисні навушники Dnipro-M Profi складні, які здатні знижувати рівень шуму до 33 ДБ.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						48
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проєкту було розроблено технологічну схему модернізації біологічного етапу комунально-побутових очисних споруд Хмельницької атомної електростанції продуктивністю 10000 м³/добу.

Під час аналізу технології станції, було вирішено впровадити такі нововведення: поставити декантерну цетрифугу для обробки осаду, окислювальний канал з механічними аераторами для окиснення органічних речовин та збагачення киснем, та озонаторну установку для знезараження води на скид.

В ході виконання роботи були виконані такі завдання:

1. Вибрано та обґрунтовану технологічну схему, відповідно до характеристик вхідної води і вимог до очищеної.
2. Виконано розрахунок матеріального балансу, технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд.
3. Наведено короткий опис теоретичних даних про фізичні та хімічні процеси, які реалізуються в рекомендованій технологічній схемі.
4. Було розроблено план розміщення очисних споруд на місцевості, технологічної схеми, та побудовано профіль руху води.
5. Проаналізовані виробничі ризики та надані рекомендації щодо охорони праці співробітників підприємства.

У запропонованій технологічній схемі досягаються всі вимоги щодо якості води на скид, та підвищується ефективність очистки при невеликих капіталовкладеннях.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						49
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гомеля М. Д., Радовенчик В. М., Шаблій Т. О. Основи проектування очисних споруд : навч. посіб. Київ : Інфодрук, 2013. 175 с.
2. Дипломне проєктування : навч. посіб. для студ. спеціальностей 101 «Екологія», 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Носачова, В. О. Овсянкіна, І. М. Дейкун. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 45 с.
3. Гомеля М. Д., Крисенко Т. В., Дейкун І. М. Очисні споруди. Основи проектування : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2007. 176 с. ISBN 978-966-622-263-6.
4. Техніка, енергетика, транспорт АПК : всеукр. наук.-техн. журнал. Вінниця : ВНАУ, 2021. № 3 (114).
5. Соколов А. В., Улицький О. А., Д'яченко Н. О. Впровадження технології декантації та вакуумної дистиляції небезпечних речовин для підвищення рівня екологічної безпеки. Київ.
6. Декантерна центрифуга HAUS DDE 2342 для розділення осаду. *Пром-Насос*. URL: <https://prom-nasos.com.ua/ua/applications/decanter-centrifuges-separators/haus-dde-2342-dekanterna-centrifuga-dlya-rozd-lennya-osadu/> (дата звернення: 07.06.2026).
7. Бахрамов А. С. Очищення стічних вод та обробка осадів : методичні вказівки. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/69756/1/%D0%9C%20%D0%A6%D0%86%20%D0%91%D0%B0%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD0%B2%20%D0%90..pdf> (дата звернення: 07.06.2026).
8. Спосіб очищення стічних вод від органічних забруднень: пат. 109957 Україна : МПК C02F 1/78, C02F 1/32. № a201402464 ; заявл. 11.03.2014 ; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 17. URL: https://sis.nipo.gov.ua/media/INVENTIONS/2014/a201402464/99_109957-%D0%92_D_UA.pdf (дата звернення: 07.06.2026).

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						50
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Промислові озонатори води серії StreamOzone OzW150. *StreamOzone*. URL: http://streamozone.com.ua/StreamOzone_OzW150_ua.html (дата звернення: 07.06.2026).

10. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. [Чинні від 1999-12-01]. Київ : МОЗ України, 1999. 26 с.

11. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: ДСН 3.3.6.037-99. [Чинні від 1999-12-01]. Київ : МОЗ України, 1999. 18 с.

					ДП ЛЕ-2110.00.26	Арк.
						51
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

[illegible]

ДОДАТОК Б

Форма т	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіль- кість	Примі тка
				<u>Документація</u>		
A1				<u>План розміщення очисних споруд</u>		
		1		Аеротенк-змішувач з регенерацією активного мулу	1	
		2		Розподільча камера	1	
		3		Вторинні відстійники	2	
		4		Приймальна камера надлишкового активного мулу	1	
		5		Насосна станція	1	
		6		Приймальна камера освітленої води	1	
		7		Окислювальний канал	1	
		8		Озонатор	1	
		9		Камера озонування	1	
		10		Ущільнювач активного мулу	1	
		11		Будівля декантерної центрифуги	1	
		12		Резервуар фільтрату	1	
		13		Насос	1	
		14		Біополя для компостування осаду	1	

ДОДАТОК В

[illegible]

ДОДАТОК Г

[illegible]