

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
В.о. завідувача кафедри
_____ Наталія ГОЛУБ
«__» _____ 2021 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Вдосконалення технології біологічного очищення стічних вод
Понінківської картонно-паперової фабрики Хмельницької області»

Виконала:
студентка VI курсу, групи БЕ-01
Котул Вікторія Володимирівна _____

Науковий керівник:
Професор, д.т.н., професор
Саблій Лариса Андріївна _____

Консультант економічної частини:
Доцент, к.е.н., доцент
Ткаченко Тетяна Петрівна _____

Рецензент:
Косогіна Ірина Володимирівна
Доцент, к.т.н., доцент _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і
біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та
екобіотехнології

Рівень вищої освіти – другий
(магістерський) Освітньо-професійна
програма «Біотехнології» Спеціальність
162 «Біотехнології та біоінженерія»,

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ Фірми «ОСТВА»

Луцик В.Б.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__»_____ 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Голуб Н.Б.

(підпис) (ініціали, прізвище)

«__»_____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Котул Вікторії Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Вдосконалення технології біологічного очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики Хмельницької області»,
науковий керівник дисертації проф., д.т.н., Саблій Л.А.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__»_20__р. №

2. Термін подання студентом дисертації
3. Об'єкт дослідження: процес біологічного очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики з використанням іммобілізованих мікроорганізмів.
4. Предмет дослідження: науково-технологічні основи та раціональні параметри технології аеробного біологічного очищення стічних вод картонно-паперової фабрики з використанням іммобілізованих мікроорганізмів.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
- 1) Провести літературний аналіз та пошук технологічних рішень щодо очищення стічних вод картонно-паперових фабрик.

2) Навести характеристику стічної води фабрики, біологічного агенту та кінцевого продукту – очищеної води.

3) Обґрунтувати вибір та описати вдосконалену технологію біологічного очищення стічних вод картонно-паперової фабрики з використанням іммобілізованих на носіях мікроорганізмів.

4) Виконати розрахунки очисних споруд: первинного відстійника, аеротенку, вторинного відстійника і вибрати основне та допоміжне обладнання для біологічного очищення стічних вод картонно-паперової фабрики.

5) Спроекувати очисну споруду - аеротенк з носіями іммобілізованих мікроорганізмів.

6) Розробити схему автоматизації аеротенка з іммобілізованими носіями активного мулу.

7) Виконати розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат за вибраною вдосконаленою технологією біологічного очищення стічних вод картонно-паперової фабрики.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: технологічна схема (A1), апаратурна схема (A1), аеротенк з носіями (A1), схема автоматизації (A1), калькуляція собівартості (A1).

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези «Способи вдосконалення технології очищення стічних вод целюлозно-паперових виробництв», «Інтенсифікація очищення стічних вод целюлозно-паперових підприємств на основі біосорбційних властивостей активного мулу», «Порівняння технологій очищення стічних вод від сполук азоту з використанням мікробіологічної нітридифікації», «Використання активного мулу в якості сорбенту для очистки стічних вод целюлозно-паперових підприємств».

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Ткаченко Т.П., к.е.н., доцент		
Технологічна частина	Саблій Л.А., д.т.н, професор		

9. Дата видачі завдання_____

Календарний план

з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд літератури відповідно до теми магістерської дисертації		
2.	Характеристика стічної води, вибір та обґрунтування технології очищення стічних вод		
3.	Розрахунок і вибір технологічного обладнання		
4.	Розробка апаратурної схеми		
5.	Огляд заходів з охорони праці та заходів з охорони довкілля та середовища		
6.	Розробка стартап-проекту		
7.	Розробка автоматизації		
8.	Оформлення пояснювальної записки та підготовка до захисту		

Студент

(підпис)

В.В. Котул

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Л.А. Саблій

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 107 с. , 11 рис., табл. 29, 55 посилань.

У роботі обрано та обґрунтовано технологію біологічного очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики. Наведено наявну та вдосконалену технологію локального очищення стічних вод фабрики. Було вдосконалено стадію біологічного очищення із заміною біологічного ставка спорудою – аеротенком-витиснювачем із носіями типу «ВІЯ» для іммобілізації мікроорганізмів, встановленими в останньому коридорі аеротенка.

Розраховано параметри та розроблено креслення головної споруди – аеротенка із встановленими касетами із волокнистим носієм «ВІЯ». Наведено та описано технологічну схему багатоступеневого очищення стічних вод, на основі технологічної схеми розроблено апаратурну схему. Також проведено автоматизацію споруди – аеротенка, наведено етапи та параметри контролю технологічного процесу біологічної очистки, виконані основні розрахунки собівартості стартап проєкту, проаналізовано шкідливі фактори на виробництві, які можуть впливати на охорону праці.

Целюлозно-паперове виробництво, стічні води, біологічні ставки, вдосконалення технології, аеротенк-витиснювач, доочищення, носії типу «ВІЯ», біоплівка.

ABSTRACT

The paper selects and substantiates the technology of biological wastewater treatment of Poninka cardboard and paper factory. The existing and improved technology of local wastewater treatment of the factory are given. The stage of biological treatment was improved with the replacement of the biological pond by an aeration tank with VIIA type carriers for immobilization of microorganisms. Carriers installed in the last corridor of the aeration tank.

The parameters were calculated and the drawings of the main building – aeration tank with installed carriers with fibrous media "VIIA" were developed. The technological scheme of multistage wastewater treatment is given and described, the process & instrumentation drawings is developed on the basis of the technological scheme. The automation of the aeration tank building was also carried out, the stages and parameters of control of the technological process of biological treatment were given, the basic calculations of the startup project cost were performed, harmful factors in production that may affect labor protection were analyzed.

Pulp and paper mills, wastewater, biological ponds, improvement of technology, aeration tank-displacer, additional treatment, media type "VIIA", biofilm.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	12
1.1 Характеристика стічних вод целюлозо-паперових підприємств.....	12
1.2. Характеристика стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики	15
1.3 Стан проблеми очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики.....	17
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КАРТОННО-ПАПЕРОВИХ ФАБРИК	21
2.1. Порівняльний аналіз методів і технологій очищення стічних вод картонно-паперових фабрик.....	21
2.2. Можливі проблеми підібраних біологічних очисних споруд ПКПФ	27
2.3. Способи підвищення ефективності роботи аеротенків	29
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ТА ОПИС ВДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	34
3.1. Опис вдосконаленої технології біологічного очищення стічних вод фабрики.....	34
3.2 Характеристика кінцевого продукту – очищеної стічної води картонно-паперової фабрики	37
3.3. Характеристика біологічного агенту – активного мулу та іммобілізованих на капронових носіях мікроорганізмів.....	39
РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	41
4.1. Розрахунок витрат стічних вод.....	41
4.2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод.....	42
4.3 Технологічні розрахунки основних споруд	44
4.3.1 Розрахунок первинних відстійників.....	45
4.3.2. Розрахунок аеротенка.....	47
4.3.3. Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків	52

					<i>ББЕ.БЕ6111.МД.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Котул В.В.</i>			<i>ЗМІСТ</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>
<i>Конс.</i>							<i>6</i>
							<i>108</i>
<i>Керів.</i>		<i>Садлій Л.А.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ</i>	
<i>Затверд.</i>							

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	54
РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	63
6.1. Резюме: конкретизація бізнес-ідеї, мети стартапу, об'єкту дослідження, місця розробки у інноваційному ланцюжку цінності	63
6.2 Аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства	67
6.3. Визначення ключових факторів успіху проекту	69
6.4. Визначення потенційних споживачів	71
6.5 Розрахунок собівартості продукту і вартості проекту	72
6.6 Ціна інноваційної пропозиції на ринку	75
6.7 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес процесів	78
6.8 Ризики і страхування розробки	81
РОЗДІЛ 7. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА	86
7.1 Контроль витрат мулу, повітря, температури	86
7.2 Контроль кисню, мутності, концентрації органічних сполук	88
7.3 Технологічна сигналізація та захист	89
РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРАЦІ	92
8.1 Правовий базис в системі охорони праці	92
8.2 Електробезпека на очисних станціях	93
8.4 Природна, примусова вентиляція та мікроклімат на робочому місці	95
8.5 Шум та вібрація як небезпечні явища на системах водовідведення	96
8.6 Пожежна безпека	97
ВИСНОВКИ	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	99

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БСК – біохімічне споживання кисню

ГДК – гранично допустима концентрація

ДБН – державні будівельні норми

ЗР - завислі речовини

МР – мінеральні речовини/мінералізація

ПАР – поверхнево-активні речовини

«ПКПФ – Україна» – «Понінківська картонно-паперова фабрика – Україна»

рАМ – рециркуляційний активний мул

СВ – стічні води

ХОС - хлоровані органічні сполуки

ХСК – хімічне споживання кисню

					<i>ББЕ.БЕ6111.МД.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Котул В.В.</i>			<i>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>
<i>Конс.</i>							<i>8</i>
							<i>108</i>
<i>Керів.</i>		<i>Садлій Л.А.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ</i>	
<i>Затверд.</i>							

ВСТУП

Дефіцит чистої води та пов'язані з цим соціальні ризики є ключовою проблемою, з якою може зіткнутися людство в найближчі 20 років. В Україні за 2018 рік у поверхневій водні об'єкти скинуто близько 5210 млн. м³ стічних вод з них 15% становили забруднені води. Далі, протягом 2019 року було скинуто 5374 млн. м³ стічних вод, із цього обсягу стічних вод - 19% забруднених [1,2]. Водні ресурси використовуються галузями економіки без достатніх належних заходів для попередження їх забруднення, рівень скиду забруднених вод зростає, велику частку складають стічні води промислових підприємств. Разом із стічними водами до поверхневих водних об'єктів у 2019 році скинуто 21,62 тис. тон завислих речовин. Крім того, сумарний показник скиду ХСК дорівнював 66,7 тис. тон та БСК – 17,64 тис. тон[2].

Нині виробництво і попит на папір й супутні товари значно зростають у всьому світі через перехід до свідомого споживання та переробного пакування продуктів. Це веде до збільшення споживання енергії, води та викидів CO₂ в целюлозно-паперовій промисловості при розширенні виробництва. Також екологічний рух зумовлює скорочення використання деревини з переходом на переробку вторинної сировини – макулатури, що має вплив на виробничі процеси та утворення стічних вод. Тому, необхідно оновлювати існуючі технології очистки стічних вод целюлозно-паперових виробництв [3].

В Україні прикладом виробництва, що потребує реконструкції очисної станції є Понінківська картонно-паперова фабрика. Через населений пункт - Понінка, Хмельницької області протікає річка Хомора, по всій довжині свого русла вона піддається не тільки промислового забрудненню але й каналізаційним викидам із приватних садиб. Через незадовільний сучасний стан очисних споруд картонно-паперової фабрики та низьку ефективність

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Стадія	Арк.	Акрюшів
Розроб.		Котул В.В.					9	108
Конс.								
Керів.		Садлій Л.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

технологічних процесів очищення та утилізації, стічна вода є одним з головних факторів забруднення гідросфери даної області. В умовах постійного погіршення стану навколишнього середовища невідкладним завданням є підвищення якості очищення стічних вод перед скидом до річки [4].

Однією з головних вимог, що висувуються до проектування сучасних очисних споруд є розрахунок оптимальних параметрів, які забезпечували б високий ступінь очищення стічних вод. Найбільш відповідальний етап при проектуванні очисних станцій - грамотний підбір оптимальної технології очищення, реалізація якої дозволить забезпечити необхідну якість очищеної води.

Отже, постає науково-прикладна проблема створення оновленого підходу до водовідведення, розроблення нового проектного рішення, удосконалення наявних екологічно безпечних технологічних процесів очищення та утилізації виробничих і побутових стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики, що забезпечить раціональне використання наявних відновлюваних ресурсів для зменшення їх шкідливих впливів на довкілля.

Мета: вдосконалити технологію біологічного очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики за допомогою використання іммобілізованих мікроорганізмів для зменшення капітальних та експлуатаційних витрат та одержання очищеної води у відповідності до нормативних вимог до скиду у річку Хомору.

Об'єкт: процес біологічного очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики з використанням іммобілізованих мікроорганізмів.

Предмет: науково-технологічні основи та раціональні параметри технології аеробного біологічного очищення стічних вод картонно-паперової фабрики з використанням іммобілізованих мікроорганізмів.

Перелік завдань, які потрібно розробити:

- 1) Провести літературний аналіз та пошук технологічних схем, сучасних рішень щодо очищення стічних вод картонно-паперових фабрик.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) Навести характеристику стічної води фабрики, біологічного агенту та кінцевого продукту – очищеної води.
- 3) Обґрунтувати вибір та описати вдосконалену технологію біологічного очищення стічних вод картонно-паперової фабрики з використанням іммобілізованих на носіях мікроорганізмів.
- 4) Виконати розрахунки очисних споруд: первинного відстійника, аеротенку, вторинного відстійника і вибрати основне та допоміжне обладнання для біологічного очищення стічних вод картонно-паперової фабрики.
- 5) Спроектувати очисну споруду - аеротенк з носіями іммобілізованих мікроорганізмів.
- 6) Розробити схему автоматизації аеротенка з іммобілізованими носіями активного мулу
- 7) Виконати розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат за вибраною вдосконаленою технологією біологічного очищення стічних вод картонно-паперової фабрики.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Характеристика стічних вод целюлозо-паперових підприємств

Відходи, вироблені в целюлозно-паперовій промисловості, поділяються на відходи варіння, відбілювання, промивання та первинний і вторинний мул. Ці відходи є потенційними забруднювачами повітря, ґрунту і особливо води [5].

Стічні води целюлозної промисловості утворюються від промивання деревної сировини перед варінням целюлози, промивки вже вареної целюлози і відбілювання целюлози, від системи регенерації хімічних речовин [6]. Тверді відходи утворюються, в основному, в результаті відбракування, просіювання сировини, первинного та вторинного мулу з системи управління стічними водами і вапняного шламу з системи регенерації хімічних речовин. Забруднення повітря в основному пов'язано з викидами газоподібних компонентів, таких як диметилсульфід, сірководень і тверді частинки пилу [7]. Осад, що утворюється в результаті очищення стічних вод, це звичайний первинний мул, він відводиться з відстійника. Крім того, надлишковий мул утворюється з активного мулу аеротенків.

Папір виробляється в основному з сировини, такої як деревна маса, залишки сільськогосподарських відходів і макулатури. Понінківська картонно-паперова фабрика зосереджена на переробці макулатури. Існує оцінка, що для виробництва однієї тони паперу потрібно близько 60 м³ води на тонну виробленого паперу, після чого виділяється стільки ж забруднених стічних вод.

Колір стічних вод обумовлений наявністю лігніну і його похідних, що призводить до несприятливих наслідків для водних організмів [8]. Дослідження *Chandra* та інших [9] показали, що стоки надають токсичний і навіть

					БЕЕ.БЕ0111.МД.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Котул В.В.			ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	Стадія	Арк.
Конс.							12
							108
Керів.		Садлій Л.А.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							

смертельний вплив на планктонні організми, зокрема, дафнії, на риб та іншу біоту у приймаючих водоймах. Смолисті і фенольні сполуки також надають колір стічній воді. Колір стічних вод коливається від світло-коричневого до темно-коричневого кольору, званого «чорним лугом».

У водній екосистемі темно-коричневі стічні води негативно впливають на фотосинтез і знижують рівень розчиненого кисню, який несе відповідальність за несприятливий вплив на водну біоту. Метали, що містяться в стічних водах, включають хром (Cr), свинець (Pb), мідь (Cu), залізо (Fe), кадмій (Cd), також виявляються деякі сполуки неметалів, такі як сульфати та хлорвмісні речовини, а також магній та натрій [9].

Стічні води паперової фабрики містять органічні сполуки різної молекулярної маси, які вимірюються показниками хімічного споживання кисню (ХСК), біологічного споживання кисню (БСК), хлорвмісні органічні сполуки вказуються, як - ХОС. Наявні також завислі частинки, що містять волокна, дубильні речовини, жирні кислоти, смоляні кислоти, алкалоїди, віск, жири. Присутність цих забруднювачів завдає шкоди водним організмам через їх фізико-хімічні властивості: висока стійкість, канцерогенність і біоаккумуляція в тканинах.

Дослідники на чолі з *Chandra* [10] також повідомили, що стічні води, що містять діоксини і фурани, чинять негативний вплив як генотоксиканти. Про існування стійких забруднювачів, таких як фітотоксичні і адсорбовані органічні нітрати - АОН, також повідомляється в проведених дослідженнях [4, 10].

Трихлорфенол, трихлорогуаїкол, тетрахлорогуаїкол, дихлорогуаїкол, дихлорфенол і пентахлорфенол є специфічними забруднювачами, що утворюються саме в стоках паперових фабрик. Скидання відбілювача утворює близько 60-70% БСК і 80-90% колірного навантаження всього процесу виробництва паперу. На перші дві стадії процесу відбілювання целюлози, як правило, припадає понад 90% загального впливу на колірність стічних вод [11]. Стічні води, що утворюються в процесі відбілювання, сповнені токсичних сполук, таких як феноли, органічні галогени і хлоровані органічні сполуки. В

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сьогоденні більшість целюлозно-паперових виробництв по всьому світу застосовують діоксид хлору в якості агенту, що не містить елементарного хлору, замість відбілюючих агентів на основі хлору [12].

У таблиці 1.1.1. представлені характеристики стоків целюлозно-паперового комбінату [3].

Таблиця 1.1.1 Фізико-хімічні показники стічних вод целюлозно-паперових виробництв

Параметри							
pH	MP	ЗР	ХСК	БСК	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Колір
9.8	-	-	1303±25	148±5	-	677±7	-
8.0-9.0	1484-1935	-	370-950	142-354	-	-	1,321-2,443
11.45±0.2	5.5 ± 0.4	170 ±7	810- 919	-	-	-	Темно-коричневий
6.6.10	-	620-1120	646-1,433	240-380	-	-	2,212-5,830
7,0	-	70	850	-	85	150	Темно-коричневий
7±0.5	6000±50	-	2900±90	-	-	-	-
7,52	1 744	238	715	118	450	244	1 304
7.8±0.4	-	344±26	2319±68	959±39	-	1496	Темно-коричневий
7.78±0.02	2380±9	112±16	692±11	128±16	500±25	172±18	1,107±14

Примітки: 1. MP – мінеральні речовини, ЗР – завислі речовини. 2. Вказані цифри вимірюються у мг/дм³ окрім pH та кольору, в цифрах колір визначено за шкалою APHA в Pt-Co одиницях, це колірна шкала, яку іноді називають «індексом жовтизни», яка використовується для оцінки якості рідин від прозорого до жовтуватого кольору для опису кольору стічних вод, колір описаний словами передбачав метод спостереження.

Ця кольорова вода не підлягає переробці без належної попередньої обробки. Таким чином, видалення кольору необхідно для отримання води, показники якої після очисних споруд будуть відповідати ГДК. При знебарвленні основним об'єктом аналізу є втрата кольору стічних вод, але очищена вода як і раніше все ще буде містити велику кількість органічних речовин [13].

1.2. Характеристика стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики

Стічні води що потрапляють на очисні споруди утворюються на фабриці (98,5%). Також на очисні споруди відводяться господарсько-побутові стічні води від смт. Понінка (1,5%). Загалом токсичність стічних вод ПКПФ низька, стічна вода від обробки целюлози характеризується високими значеннями ХСК, що коливаються в межах 800 до 2000 мг/дм³. Середні показники БСК₅ знаходяться в межах 500-700 мг/дм³. Співвідношення по БСК₅/ХСК має середні показники, що вказують на можливість ефективного застосування біологічного методу переробки стоків. БСК₅/ХСК має значення в діапазоні від 0,2 до 0,7. Завислі речовини коливаються в діапазоні від 900 до 3000 мг/дм³ [6]. Отже, така характеристика стічних вод вимагає обов'язкової попередньої механічної очистки, результатом якої є усунення колірності, завислих речовин та частини колоїдних частинок. Додаткове видалення фосфору та азоту з даних стоків, як правило, не потрібне, оскільки дані біогенні елементи містяться в незначних концентраціях. Навпаки, їх варто додавати перед стадією біологічної очистки у вигляді реагентів. Характеристика стічних вод від ПКПФ за 2020 рік зібрана в таблиці 1.2.1.

Таблиця 1.2.1 Характеристика стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики за 2020 рік [14]

№	Показник	Одиниці виміру	Середнє значення
1	рН	-	7,6
2	Завислі речовини	мг/дм ³	1506
3	Прокалені завислі речовини	мг/дм ³	964
4	Сухий залишок	мг/дм ³	2180
5	Прокалений залишок	мг/дм ³	560
6	ХСК	мг/дм ³	2000
7	БСК ₅	мг/дм ³	766

Продовження таблиці 1.2.1

8	Азот амонійний	мг/дм ³	-
9	Нітрити	мг/дм ³	0,004
10	Нітрати	мг/дм ³	9,0
11	Фосфати	мг/дм ³	0,4

За даними звіту [4], стічна вода має нерівномірний характер забруднень, це може бути спричинено нерівномірним навантаженням за потужністю фабрики, найбільші коливання відбуваються за показником ХСК, див. таблицю 1.2.1.

Таблиця 1.2.2 Проби стічної води з очисної станції ПКПФ після первинного відстійника[4]

Показники	Проба №1 жовтень 2018	Проба №2 листопад 2018	Проба №3 грудень 2018	Проба №4 лютий 2019	Усереднена (розрахункова) проба
pH	6,1	7,1	6,55	6,85	6,65
Азот амонійний (мг/дм ³)	0,8	0,32	1,2	1,8	1,03
Нітрити (мг/дм ³)	72	26	38	42	45
Нітрати (мг/дм ³)	7,2	4,5	12,1	1,4	6,3
Фосфати (мг/дм ³)	0,3	0,36	6,5	0,36	1,88
ЗР (мг/дм ³)	200	300	220	72	198
ХСК (мгО ₂ /дм ³)	840	1000	480	1120	860
БСК ₅ (мгО ₂ /дм ³)	651	702	400	513	566,5

Стічні води від виробництва картону із 100% макулатурної сировини кардинально відрізняються від стічних вод виробництва паперової продукції з целюлози. В першу чергу практично повністю відсутнім лігніном та низьким вмістом целюлози.

Недостатня ефективність очисних споруд призводить до скиду стоків, що забруднюють річку і змінюють її нормативні показники для нормальних умов життя біоценозу річки. У таблиці 1.2.3 вказано нормативи для річки Хомора, в яку відбувається скид після очисних споруд ПКПФ, та фактичні показники в річці станом на 2019 рік.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 1.2.3 Результати відбору проб у річці Хомора, 500 м нижче від місця скиду, червень 2019 рік [4]

Показник	Результат вимірювання, мг/дм ³	Нормоване значення ГДК для річки
pH	7,150	-
Завислі речовини	7,2	25
Сухий залишок	560	-
Розчинений кисень	5,6	Не менше 6-4
Хлорид-іони	25,5	300
ХСК	<u>62</u>	50
БСК5	<u>8,1</u>	3
Азот амонійний	0,36	1
Нітриди	0,07	0,08
Залізо	<u>0,32</u>	0,1

У таблиці 1.2.3 спостерігається перевищення за 3 показниками, вже у розведеній воді у річці, отже при скиді дані показники мають ще більші значення. ХСК, БСК вказує на недостатнє біологічне очищення на стадії біологічного очищення. Отже, необхідно проаналізувати сучасний стан споруд, які зміни вони потребують.

1.3 Стан проблеми очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики

Очищення виробничих і господарсько-побутових стічних вод (100 м³/добу – 1,5% від загальної кількості – 7 000 м³/добу) на теперішній час проводиться на позамайданчикових очисних спорудах механічної та біологічної очистки, потужністю 20 тис. м³/добу. Споруди здані в експлуатацію у 1975 році. Стічна вода проходить механічну очистку на пісковловлювачах і радіальних відстійниках та біологічну очистку в біоставках. Доочищення проводиться у вторинних біоставках після вторинних відстійників. Загальна схема показана на рис.1.1. Очищена стічна вода скидається в річку Хомора, категорія водного об'єкта 2-а рибогосподарська. Фактична витрата зворотних

вод 2 203,365 тис. м³/рік, 251,526 м³/годину. Затверджена витрата зворотних вод 2 203,365 тис. м³/рік, 251,526 м³ /годину [4].

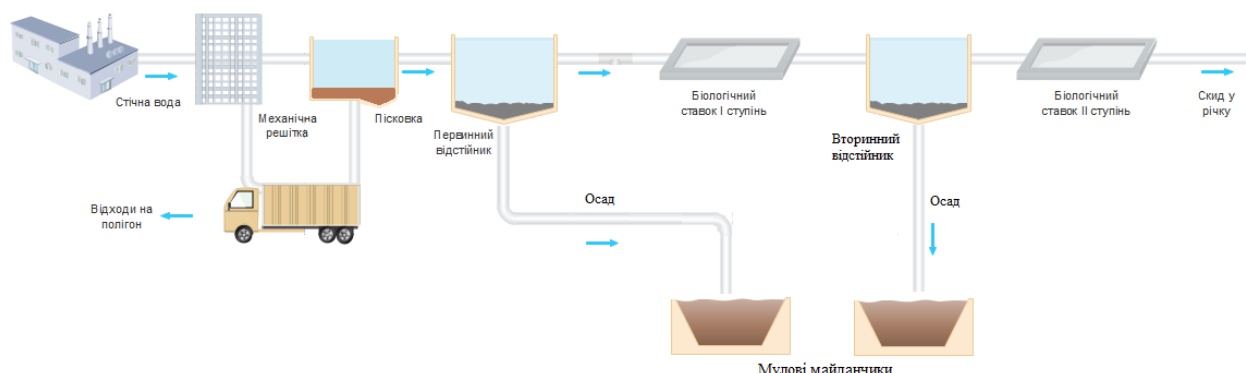


Рис. 1.1 Початкова схема очищення ПКПФ

Вилучення мінеральних домішок із стічної води, проводиться на двох горизонтальних пісковловлювачах. Після пісковловлювачів стічна вода надходить в розподільну чашу, з якої спрямовується в центральні розподільні пристрої двох первинних радіальних відстійників, діаметром 24 м кожний.

Збір освітленої води здійснюється через водозлив, збірним кільцевим лотком, розташованим з внутрішньої сторони стінки відстійника. Із збірного лотка освітлена вода надходить у випускную камеру відстійника і далі, системою трубопроводів, відводиться на біологічний ставок. Осад із дна відстійника, згрібається за допомогою однокрилого мулошкребу в муловий приямок. Очищення стічних вод від забруднень, що знаходяться в розчиненому, колоїдному та тонкодисперсному стані, проводиться у біоставках. Після ставків, стічна вода, надходить в камеру переключення № 2 і потім, надходить до вторинних радіальних відстійників [4].

Вторинні відстійники призначені для осадження з води завислих частинок з біологічних ставків. Освітлена вода із вторинного радіального відстійника надходить на два біологічні ставки II ступеня, див. рис. 1.2. Очищені стоки відстоюються в біологічних ставках протягом 5 – 20 діб, в залежності від середньодобового об'єму скидів, при цьому відбувається процес біохімічного

доочищення в природних умовах. Загальний об'єм біологічних ставків комплексу очисних споруд, розрахований мінімум на 20-и добове перебування стічних вод. Очищена стічна вода спрямовується по скидному колектору в річку Хомора [4].



Рис.1.2 Супутниковий знімок очисних споруд ПКПФ

Описана схема очисних споруд фабрики має низку недоліків. По-перше, це саме використання біоставків, які не позбавлені недоліків, найважливішими серед яких є низька окислювальна здатність, потреба у значних територіях та сезонність роботи. Дані біоставки мають недостатньо налагоджену систему аерації, вона представлена аератором що переміщується на понтоні через певний час по площі біоставка. В результаті, достатню кількість кисню для біологічного очищення стоків БСК₅ яких вище 500 мг/дм³, біоценоз ставку може отримувати лише в місці аератора і лише певний час. Площа ставка, яка не піддається аерації може знаходитись в анаеробних умовах, це має вплив, як на поточну стадію очистки, так і на подальші стадії очищення стоків.

Очисні споруди Понінківської картонно-паперової фабрики неодноразово страждали від зниження рівня насиченості води киснем, у придонних шарах з'являлися анаеробні зони, зростала каламутність води, забрудненість її патогенними мікроорганізмами. Надлишкова кількість органічних речовин у мулових відкладеннях супроводжується утворенням отруйних газів: метану, аміаку, водню, сірководню. Особливо часто дефіцит кисню спостерігається влітку, при 30°C зменшується кількість розчиненого кисню в два рази, важко уявити умови при 35 і більше градусах, що спостерігались влітку 2021 року. Також, в холодний сезон переміщення аератора може бути ускладнено, середня мінімальна температура найбільш холодного місяця -9°C, водойма може замерзати оскільки має невелику глибину. Все це призводить до зниження ефективності роботи станції, утворення очищеної стічної води, показники якої перевищують ГДС.

По-друге, в системі відстійників використані застарілі мулошкреби, вивантаження осаду проводиться нерегулярно. Через це, на стадії первинного відстоювання вже з'являються анаеробні умови та анаеробні мікроорганізми, які можуть порушити нормальну роботу біологічної стадії очистки стічних вод.

По-третє, в системі відсутнє знезараження очищених стічних вод. Це обов'язкова стадія сучасних очисних систем, вона забезпечує безпечність води за бактеріологічними показниками. Системи біологічної очистки в аеротенках забезпечують 95% очистку від патогенів, біологічні ставки мають ще менші значення очистки, отже це є необхідною стадією. Гостро постає питання вдосконалення технології очистки та модернізації очисних споруд.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КАРТОННО-ПАПЕРОВИХ ФАБРИК

2.1. Порівняльний аналіз методів і технологій очищення стічних вод картонно-паперових фабрик

Целюлозно-паперова промисловість виробляє 42% світового промислового виробництва стічних вод і є третім за величиною виробником стічних вод в світі [18]. Виробники целюлози і паперу змушені переходити від традиційної системи очистки стічних вод до більш досконалих технологій через суворі екологічні вимоги. Необхідно застосовувати такі методи, які є рентабельними і легко адаптуються. Речовини-забруднювачі целюлозно-паперових фабрик мають різне походження, що ускладнює їх біологічний розклад і, таким чином, знижує ефективність процесів біологічної очистки.

Найбільш поширеним хімічним або фізичним процесом є коагуляція/флокуляція для видалення кольору з стічних вод [19]. Перевага цього процесу в тому, що барвник майже повністю видаляється з стічних вод. Ефективність видалення кольору до 95% була досягнута з чорного луку стічних вод целюлозно паперового комбінату, а ефективність видалення кольору більше 80% була отримана з стічних вод паперової промисловості при виготовленні картону з макулатури, рис. 2.1. Проте обробка коагуляцією і флокуляцією не дозволяє успішно видалити хромофорні речовини, і виникають проблеми через велику кількість хімічного осаду.

Біологічні процеси посідають друге місце за частотою використання, застосовуються для видалення як кольору з стічних вод, так і для видалення хромофорів, але в більшості випадків ці процеси вимагають тривалого часу [20].

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КАРТОННО-ПАПЕРОВИХ ФАБРИК	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Котул В.В.					21	108
Конс.								
Керів.		Садлії І.А.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

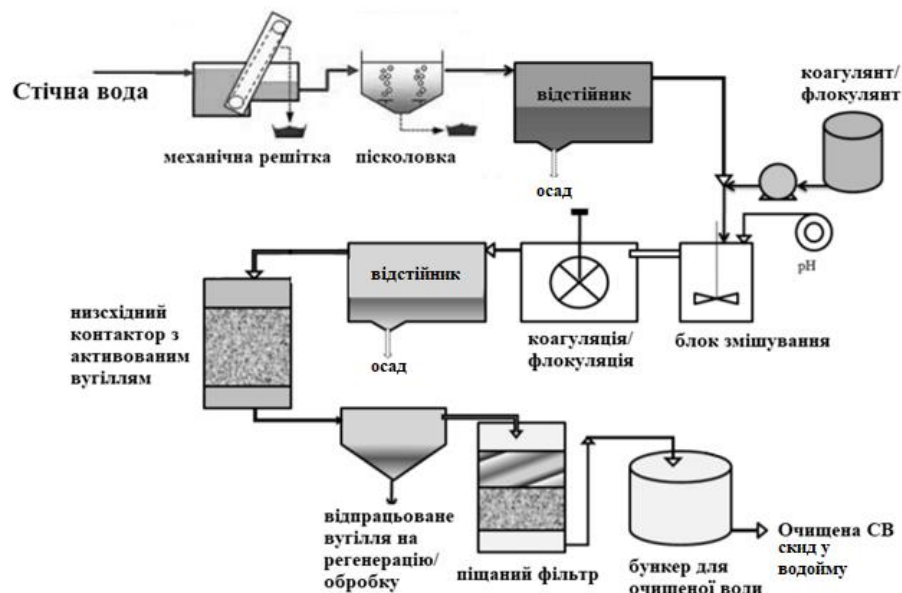


Рис. 2.1 Технологія очищення стічної води целюлозно-паперової промисловості фізико-хімічними методами [25]

Серед сучасних методів привертає увагу використання ціанобактерій *Microcystis spp.*, наприклад, для знебарвлення стічних вод заводів з виробництва крафт паперу [21]. У дослідженні було відмічено, що 70% кольору було видалено при використанні чистих і змішаних культур протягом 2-місячного інкубаційного періоду. У іншому дослідженні використовувалась змішана культура водоростей, таких як *Microcystis*, *Chlorella*, *Chlamydomonas* для видалення забарвлення. Було виявлено, що майже 80% зниження кольору було досягнуто в умовах безперервного освітлення протягом 30 днів. Головним поясненням видалення кольору був метаболізм, а не адсорбція [21,22]. Проте, це трудомісткий метод, енергозатратний і водорості не можуть повністю видалити колір [23].

Повертаючись до класичної схеми біологічної очистки, технологія очищення стічних вод целюлозного заводу повинна включати первинну обробку (нейтралізацію, проціджування або осадження), переважно для видалення завислих твердих речовин та біологічну очистку. Біологічне очищення проводиться для зменшення вмісту органічної речовини, яка видаляється шляхом біологічної деградації і найбільш ефективно для видалення низькомолекулярних органічних речовин з молекулярною масою 800 Да або

менше. Деякі очисні станції мають доочищення для подальшого зниження токсичності, суспендованих речовин, органічних речовин або кольору [15].

Біологічне очищення застосовується на більшості типів целюлозно-паперових заводів. Найпоширеніші методи - це застосування аеротенків з активним мулом та аерованих лагун. Деякі варіанти біологічних систем включають використання реакторів з рухомими носіями біоплівки – MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) та статичних мембранних біореакторів – MBR (Membrane bioreactor). Рідко використовується анаеробна обробка з наступним аеробним біологічним етапом [23].

Біологічна очистка потребує тривалого часу перебування стічних вод від 3 до 20 днів, а отже, і великий об'єм споруд. В спорудах використовують аераційні пристрої для додавання кисню до стічних вод (зазвичай це поверхневі турбінні аератори або пневматичні аератори на дні аеротенків) і перемішують вміст аеротенка, тим самим підвищуючи мікробну активність. Враховуючи цей фактор, через низький рівень ефективності та необхідну велику поверхню використання аерованих лагун менш поширене [15]. Найбільш розповсюджена система біологічної очистки - це аеротенки (60–75% усіх установок для очищення стоків у целюлозно-паперовій промисловості використовують системи з аеротенками).

Переваги використання аеротенків порівняно з аеробними ставками полягають у тому, що в них досягає високої ефективності видалення органічних речовин, процес можна добре контролювати, а мікроорганізми адаптовані до стічних вод, які надходять на очищення. Недоліками є високі витрати на будівництво та експлуатацію (особливо витрати енергії на системи аерації), високі темпи накопичення осаду та втрата ефективності через проблеми з видовим складом біоценозу, а отже, необхідність додавання біогенних елементів, щоб уникнути цієї проблеми. Переробка осаду та дозування біогенних речовин є додатковими витратами до витрат на енергію [15].

На рис. 2.2 показана схема технології біологічного очищення стічних вод паперового заводу з використанням аеротенків [15].

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

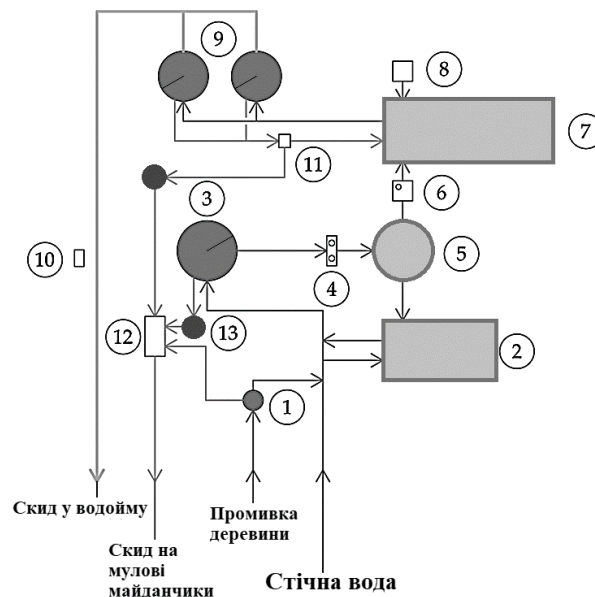


Рис. 2.2 Схема технології біологічної очистки стічних вод целюлозно-паперових виробництв:

1 – механічна очистка, 2 – зливна лагуна, 3 – первинний відстійник, 4 – градиння, 5 – стабілізатор потоку, 6 – нейтралізація води, 7 – аеротенк, 8 – компресор для повітря, 9 – вторинний відстійник, 10 – відбір очищеної води, 11 – розподільник для надлишкового/регенераційного мулу, 12 – обробка надлишкового мулу, 13 – ущільнювач

Тривалість процесу очищення стічних вод картонно-паперових фабрик в аеротенках становить близько 15-48 годин. Концентрація активного мулу зазвичай становить 2000-6000 мг/дм³. Гідравлічний час перебування складає 4-8 годин для традиційної системи, а вік мулу зазвичай становить 5-15 днів. Органічні навантаження складають від 0,05 до 0,1 (кг БСК)/(кг мулу) для розширеної аерації і 0,1-0,3 (кг БСК)/(кг мулу) для процесу з низьким навантаженням. Звичайна робоча температура становить близько 35-37°C, а концентрація розчиненого кисню становить 1,5-2,0 мг/дм³. Концентрація біогенних речовин по відношенню до органічної речовини важлива при очищенні стічних вод. Стоки деревообробної промисловості зазвичай мають співвідношення БСК:N:P = 100:(1-2):(0,15-0,3), і зазвичай потрібно додавання додаткових біогенних речовин, тому технології Аннамокс та нітрифікації не застосовуються [23]. Ефективність видалення забруднень

залежить від часу перебування стічних вод і умов експлуатації. Показники ефективності становлять від 85 до 98% видалення БСК₅ і 60-85% для видалення ХСК. Для ХОС зниження становить приблизно 40-65%, 40-85% для фосфору і 20-50% для азоту. Загальна ефективність видалення ЗР з використанням первинної механічної і вторинної - біологічної обробки складає близько 85-90% [11].

Peerbhoi [11] досліджував анаеробну обробку стоків целюлозно-паперової промисловості, а саме чорного луку в реакторі з висхідним потоком і прийшов до висновку, що анаеробна біологічна обробка низькоефективна, оскільки високомолекулярні забруднюючі речовини, що є похідними целюлози та хлорвмісні органічні сполуки погано піддаються анаеробному біологічному розкладу. Анаеробні процеси для розкладання ХОС в стічних водах целюлозно-паперових комбінатів мають низьку ефективність до 50%, тому рекомендується використовувати фізико-хімічні методи. Численна кількість целюлозно-паперових комбінатів із середньою витратою води 50 м³/т використовують лише процеси фізико-хімічної обробки, без біологічної, для оптимальної роботи [11]. Складні характеристики забруднювачів, присутніх у відходах паперової промисловості, залежать від хімічного складу, часто в сполуках відбувається зшивання за рахунок ковалентних й нековалентних сил. Це створює велике навантаження на анаеробну обробку, переробити складні відходи шляхом компостування або за рахунок анаеробного зброджування досить складно й неефективно [12].

Застосування технології комбінації біологічної очистки і коагуляції перед стадією біологічної очистки видаляє 75% лігніну, 83% барвника і 51% ХСК з стічних вод целюлозно-паперових комбінатів, приклад такої технології показано на рис.2.3. Також зустрічаються випадки застосування біологічної очистки стоків целюлозних виробництв за допомогою реактора періодичної дії з підживленням (FBR- Fluidized Bed Reactor) з подальшою коагуляцією і фільтрацією, як на рис. 2.1, через піщане завантаження.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

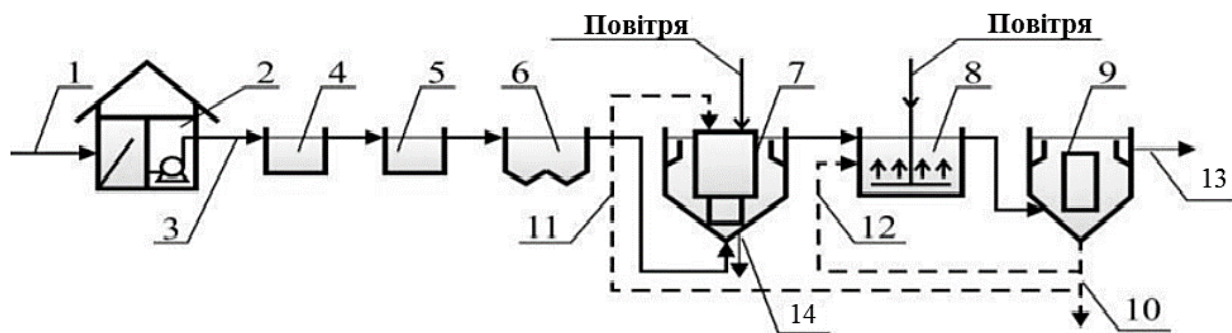


Рис.2.3 Технологія очищення стічних вод з біокоагуляцією[24]:

1 - підведення стічних вод; 2-насосна станція; 3 – напірний водогін; 4- приймальна камера; 5 – решітки; 6 – пісковловлювач; 7 - первинний відстійник; 8 – аеротенк; 9 – вторинний відстійник предаератор; 10 - активний мул; 11 - надлишковий активний мул 12- рециркуляційний активний мул; 13 – очищена стічна вода; 14 – осади і флотаційний шлам.

Таблиця 2.1 Порівняння ефективності технологій очистки для стоків целюлозно-паперових підприємств[12]

Найменування стоків	Матеріал,	Реагенти/електроди	Метод	Тривалість	Ефект видалення за показником ХСК
	організми або асоціація мікроорганізмів				%
Чорний луг		MgSO ₄ , FeSO ₄ , PAC	Коагуляція/Флокуляція		95
Чорний луг		PAM, PAC, AlCl ₃	Коагуляція/Флокуляція		88
Чорний луг		Mum, FeSO ₄ , MgSO ₄ , PACL	Коагуляція/Флокуляція		80
Змішані стоки ЦПВ	Адсорбент з активного мулу		Адсорбція	15 хв	95
Змішані стоки ЦПВ	Активоване вугілля		Адсорбція	60 хв	97
Змішані стоки ЦПВ	Попіл жмиху		Адсорбція	60 хв	86
Стоки цеху відбілювання	Попіл с/г рослин		Адсорбція	90 хв	98,7
Чорний луг		Al електрод	Електро-коагуляція	75 хв	99
СВ целюлозної промисловості		Fe, Al електроди	Електро-коагуляція	60 хв	100

Продовження таблиці 2.1

СВ целюлозної промисловості		Озон	Окиснення		80
Стоки цеху відбілювання	Водорості		Біологічна очистка	2 міс.	70
Стоки цеху відбілювання	Водорості		Біологічна очистка	30 діб	80
СВ целюлозної промисловості	Активний мул		Біологічна очистка	8 діб	80
СВ целюлозної промисловості	Активний мул		Біологічна очистка	24 год	97
СВ целюлозної промисловості	Гриби		Біологічна очистка	2 доби	90
СВ целюлозної промисловості	Гриби		Біологічна очистка	4 доби	99

Гібридна система очищення знизил БСК₅ до 16 мг/л (видалення 96,5%) і ХСК до 136 мг/л (видалення 93%), відповідно, після чого стічні води можна було скидати в водойми без ризику [25]. Дана технологія ідеально підходить для виробництв, які використовують обробку саме деревини, а не макулатури.

Отже, в ситуації ПКПФ стічні води не мають великої частки лігніну та целюлози, проте мають хлорфеноли, тому фізико-хімічна обробка та анаеробна обробка не буде показувати свою ефективність, як для целюлозно-паперових фабрик, що використовують обробку макулатури. Варто зупинитися на технології біологічної очистки в аеротенках, але провести аналіз методів вдосконалення роботи аеротенка, провести його модернізацію та/або модернізацію процесу аеробної біологічної очистки [25].

Результати порівняння ефективності всіх технологій занесено в таблицю 2.1[23]. Виходячи з міркувань щодо адаптивності та економічної ефективності технології очистки варто зосередитись саме на біологічних методах очистки.

2.2. Можливі проблеми підібраних біологічних очисних споруд ПКПФ

Двома важливими експлуатаційними аспектами успішної роботи аеротенків є підтримання належного контролю концентрації розчиненого

кисню в аеротенках та збереження мулу, що добре відстоюється. Зниження осідаючої здатності призводить до поганої роботи аеротенку, так як важко підтримувати розрахункову дозу активного мулу в аеротенку. В реальних умовах на целюлозно-паперових фабриках є ризик втрати дози мулу влітку до гранично низьких значень 0,5-0,4 г/дм³, що призводить до зниження ефекту очищення стічних вод за показниками БСК₅ і ХСК [15]. Існує кілька причин для зниження осідаючої здатності, це вспухання мулу, що відбувається через надмірну кількість позаклітинних полімерних речовин та утворення дрібних пластівців і біомаси, що диспергують [16]. У стічних водах целюлозних заводів набухання часто відбувається через присутність нитчастих бактерій. Загальні умови, що сприяють збільшенню маси - це робота при співвідношенні кормових навантажень, що виходять за межі нормального діапазону, дефіцит азоту і фосфору або дефіцит DO – Dissolved oxygen, розчиненого кисню [13]. З кінетичної точки зору, флокулоутворюючі мікроорганізми, що забезпечують осаджуваність активного мулу, мають конкурентну перевагу при більш низьких концентраціях субстрату. Низькі концентрації субстрату спричиняють зміну метаболізму, так, щоб ці організми ефективніше використовували кисень і поживні речовини, ніж мікроорганізми, що не здатні утворювати флокули. В умовах концентрованих стоків, флокулоутворюючі організми знижують свою активність, активніше розмножуються конкурентні мікроорганізми і це призводить до вспухання мулу.

Протягом двох років в стічних водах 15 целюлозно-паперових і картонних заводів науковці з Франції вивчали наявність нитчастих бактерій і їх вплив на роботу аеротенків. Вивчення 25 випадків вспухання мулу пояснило, що джерелом в 10 випадках були гідравлічні перевантаження та зависоке ХСК, у 8 випадках - недостатня аерація і в 5 випадках - дефіцит поживних речовин [17]. Очисні споруди Понінківської КПФ не стануть виключенням для виникнення проблем вспухання мулу та появи анаеробних процесів, якщо буде незадовільно налагоджена система аерації. Дефіцит кисню може спостерігатися влітку, адже при 30°C зменшується кількість розчиненого кисню в два рази,

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

важко уявити умови при 35 і більше градусах, що спостерігались влітку 2021 року. Потрібно підібрати систему аерації та спосіб модернізації аеротенку, які б забезпечили стійку дозу мулу та концентрацію розчиненого кисню.

2.3. Способи підвищення ефективності роботи аеротенків

Для підвищення ефективності аеробної обробки стічних вод, наприклад, Дослідники на чолі з *Hansen*[26] запропонували модернізувати установку активного мулу шляхом послідовного додавання плаваючих біологічних носіїв, що підвищило ефективність видалення органічних речовин за ХСК та БСК з 51% до 90% і з 70% до 93% відповідно. Повідомляється про ефективне видалення забарвлення, БСК, ХСК, фенольних сполук і сульфідів такими мікроорганізмами, як *Pseudomonas putida*, *Citrobacter sp.* й *Enterobacter sp.* в процесі аерації активного мулу на плаваючих носіях. Інші дослідження повідомляють про видалення хлорованих фенолів, 1,1-дихлордиметилсульфону і хлорованої оцтової кислоти на установці для очищення стічних вод з аеротенком, використовуючи плаваючі носії в коридорах аеротенка. Raghveer і Sastry[26] повідомили, що для видалення 83-88% органічних речовин за БСК з даною модифікацією потрібна концентрація активного мулу мінімум 2000-2500 мг/дм³ під час обробки активним мулом і тривалість аерації 6-8 годин [27].

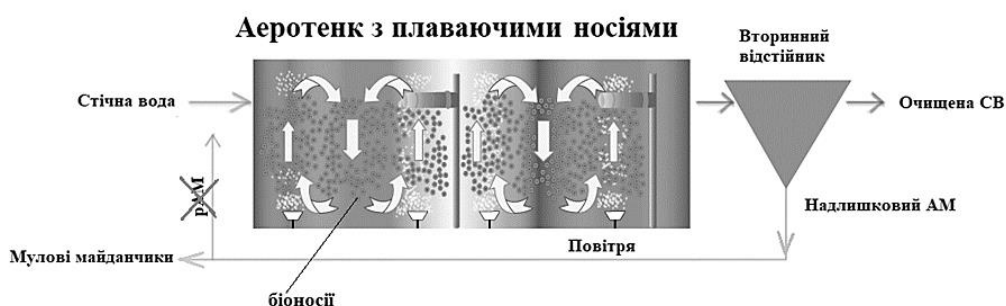


Рис. 2.1 Схема аеротенка з плаваючими біоносіями[33]

Процес ступінчастої аерації був розроблений для рівномірного розподілу кисню в стічних водах в аеротенках. На відміну від процесу з активним мулом у звичайних аеротенках, при якому вся неочищена стічна вода надходить вхідний отвір аеротенка, стічні води в цьому процесі рівномірно потрапляють в більш

ніж два входи. Таким чином, цей процес призводить до вирівнювання потреби в кисні для стічних вод в аеротенках та зменшення розміру аеротенка (рис. 2.2).

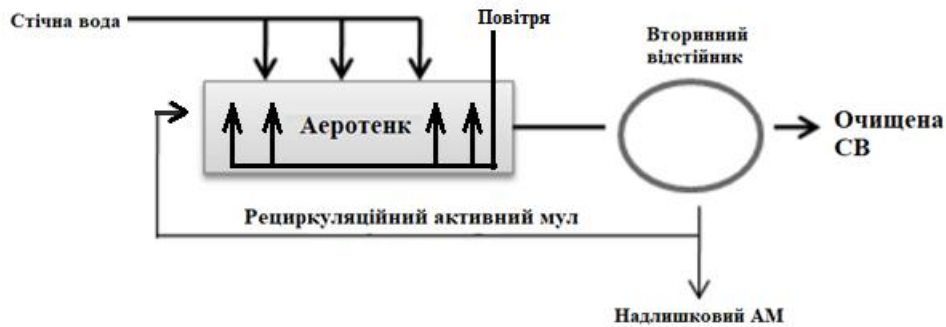


Рис. 2.2 Схема подачі стічної води в аеротенк за ступінчастим методом[33]

Конічний процес аерації – ще один варіант модифікації. Метою цього процесу є заповнення нестачі кисню в неочищених стічних водах на вході в аеротенк в процесі з активним мулом у звичайних аеротенках. Потреба в кисні варіюється в залежності від складу стічних вод в аеротенках. Відповідно, в бак можна подавати різну кількість повітря. На дні входу в резервуар зазвичай встановлюється більше пристроїв для аерації, ніж біля виходу з резервуара (рис. 2.3). У звичайних аеротенках активний мул з подачею на вході і рівномірної аерацією по довжині резервуара має високу потребу в розчиненому кисні на вході і майже не вимагає на виході. Аерація в останній частині резервуара в основному марнується. При конічній аерації встановлюється більше розпилювачів в початковій області біореактора і менше в кінці, таким чином зберігаючи економічну ефективність і не втрачаючи марно енергію на аератори в кінці аеротенків.

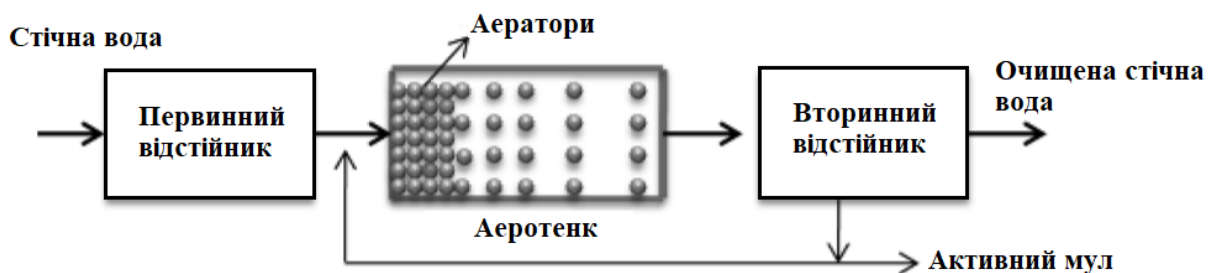


Рис. 2.3 Схема аеротенка із збільшеним числом аераторів на вході в аеротенк[33]

Також одним зі шляхів інтенсифікації роботи біологічного очищення стічних вод в стресових умовах є підхід до збільшення концентрації активного мулу в об'ємі аеротенка. Для цього широко використовують іммобілізовані, тобто прикріплені до носіїв мікроорганізми [28]. В якості носіїв використовують інертні, не розчинні у воді структури, якими заповнюють весь об'єм очисної споруди, або його частину. Носії повинні високорозвинену поверхню, яка є ідеальною для прикріплення й утримання активного мулу. В Україні часто використовують волокнистий носій із капронових волокон типу «ВІЯ» для заповнення аеротенків[28]. Ефективність використання цього волокнистого носія в системах очищення стічних вод було доведено професором П.І. Гвоздяком [29].

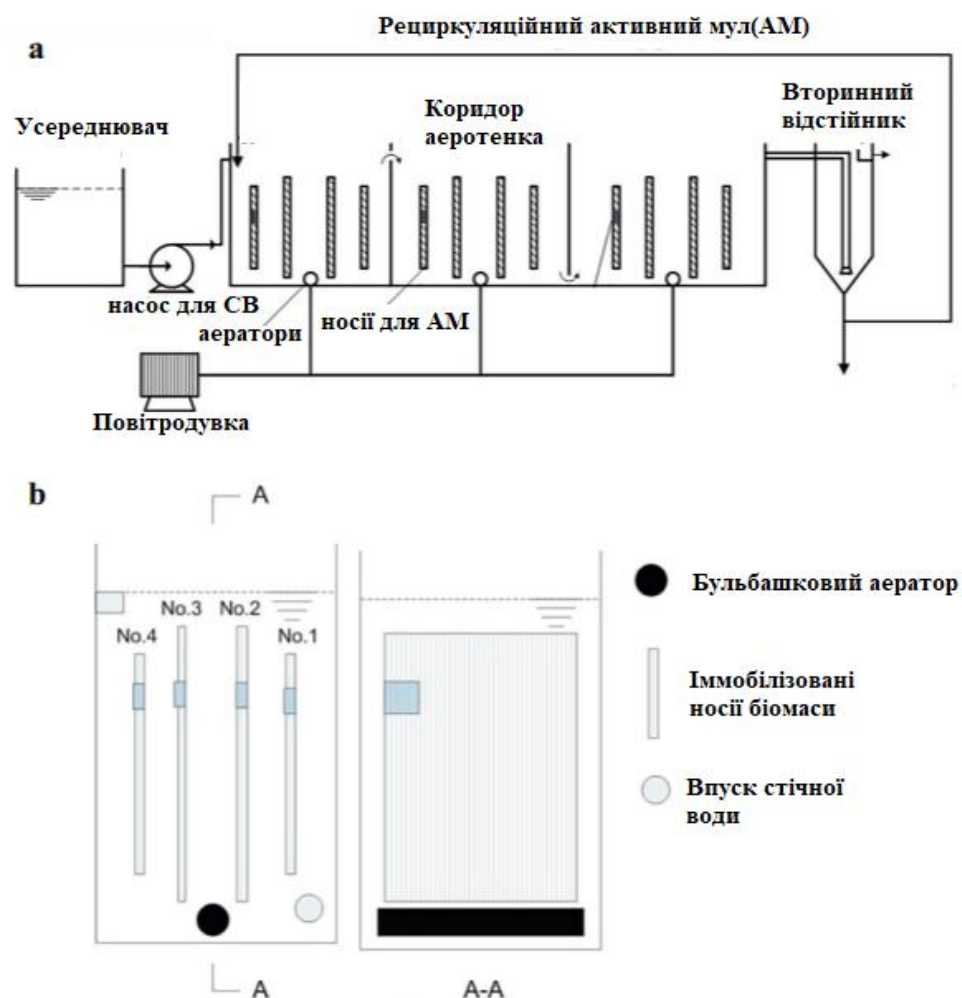


Рис. 2.4 Схема аеротенка із закріпленими волокнистими носіями[30]

Так, як стічні води ПКПФ здебільшого характеризуються нерівномірністю надходжень, то концентрація забруднювачів у них також може варіювати. Додаткова складність — це застосування усереднювачів, для подолання даної проблеми, проте система ускладнюється додатковим обладнанням і його експлуатацією. Використання іммобілізованої мікрофлори, що надає переваги не тільки активному мулу а й всьому процесу очищення, уможливорює розв'язати цю проблему без додаткового обладнання.



Рис. 2.5 Приклад закріплених носіїв: а – ВІЯ, б – касети з полімерними циліндрами, та їх встановлення в аеротенк в), г) [32].

Передбачається статичний метод іммобілізації за якого носії залишають на деякий час в аеротенку, при цьому завдяки дії ферментів мікроорганізмів на

поверхні носіїв призводить до подальшої адсорбції активного мулу на носіях. Прикріплений мул виявляє більш високу біохімічну активність, ніж вільно плаваючі пластівці активного мулу в рідкому середовищі. Ткаченко та ін. повідомляють про прискорення процесів окислення органічних забруднювачів прискорювався вдвічі [31].

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ТА ОПИС ВДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

3.1. Опис вдосконаленої технології біологічного очищення стічних вод фабрики

В рамках даної роботи, було розглянуто целюлозно-паперове підприємство України – Понінківську картонно-паперову фабрику (ПКПФ) та її стічну воду. Робота була направлена на обґрунтування вдосконалення технології біологічного очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики, на заміну існуючій технології очищення стічних вод.

По-перше, фабрика має невідповідність характеристики очищеної на очисних спорудах стічної води встановленому ГДС – гранично допустимому скиду, через зниження ефективності біологічних процесів. Скид у річку Хомора, яка відноситься до рибогосподарського об'єкта класу 2а може завдати шкоди фауні та флорі річки в якій вирощується риба.

По-друге, важливим експлуатаційним аспектом успішної роботи біологічної очистки є підтримання належного контролю концентрації розчиненого кисню (DO-Dissolved Oxygen). Фабрика має недостатньо налагоджену систему аерації, низька кількість DO веде до анаеробних умов. Анаеробні умови сприяють поширенню токсичних викидів в атмосферу та зниженню ступеня очистки води.

По-третє, спостерігається знос аераційного, насосного а також технологічного обладнання на стадіях, що передують біологічному очищенню, це завдає негативний вплив на біологічні ставки. Нерівномірна подача стічних вод в аеротенки, як за добу, так і протягом однієї години, а також коливання їх складу – від більш концентрованих до менш концентрованих викликає стресові умови, біоценоз не може призвичаїтись до цих умов.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИБІР ТА ОПИС ВДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Котул В.В.					34	108
Конс.								
Керів.		Садлій Л.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

В наведеному дослідженні було прийнято встановити після первинних відстійників аеротенки подовженої аерації, на стадію біологічної очистки, в останньому коридорі якого розміщуються закріплені носії гідробіоценозу іммобілізованих мікроорганізмів типу «ВІА». Для аерації аеротенка запропоновано пневматичну дрібнобульбашкову аерацію, для цього потрібно встановити 2 робочі та 1 резервну повітродувки.

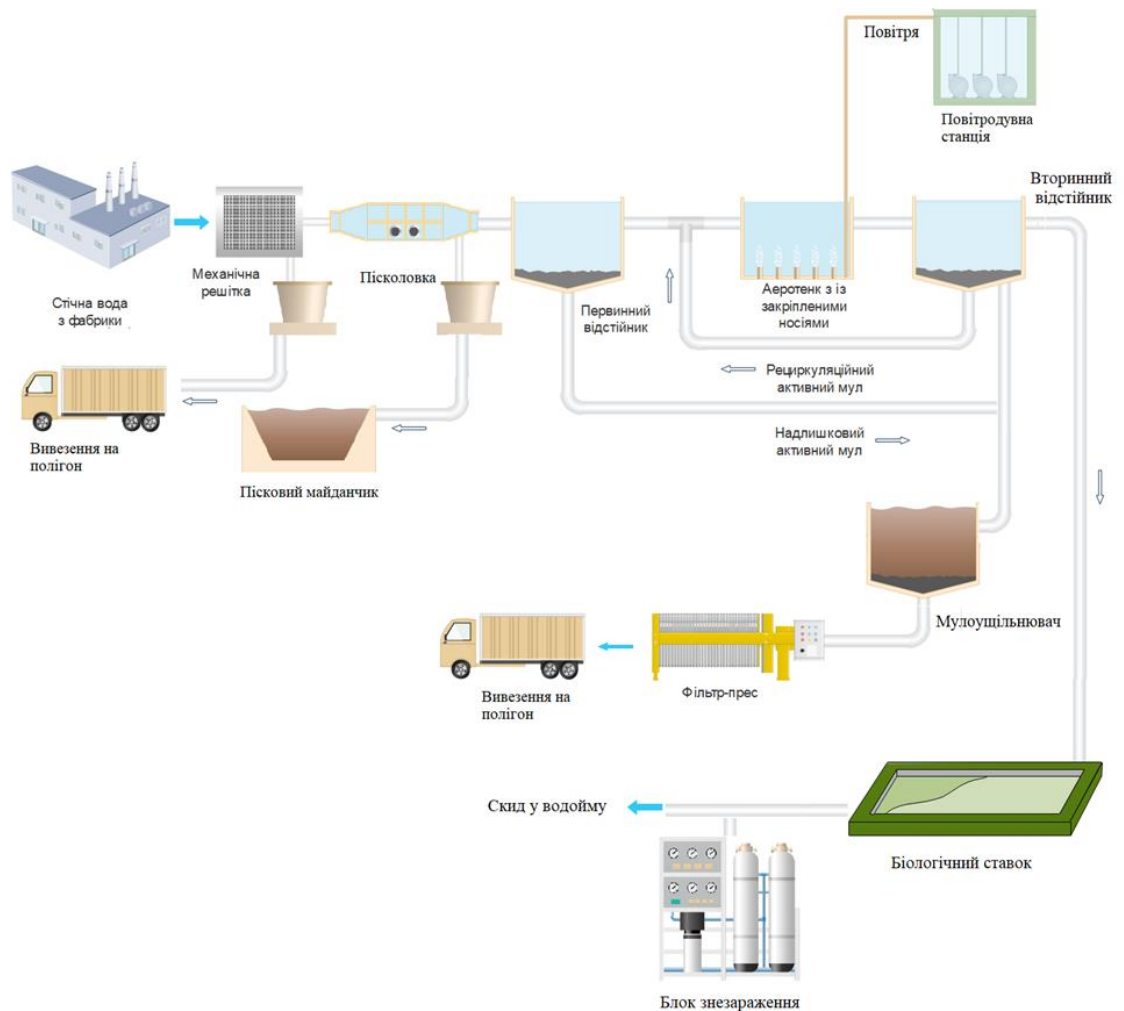


Рис. 3.1 Модернізована схема біологічного очищення Понінківської картонно-паперової фабрики

Аератори розміщуються на дні аеротенки між носіями біомаси, для активного постачання кисню мікроорганізмам як іммобілізованим на носіях, так і активного мулу та подальшої рециркуляції. Шляхом аналізу попередніх досліджень стічної води даного підприємства обрано режим 14 годинної аерації та 12 годинної рециркуляції, відсоток рециркуляційного мулу 40-60%. Також

для попередження вспухання мулу рекомендовано дозування азото- і фосфоровмісних реагентів у стічну воду перед біологічним очищенням в аеротенку [23].

Стічна вода проходить механічну очистку на пісковловлювачах і радіальних відстійниках та біологічну очистку в аеротенку. Доочищення проводиться у біоставках після вторинних відстійників. Очищена стічна вода скидається в річку Хомора.

Вилучення мінеральних включень із стічної води, проводиться на двох горизонтальних пісковловлювачах діаметром 6 метрів кожний. Після пісковловлювачів стічна вода надходить в розподільну чашу, з якої спрямовується в центральні розподільні пристрої двох первинних радіальних відстійників, діаметром 24 м кожний [4].

Збір освітленої води здійснюється через водозлив, збірним кільцевим лотком, розташованим з внутрішньої сторони стінки відстійника. Стінка водозлива обладнана екраном утримання плаваючих речовин, висотою 600 мм. Із збірного лотка освітлена вода надходить у випускну камеру відстійника і далі, системою підземних трубопроводів, відводиться на аеротенк. Осад, який випав із стічної рідини на дно відстійника, згрібається за допомогою сучасного мулошкребу в муловий приямок. Очищення стічних вод від забруднень, що знаходяться в розчиненому, колоїдному та тонкодисперсному стані, проводиться у аеротенку. Після аеротенку, суміш стічної води, надходить в камеру переключення №2 і потім, залізобетонним трубопроводом, надходить до вторинних радіальних відстійників [4].

Вторинні відстійники призначені для видалення активного мулу із стічних вод, що пройшли біологічну очистку в аеротенках. Активний мул, що осів на дно відстійника, видаляється за допомогою мулосмоку, в мулову камеру, де встановлено щитовий затвор з рухомим водозливом. При його допомозі забезпечується можливість ручного регулювання відбору мулу, шляхом зміни гідростатичного напору від 0 до 3400 мм. Активний мул, системою підземних трубопроводів, відводиться із відстійника в приймальний резервуар мулової

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

насосної станції. В машинному відділенні мулової насосної станції встановлені два агрегати з насосами марок ФГ 144-46 (1 робочий, один резервний). Насоси призначені для подачі циркуляційного активного мулу після вторинних радіальних відстійників в аеротенк і надлишкового активного мулу на мулові майданчики №7 на рис.3.2 [4].

3.2 Характеристика кінцевого продукту – очищеної стічної води картонно-паперової фабрики

Визначено зниження забруднень в стічній воді після обробки за прийнятою схемою. Ефект очистки стічних вод для первинного відстоювання - 63%-70% по ЗР. За умов забезпечення прийнятих технологічних показників роботи аеротенка ефект видалення органічних речовин досягає 90-91%. Біологічне доочищення в біоствах має ефективність: ХСК – 65-70%, ЗР-80%, БСК₅- 95% [34-35]. Згідно цих даних отримали характеристику кінцевого продукту – очищеної стічної води, що оформлена в табл.5. Ефект очистки з використанням даної технології знижує показник ХСК до 23,22 мг/дм³, ГДС для якого 148 мг/дм³. Загальний ефект очистки від впровадження біологічного очищення становить 91% за БСК₅ та 80% для завислих речовин [36].

Таблиця 3.2.1 Характеристика суміші стічних вод до та після очищення

Показники	Значення показників, мг/дм ³				Нормативи ГДС забруднюючих речовин, мг/дм ³
	до очисних споруд	після первинного відстійника	після біологічної очистки	після доочистки в біоствах	
рН	6,8	6,5	6,5	6,5	6-8
Завислі речовини, мг/дм ³	1060	400	36	10,8	25
ХСК, мг/дм ³	2000	860	77,4	23,22	50
БСК ₅ , мг/дм ³	702	453	40,77	2,07	3

Отже, обраний комплексний спосіб модернізації очисних споруд дозволяє досягти значення нижче ГДС у очищеній стічній воді та впровадити надійну

систему очистки стічних вод, врахувавши можливі ризики та недоліки попередньої схеми. Слід проводити подальші дослідження з виявлення ефективності очистки, яка досягається за рахунок модифікації аеротенку іммобілізованими носіями біоценозу.

Таблиця 3.2.2 Характеристика технологічних відходів, що утворюються в процесі очистки води

Ns з/п	Осади	Маса по сухій речовині, %	Токсичність	Показники вибухо- пожежонебезпеки		Клас небезпеки, код відходів згідно КВ ДК 005- 96 (об'єм по с.р.)
				Група горючості	Здатність горіти вибухати при взаємодії з водою, повітрям та ін. речовинами	
1	Мінеральні домішки з пісковловлювачів вологістю 60 %	0,40	Нетокс.	«ДСТУ EN ISO 4589-1:2015.	Не здатні	4 клас Код.9030.2.9.021 (V= 1,5 м³/добу)
2	Осад з первинних відстійників вологістю 96%	4,0	Нетокс.	ДСТУ EN ISO 4589-1:2015	Не здатні	4 клас Код. 9010.2.3.17 (V= 252 м³/добу)
3	Відходи надлишкового активного мулу вологістю 98%	2,0	Нетокс.	«ДСТУ EN ISO 4589-1:2015.	Не здатні	4 клас Код. 9010.2.7 (V= 127 м³/добу)

Технологічні процеси очищення стічних вод передбачають утворення значної частки технологічного осаду у вигляді сирого та надлишкового мулового осаду в процесі функціонування комплексу біологічних очисних споруд та осаду з первинних й вторинних відстійників. За ступенем негативного впливу на навколишнє середовище утворений осад відноситься до IV класу небезпеки, тобто може використовуватись у зеленому будівництві, якщо він пройшов стадію дегельмінтизації, для біологічної рекультиваци земель і полігонів ТПВ. Аналізуючи подані у звіті дані, система очищення ПКПФ утворює 98% мулового осаду в об'ємі 127 м³/добу, (3,0 т/добу по сухій

речовині), то з врахуванням кількості робочих днів в рік (365 днів) річне накопичення осаду становить 1095,0 т.

Пропонується обробляти осади із стадії біологічного очищення у фільтр пресі, відправляти його на вторинну переробку. Наприклад, мул можна гранулювати і подати у вигляді адсорбційного матеріалу для адсорбційних камер в системах очищення стічних вод [14].

3.3. Характеристика біологічного агенту – активного мулу та іммобілізованих на капронових носіях мікроорганізмів

В даній роботі потрібно розглядати два типи біологічних агентів: вільноплаваючий активний мул та біоплівка, що утворюється на носіях біомаси. Біоплівка – структура, яку утворюють мікроорганізми активного мулу, згруповуючись у іммобілізоване бактеріальне співтовариство. Мікроорганізми гідролізують та окиснюють забруднювачі стічної води та метаболіти екологічних ніш мулу. Чим більша видова різноманітність організмів, тим більше забруднюючих речовин вони здатні обробити і таким чином видалити з стічних вод, перетворюючи їх на більш прості неорганічні сполуки, воду, газ.

Перифітон волокнистого носія «ВІЯ» за дослідженнями може вміщувати понад 35 таксонів гідробіонтів. З всього різноманіття, 2/3 таксонів належить до підцарства *Protozoa* і 1/3 – *Metazoa*. При біологічному очищенні стічних вод при середньодобовій температурі 15-30°C домінували 3 види – нематоди *Nematoda gen. sp.* (21-66,8% від загальної щільності перифітону), коловертки *Rotaria rotatoria* та інфузорії *P. Caudatum*, які були або домінантами, або субдомінантами. Збільшена чисельність коловерток, свідчить про ефективне біологічне очищення. Малоцетинкові черви вказують на високу мінералізацію біомаси та утворення трофічної ланки вищого рівня. Отже, при використанні іммобілізованої біомаси забезпечується створення на різних стадіях очищення відповідних гідробіоценозів [28-29].

Носії ВІЯ омиваються повітрям з дрібнобульбашкової системи аерації, таким чином мікроорганізми отримують повітря шарами, ближче до місця прикріплення біоплівки утворюються аноксидні умови з пристосованими до

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цих умов організмами. Їх видовий склад залежить від типу стічних вод. Система аерації має утворювати не занадто дрібні бульбашки повітря, адже вони будуть не здатні регенерувати носій з необхідною інтенсивністю. Регенерація допомагає уникнути надмірного розвитку біоплівки на волокнах. При цьому шар біоплівки має шар, що оновлюється і зберігає свою товщину, для уникнення повністю анаеробних умов. [30].

Для забезпечення якісного очищення стічної води до біологічного складу активного мулу мають входити різні групи мікроорганізмів (*Rhizopoda*, *Mastigofora*, *Suctoria*, *Bacillus*, *Zooglea ramigera*, *Escherichia* тощо), здатні до повної мінералізації органічних речовин в очищеній воді. Але, за деякими даними, такі мікроорганізми характеризуються досить повільною швидкістю приросту. Досягти стійкого, постійного функціонування цих організмів у проточній очисній споруді можна лише за допомогою іммобілізації їх на нерозчинних адсорбентах.

В результаті досліджень також встановлено, що за наявності у стічних водах картонно-паперової фабрики целюлози і продуктів її деструкції відбувається розвиток у активному мулі в аеробних умовах бактерій, грибів і актиноміцетів, які розкладають саме ці речовини. Міксобактерії здатні окиснювати целюлозу киснем до вуглекислоти, води і продуктів, які розкладаються іншими мікроорганізмами. Бактерії родів *Cytophaga*, *Sorangium* *Sporocytophaga*, окиснюють в основному целюлозу. Бактерії роду *Pseudomonas* – основні представники активного мулу, здатні окиснювати целюлозу за відсутності простих сполук. Серед грибів, активно використовують в своєму метаболізмі целюлозу та її похідні роди *Fusarium*, *Trichoderma*. Вони здатні виділяти у середовище ферменти, які безпосередньо гідролізують целюлозу. Всі вищезазначені мікроорганізми у великій кількості присутні в активному мулі аеротенків для біологічного очищення стічних вод картонно-паперових фабрик.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

4.1. Розрахунок витрат стічних вод

Потужність системи очистки на фабриці складає:

$$Q_{\text{сер.доб.}} = 7\,000 \text{ м}^3 / \text{добу} ; \quad (4.1.1)$$

Середньогодинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{7000}{24} = 292 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} ; \quad (4.1.2)$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$q_{\text{сер.с}} = \frac{Q_{\text{сер. доб.}}}{24 \cdot 3600} = \frac{7000}{24 \cdot 3600} = 81 \frac{\text{дм}^3}{\text{с}} ; \quad (4.1.3)$$

Максимальна секундна витрата стічних вод становить:

$$q_{\text{max. с.}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сер.с}} = 1,638 \cdot 0,081 = 0,13 \text{ м}^3/\text{с} ; \quad (4.1.4)$$

$$q_{\text{min. с.}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сер.с}} = 0,575 \cdot 0,081 = 0,047 \text{ м}^3/\text{с} ; \quad (4.1.5)$$

де $q_{\text{сер.с}}$ – середньосекундна витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

K_{max} і K_{min} – коефіцієнти нерівномірності водовідведення згідно ДБН п.7.1.6

За методом лінійної інтерполяції, враховуючи значення середньосекундних витрат коефіцієнти становлять $K_{\text{max}} = 1.638$, $K_{\text{min}} = 0.575$.

Розрахунок максимальної годинної витрати:

$$Q_{\text{max год}} = 3,6 \cdot q_{\text{max}} = 3,6 \cdot 130 = 468 \text{ дм}^3/\text{год} . \quad (4.1.6)$$

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Котул В.В.						
Конс.							41	108
Керів.		Садлій Л.А.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.								

Таблиця 4.1 Загальні коефіцієнти нерівномірності припливу стічних вод у населених пунктах

Загальний коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод	Середня витрата стічних вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 і більше
Максимальний K_{\max}	2,50	2,10	1,90	1,70	1,60	1,55	1,50	1,47	1,44
Мінімальний K_{\min}	0,38	0,45	0,50	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

4.2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки, визначається за формулою:

$$E = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200} = \frac{0,45 \cdot 1,2}{200} = 0,0027, \quad (4.2.1)$$

де $V_{\text{ср}}$ - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, 0,45 м/с;

$H_{\text{ср}}$ - середня глибина річки на тій же ділянці, 1,2 м.

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки, визначається за формулою:

$$\alpha = \varphi \cdot \varepsilon^3 \sqrt{\frac{E}{q_{\text{ср.с}}}} = 1,15 \cdot 1,5^3 \sqrt{\frac{0,0027}{0,081}} = 0,55 \text{ добу}, \quad (4.2.2)$$

де $\varphi = 1,15$ - коефіцієнт звивистості річки, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій;
 ε – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму. Приймається русловий випуск – 1,5;
 q - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму – 0,081 м³/с.

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{q_{\text{сер.с}}}\right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0.55 \sqrt[3]{3000}}}{1 + \left(\frac{2,37}{0,081}\right) e^{-0.55 \sqrt[3]{3000}}} = 0,989, \quad (4.2.3)$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, 3000 м;

Q - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, 2,37 м³/с;

q - середньосекундна витрата стічних вод, 0,081 м³/с.

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у водойму, становить:

$$C_{\text{зр}}^{\text{доп}} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q_{\text{сер.с}}} + 1\right) + C_{\text{ф}} = 0,75 \cdot \left(\frac{0,989 \cdot 2,37}{0,081} + 1\right) + 11 = 33 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (4.2.4)$$

де p - приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм³ (0,75 г/м³);

$C_{\text{ф}}$ - фонові концентрації завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод - 11 мг/дм³.

Допустиме значення БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму:

$$\begin{aligned} C_{\text{БСК}}^{\text{доп}} &= \frac{\gamma \cdot Q}{q_{\text{сер.с}}} \cdot \left(\frac{C_{\text{БСК}}^{\text{ГДК}}}{10^{-kt}} - C_{\text{БСК}}^{\text{р}}\right) + \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{ГДК}}}{10^{-kt}} \\ &= \frac{0,989 \cdot 2,37}{0,081} \cdot \left(\frac{5}{10^{-0,09 \cdot 0,077}} - 2,9\right) + \frac{5}{10^{-0,09 \cdot 0,077}} \\ &= 68 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \end{aligned} \quad (4.2.5)$$

де $C_{\text{БСК}}^{\text{н}}$ - гранично-допустиме значення БСК_{повн} у розрахунковому створі річки, 5 мг/дм³;

$C_{\text{ф}}$ - фонові значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод, 2,9 мг/дм³;

$k = 0,09$ - константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, доба⁻¹ (дод. К, табл. К.1).

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу :

$$t = \frac{L}{V_{\text{ср}} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{3000}{0,45 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,077 \text{ доби}, \quad (4.2.6)$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, 3000 м;

$V_{\text{ср}}$ - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, 0,45 м/с .

Розрахунок допустимого БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму, за розчиненим у воді киснем, без урахування поверхневої реаерації водойми. Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена, якщо БСК_{повн} стічних вод не буде перевищувати величину:

$$\begin{aligned} C_{\text{БСК}}^{O_2} &= \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot q_{\text{ср.с}}} \cdot (O_{\text{ф}} - 0,4 \cdot C_{\text{БСК}}^{\text{ф}} - O_{\text{min}}) - \frac{O_{\text{min}}}{0,4} \\ &= \frac{0,989 \cdot 2,37}{0,4 \cdot 0,081} \cdot (7 - 0,4 \cdot 2,9 - 4) - \frac{4}{0,4} = 123 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \end{aligned} \quad (4.2.7)$$

де $O_{\text{ф}}$ – фонові концентрації розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, 7 мг/дм³;

O_{min} - найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі, 4 мг/дм³;

$C^{\text{ф}}$ - фонові значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод 2,9 мг/дм³ ;

0,4 - коефіцієнт для перерахунку БСК_{повн} у БСК₂.

За розрахункові значення БСК_{повн} приймаємо менше з двох отриманих у попередніх розрахунках.

4.3 Технологічні розрахунки основних споруд

Механічна очистка стічних вод має застосовуватися для відділення в стоках твердих і зважених частинок. Найчастіше принцип механічного очищення використовується у підготовці відпрацьованих стоків до їх подальшого більш

тонкого фізико-хімічного чи біологічного очищення. Для реалізації методу механічної очистки спочатку застосовуються решітки та пісколовки, для видалення грубих забруднень, далі використовуються первинні відстійники.

4.3.1 Розрахунок первинних відстійників

Тип відстійника – радіальний. Ефективність E_{set} відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення міських очисних споруд рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує 150 мг/дм³. В умовах промислового підприємства допускається більший вміст, за даними підприємства це 400 мг/дм³. Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{зр}^n - C_{зр}^к}{C_{зр}^n} \cdot 100\% = \frac{1067 - 400}{1067} \cdot 100 = 62,5\% \quad (4.3.1)$$

де $C_{зр}^n$ - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду, мг/дм³;

$C_{зр}^к$ - концентрація завислих речовин на виході зі споруди, мг/дм³ [37].

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод, визначається за [41] дод. К, табл. К.2 шляхом екстраполяції і становить: $t_{set} = 737.5$ с.

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{1,056 \cdot 737 \left(\frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,18}} = 1,45 \text{ мм/с}, \quad (4.3.2)$$

де K_{set} - коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника;

H_{set} – робоча глибина відстійника, залежить від типу відстійника, 2 м;

α - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод [38, табл. К.3] (шляхом інтерполяції, для 18°C - 1.056);

t_{set} – тривалість відстоювання, с;

h – висота циліндра, м;

n_2 – показник степеня, який залежить від агломерації частинок, приймається за (дод. К, табл. К.4, для ефекту 62,5% - 0.182).

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу відстійників:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)(U_o - v) = 2,8 \cdot 0,45(18^2 - 1,4^2)(1,45 - 0) \quad (4.3.3) \\ = 588 \text{ м}^3/\text{год},$$

де D – діаметр відстійника, 18 м;

d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника(дод. К, табл. К.5) чи центральної труби вертикального відстійника, 1,6 м;

v – турбулентна складова приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді.

При визначенні розмірів відстійників доцільно орієнтуватися на розміри типових споруд [38]. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}} = \frac{468}{588} = 0,79 \text{ шт}, \quad (4.3.4)$$

де Q_{max} – максимальна витрата суміші стічних вод, 468 м³/год.

Приймаємо 2 первинних радіальних відстійників діаметром 18м.

Розраховуємо фактичну продуктивність двох відстійників діаметром 18м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{max}}{N_{\phi}} = \frac{468}{2} = 234 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.3.5)$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{234}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (18^2 - 1,4^2)} = 0,57 \text{ мм/с}. \quad (4.3.6)$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{set}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h}\right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{0,57 \cdot 1,056 \left(\frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5}\right)^{0,18}} = 1878 \text{ с}. \quad (4.3.7)$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при C_{поч} і t_{set}^φ становить (дод. К, табл. К.1): E^φ= 82,5 % за методом інтерполяції.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

При отриманому E^{Φ} концентрація завислих речовин:

$$C_{зр}^{к, \Phi} = C_{зр}^п - \frac{E^{\Phi} \cdot C_{зр}^п}{100} = 400 - \frac{82,5 \cdot 400}{100} = 70 \text{ мг/дм}^3. \quad (4.3.8)$$

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить:

$$M_{ос} = \frac{(C_{зр}^п - C_{зр}^{к, \Phi}) \cdot Q_{сер, доб} \cdot K}{10^6} = \frac{(400 - 70) \cdot 7000 \cdot 1,2}{10^6} = 2,77 \text{ т/добу}, \quad (4.3.9)$$

де $Q_{сер, доб}$ - витрата стічних вод, $7000 \text{ м}^3/\text{доб}$;

$K=1,1 \dots 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу.

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{ос}}{100 - W_{ос}} = \frac{100 \cdot 2,77}{100 - 95} = 55,4 \text{ м}^3, \quad (4.3.10)$$

де $W_{ос}$ – вологість осаду, %.

Приймаємо за розрахунком кількість відстійників – 2 споруди, за типовим проектом ТП 902-2-362.83 типові розміри споруди[40]:

- Діаметр відстійника, 18м
- Діаметр розподільного пристрою, 1,4 м
- Гідравлічна глибина, 3,4 м
- Висота зони осаду, 0,3 м
- Об'єм зони осаду, 110 м^3

4.3.2. Розрахунок аеротенка

Значення $БСК_{повн}$ суміші стічних вод, які надходять в аеротенк, становить $453(20\% \text{ перв відстійник}) \text{ мг/дм}^3$. При концентрації $БСК_{повн} < 500 \text{ мг/дм}^3$ приймаємо аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу ($БСК_{повн} > 150 \text{ мг/дм}^3$).

Попередньо приймаємо дозу активного мулу у зоні аерації у межах $2,5\text{--}4,5 \text{ г/дм}^3$ та значення мулового індексу $80\text{--}100 \text{ см}^3/\text{г}$ відповідно до ДБН п.В.2.3.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{3,5}{\frac{1000}{90} - 3,5} = 0,46, \quad (4.3.11)$$

де a_a – доза мулу, що приймається $3,5 \text{ г/дм}^3$;

J – муловий індекс, який приймається $90 \text{ см}^3/\text{г}$.

Згідно з [8, п.6.145], значення R , при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше $0,3$, тому отримане значення приймається для подальших розрахунків, $R=0,46$.

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) = 3,5 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,46} + 1 \right) = 7,3 \text{ г/дм}^3. \quad (4.3.12)$$

Концентрація органічних забруднень за $\text{БСК}_{\text{повн}}$ в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1 + R} = \frac{453 + 15 \cdot 0,46}{1 + 0,46} = 315 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.3.13)$$

де $C_{\text{сум,БСК}}^a = 453 \text{ мг/дм}^3$ – показник $\text{БСК}_{\text{повн}}$ стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 20%;
 $C_{\text{БСК}}^k = 15 \text{ мг/дм}^3$ – показник $\text{БСК}_{\text{повн}}$ в очищеній воді після повного біологічного очищення.

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^k} = \frac{2,5}{\sqrt{3,5}} \cdot \lg \frac{315}{15} = 1,8 \text{ год} \quad (4.3.14)$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_o}{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{\text{БСК}}^k} \cdot \frac{1}{1 + \phi \cdot a_p} = \quad (4.3.15)$$

$$85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 7,3} = 16,03 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}},$$

де $\rho_{\max} = 85 \text{ мг}/(\text{г} \cdot \text{год})$ – максимальна швидкість окиснення стічних вод [39];

C_o – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається $2 \text{ мг}/\text{дм}^3$;

K_L – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає $33 \text{ мг} \cdot \text{БСК}_{\text{повн}}/\text{дм}^3$ [41, табл.40];

K_o – константа, яка характеризує вплив кисню, становить $0,625 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ [40];

Φ – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає $0,07 \text{ дм}^3/\text{г}$ [1, табл.40].

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k}{a_p(1 - S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер,р}}} = \frac{453 - 15}{7,3(1 - 0,3) \cdot 16,03 \cdot 0,46} \cdot \frac{15}{18} = 9,7 \text{ год}, \quad (4.3.16)$$

де S – зольність активного мулу, приймається $0,3$;

$T_{\text{сер,р}}$ – середньорічна температура стічних вод, становить 18°C .

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 9,7 - 1,8 = 7,9 \text{ год}. \quad (4.3.17)$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати:

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,46) \cdot 1,8 + 7,9 \cdot 0,46 = 6,3 \text{ год}. \quad (4.3.18)$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор визначається за формулою:

$$a_{\text{сер}} = \frac{a_a(1 + R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сер}}} = \frac{3,5(1 + 0,46) \cdot 1,8 + 7,3 \cdot 0,46 \cdot 7,9}{6,3} \quad (4.3.19)$$

$$= 5,7 \text{ г}/\text{дм}^3$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати:

$$q_m = \frac{24(C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k)}{a_{\text{сер}} \cdot (1 - S) \cdot t_{\text{сер}}} = \frac{24(453 - 15)}{5,7 \cdot (1 - 0,3) \cdot 6,3} = 418 \text{ мг}/\text{г} \cdot \text{добу} \quad (4.3.20)$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, яке згідно [41, табл.40] становить: $I_{\phi}=85,9 \text{ см}^3/\text{г}$.

При фактичному значенні мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^{\phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{3,5}{\frac{1000}{85,9} - 3,5} = 0,43 \quad (4.3.21)$$

Розрахунок вважається завершеним, коли нове значення R_{ϕ} не перевищує попереднього або відрізняється від нього в межах точності розрахунку 5%. Інакше розрахунок повторюється, починаючи з формули (7.13).

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\max} = (1 + 0,3) \cdot 1,8 \cdot 468 = 1451 \text{ м}^3 \quad (4.3.22)$$

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\max} = 7,9 \cdot 0,46 \cdot 468 = 1701 \text{ м}^3 \quad (4.3.23)$$

де Q_{\max} – максимальна витрата суміші стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$.

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_p = 1451 + 1701 = 3152 \text{ м}^3 \quad (4.3.24)$$

Об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{3152}{2} = 1576 \text{ м}^3 \quad (4.3.25)$$

Приймається трьохкоридорний аеротенк з 2 секціями з робочою глибиною $H=3,2 \text{ м}$; шириною коридора $B=4,5 \text{ м}$ [39].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{3152}{3,2 \cdot 4,5 \cdot 2 \cdot 3} = 37 \text{ м}, \quad (4.3.26)$$

де N – кількість секцій аеротенка, шт.;

n_k – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{W_p}{W} = \frac{1701}{3152} \cdot 100 = 53\% \quad (4.3.27)$$

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$П = 0,8 \cdot C_{3P}^{к,ф} + K_{П} \cdot C_{сум,БСК}^a = 0,8 \cdot 116,4 + 0,3 \cdot 453 = 229 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.3.28)$$

де $C_{3P}^{к,ф}$ – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк, 116, 4 мг/дм³;

$K_{П}$ – коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Аеротенк необхідно обладнати системою аерації. Приймаємо дрібнобульбашкову систему аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію, яка визначається за формулою:

$$q_{пов} = \frac{q_o \cdot (C_{сум}^{бпк} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (453 - 15)}{1,68 \cdot 2,08 \cdot 0,64 \cdot 1,04 \cdot (10,99 - 2)} \quad (4.3.29)$$

$$= 23 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

де q_o – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні 1,1 мг/дм³;

K_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка ($f_{a.з}/f_a=0,2$), 1,68.

K_2 – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів для 3м – 2,08.

K_3 – коефіцієнт якості води для міських стічних вод, 0,64.

K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ($T_{сер.р}$) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{сер.р} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (|18 - 20|) = 1,04, \quad (4.3.30)$$

де C_a – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів ($h_a=3\text{м}$) за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{3}{20,6}\right) \cdot 9,4 = 10,99 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.3.31)$$

де C_T – розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного тиску, становить $9,4 \text{ мг/дм}^3$ [42];

C_o – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм^3 .

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{\text{пов}} \cdot H}{t_{\text{сер}}} = \frac{23 \cdot 3,2}{6,3} = 11,7 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (4.3.32)$$

де H – глибина аеротенка, м.

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати: в аеротенку - $I_a = 0,67 I_{\text{сер}}$, у регенераторі - $I_p = 1,33 I_{\text{сер}}$.

$$I_p = 1,33 \cdot I = 1,33 \cdot 11,7 = 15,56 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (4.3.33)$$

$$I_a = 0,67 \cdot I = 0,67 \cdot 11,7 = 7,84 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}). \quad (4.3.34)$$

Отримані значення мають бути в межах $I_a^{\min} < I_a$, $I_p < I_a^{\max}$. Згідно [36] приймають $I_a^{\min} = 3,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, $I_a^{\max} = 20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Отримані значення знаходяться в межах $I_{a \min} < I_a$, $I_p < I_{a \max}$

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається за середньою витратою стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = q_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{мах}} = 23 \cdot 2502 = 10\,782 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.3.35)$$

Повітродувки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

4.3.3. Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків

Вторинні відстійники служать для затримання активного мулу після аеротенків, число яких варто приймати не менше трьох за умови, що усі відстійники є робочими. Доцільно приймати вторинні відстійники того ж типу, що й первинні. Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за

гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H_{\text{з.в.}}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\text{м}}^{\phi} \cdot a_{\text{а}})^{0,5-0,01 \cdot a_{\text{т}}}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,7^{0,8}}{(0,1 \cdot 85,9 \cdot 3,5)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,55 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (4.3.36)$$

де $K_{\text{відст.}}$ - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних - 0,4;

$H_{\text{з.в.}}$ - глибина зони відстоювання, 3,7 м;

$I_{\text{м}}^{\phi}$ – фактичне значення мулового індексу, 85,9 см³/г;

$a_{\text{а}}$ - концентрація активного мулу в аеротенку, 3,5 г/дм³;

$a_{\text{т}}$ - концентрація активного мулу у воді після відстоювання 15 мг/дм³.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q} = \frac{468}{1,55} = 300 \text{ м}^2, \quad (4.3.37)$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод з врахуванням рециркуляційної витрати (при необхідності), м³/год.

Кількість вторинних відстійників приймається не менше трьох, усі відстійники робочі. Розрахункова кількість вторинних відстійників:

$$N = \frac{F_{\text{відст.}}}{0,785 \cdot D^2} = \frac{300}{0,785 \cdot 18^2} = 1,2 \approx 2 \text{ шт}, \quad (4.3.38)$$

де D – діаметр радіального відстійника, який приймаємо 40 м.

Отже, за типовим проектом № 902-2-90/75 приймаємо 2 радіальних відстійника, усі відстійники - робочі.

Табл. 4.3.1 Характеристика вторинного відстійника

Номер типового проекту	Діаметр, м	Глибина, м	Діаметр трубопроводу, мм		Об'єм зони, м ³	
			підвідного	відвідного	мулової	відстійника
902-2-87/76	18	3,7	800	500	160	788

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Представлена технологія очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики, витрата стічних вод 7000 м³/добу.

ДР1 Підготовка аераційного повітря.

ДР1.1 Забір повітря з атмосфери.

За допомогою мережі трубопроводів в системі виконується забір атмосферного, ще неочищеного повітря. Мережа труб, що відходить за межі повітродувної станції піднімається на 4-6 м від рівня землі, саме в цій точці здійснюється забір.

ДР 1.2 Фільтрування повітря.

Дана стадія забезпечує очищення атмосферного повітря. Для цього застосовується влаштований в мережу фільтр Петрянова. Це волокнистий фільтр, що заповнений тканиною з мінімальним розміром пор, які можуть пропускати лише частинки менше 1,6 мкм. Загальний ефект очищення повітря після даної стадії – 98,9%.

ДР 1.3 Компресування повітря.

Для подальшого використання повітря воно проходить стадію компресування. Спеціальне обладнання - повітродувки, які стискають повітря, щоб тиск був менше ніж атмосферний до 2,5кПа(2,5бар). На даній стадії проводять щогодини технологічний контроль тиску. Продуктивність повітродувок має бути в межах від 2 до 190 м³/хв, для забезпечення ефективної аерації. Далі очищене повітря направляється на стадію ТП 7.1.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стадія	Арк.	Акрюшів
Розроб.		Котул В.В.					54	108
Канс.								
Керів.		Садлій Л.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

ДР 2 Підготовка хлорної води.

Хлорна вода виготовляється із хлор-газу. Його змішують в реакторі з мішалкою із водопровідною водою, в результаті на даній стадії утворюється хлорна вода. Газоподібний хлор зберігають в балонах, він одержується з рідкого хлору за ІСО 2120-72, ІСО 2121-72 Хлор рідкий. Технічні умови.

За ДБН В.2.6-75:2013 для обеззараження стоків фабрики потрібно застосовувати концентрацію - 3 г/м³. На даній стадії здійснюється технологічний контроль - концентрація активного хлору у воді.

ДР 3 Підготовка розчину коагулянту.

В Україні на очисних станціях передбачено використання коагулянтів, для пришвидшення процесу обробки надлишкового активного мулу та осадів від очисних споруд. За ТУ 6-17-33-85 дозволяється вводити 10% розчин хлориду заліза (ІІІ) марки Б до споруди змішування осадів. Тому, в даній технології від ДР3 коагулянт направляється до ПВ 11.3 для обробки осадів.

ДР 4 Підготовка розчину гашеного вапна для коригування рН

В процесі обробки осадів технологія передбачає збереження оптимального рівня рН, тому виготовляється 15% розчин гашеного вапна, який подається до ПВ 11.3.

ДР 5 Підготовка розчинів для врегулювання біогенних речовин

ДР 5.1 Підготовка розчину амонійної селітри

За технологією стічні води містять недостатньо біогенних елементів, тому на даній стадії готується водний розчин амонійної селітри. У стічні води потрібно додавати N у концентрації – 30 мг/дм³; в перерахунку на NH₄NO₃ – 85,714 мг/дм³; На стадії здійснюється технологічний контроль - концентрація у розчині. Розчин направляється до ТП 7.1.

ДР 5.2 Підготовка розчину гідроортофосфату калію

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За технологією стічні води містять недостатньо біогенних елементів, тому на даній стадії готується водний розчин гідроортофосфату калію. У стічні води потрібно додавати Р у концентрації - 6 мг/дм³, у перерахунку на K₂HPO₄ – це 23,675 мг/дм³. На даній стадії здійснюється технологічний контроль - концентрація цих сполук у воді. Розчин направляється до ТП 7.1.

ТП 6 Стадія механічної очистки СВ.

ТП 6.1 Очищення СВ на решітках.

На першому етапі очищення стічна вода містить сміття великого розміру. Для позбавлення від нього вода проходить крізь обладнання під назвою решітки (РД-12). Швидкість потоку стічної води на стадії - 0,9-1,0 м/с. Зібране сміття скидається у вихідний лоток, звідки вивантажується і направляється на ТПВ. Під час очищення на решітках здійснюється технологічний контроль, це збереження пропускної здатності ґраток для попередження зупинки роботи очисної станції.

ТП 6.2 Очищення на пісковловлювачах.

Для підготовки води до очищення на відстійниках потрібно встановлювати пісколовки. Пісок та інші можливі мінеральні включення з стічної води можуть пошкодити процес очищення у відстійниках, знизити ефективність роботи насосних станцій тощо. Швидкість потоку стоків знаходиться в межах 0,12-0,25 м/с. Скребковий механізм згрібає пісок з днища пісколовки, осад збирається в бункері, що встановлюється ближче до входу стічної води в споруду. Піщана пульпа відводиться до спеціальних піскових майданчиків, до ЗВ-13.

ТП 6.3 Очищення в первинних відстійниках.

Стічні води картонно-паперової фабрики мають значну частку завислих речовин, які не здатні видалити попередні стадії. Відстійники здатні видалити завислі речовини з високою ефективністю і підготувати воду до біологічної

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

очистки. Ефективність видалення завислих речовин становить 53 %. Встановлені радіальні відстійники діаметром 24 м, діаметр розподільного пристрою 1.6 м, гідравлічна глибина 3.4 м. На даній стадії здійснюється технічний контроль, додається готовий розчин коагулянту 25% $Al_2(SO_4)_3$.

ТП 7 Стадія біологічної очистки.

ТП 7.1 Очистка стічних вод в аеротенку.

Головна споруда біологічної стадії очистки – аеротенк, до нього підводиться активний мул, очищене повітря з ДР-1, стічна вода з ТП-6.3, розчини з біогенними елементами для збереження співвідношення БСК:N:P = 100:(1-2):(0,15-0,3) з ДР-5. Реалізована автоматизація даної стадії, адже вона найбільш важлива та складна у процесі очищення стічної води. На цій стадії встановлено витратоміри, контролюється концентрація розчиненого кисню, а отже й інтенсивність аерації, рН стічної води, концентрація активного мулу, мутність стічної води та температура двічі на добу. Аеротенк оснащений носіями іммобілізованого мулу «ВІЯ», які кріпляться до однієї з стінок останнього коридору в секції. Загальна кількість носіїв – 16 шт., $l=2500$, $b=2700$, $h=2700$, матеріал волокон – капрон.

ТП 8 Відстоювання у вторинних відстійниках.

Після біологічного очищення з ТП 7.1 вода разом з надлишковим активним мулом направляється до вторинних відстійників. Тривалість стадії відстоювання - 2 години. Рециркуляційний активний мул повертається на вхід до аеротенку ТП 7.1. Надлишковий активний мул, що накопичується на дні вторинного відстійника вилучається мулошкребом і насосом направляється на стадію ПВ 11.1 до мулоущільнювача.

ТП 9 Доочищення в біологічних ставках.

Показники БСК₅ та ХСК стічної не відповідають нормам скиду в річку після обробки в аеротенку, тому вода направляється на доочистку, для цього

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовуються біологічні ставки. Це споруди прямокутної форми найчастіше 1-1,5 м глибиною. Тривалість стадії доочистки становить 5 діб.

ТП 10 Знезараження очищеної стічної води.

ТП 10.1 Змішування стічної води та хлорної води

На стадії відбувається змішування очищеної стічної води з хлорною водою від ДР-2 у змішувачі, а потім знезараження її в контактному резервуарі (КР-20). Оптимальний час контакту складових для видалення мікробіологічного забруднення становить 30 хв. На стадії проводиться відповідно до граничнодопустимих норм скиду стічних вод у річку Хомора: концентрація активного хлору, $C = 1,5 \text{ мг/м}^3$, $\text{pH} = 6,5-8,5$ та ін. показники забруднень. очищена та обеззаражена вода після хлорування скидається у рибогосподарську водойму.

ПВ 11 Обробка відходів.

ПВ 11.1 Ущільнення осаду

Осад від споруд має високий відсоток вологості $W = 98\%$, тому для його подальшого знешкодження потрібно ущільнити його. Для цього в схемі передбачений мулоущільнювач, в ньому осад збирається на дні споруди. За допомогою насоса осад видаляється з мулоущільнювача і передається на коагуляцію та знезараження. Тривалість ущільнення коливається в залежності від вологості осаду становить 6 годин. Мулова вода рециркулює до ТП 6.1.

ПВ 11.2 Дегельмінтизація ущільненого осаду.

Дегельмінтизація осаду після мулоущільнювача проводиться шляхом підвищення температури до 75°C , яка є смертельною для яєць гельмінтів, для цього в камеру дегельмінтизації подається водяна пара протягом 15 хвилин. Окрім гельмінтів знешкоджується велика частка мікроорганізмів та вірусів, залишкова частина пригнічується у розвитку.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПВ 11.3 Коагуляція ущільненого осаду.

Перед остаточним ущільненням осаду, він максимально звільнюється від вологи шляхом коагуляції. Широковживаним коагулянтом на очисних станціях є хлорид заліза(III). 10% розчин реагенту від ДР-3, спочатку взаємодіє з гашеним вапном з ДР-4, це зумовлює вирівнювання значення рН, при цих умовах ефективність коагуляції значно зростає, утворюються пластівці гідроксиду заліза (III), саме вони з'єднуються з частинками осаду та під дією гравітаційної сили осідають на дно споруди.

ПВ 11.4 Зневоднення осаду на фільтр-пресах.

Осад від ПВ 11.3 направляється насосом на фільтр-прес. В споруді контролюється тиск, має бути близько 0,28-0,3 мПа, для ефективної фільтрації. Осад проходить через фільтр, затримується на ньому. В кінці роботи фільтра спускається тиск, осад легко струшується з фільтрувального матеріалу до пересувного контейнера. Перевіряється вологість отриманого осаду, що має становити 70-85%. Вода, що пройшла крізь фільтр відводиться в голову очисних споруд .

ЗВ 12 Підсушування осаду на аварійних мулових майданчиках.

У випадку аварії на станції механічного зневоднення для підсушування осаду зі стадії ПВ 10 передбачені мулові майданчики на 20% від річної кількості осаду, що надходить на станцію. Осад на вивезення.

ЗВ 13 Підсушування на піскових майданчиках.

На даній стадії використовуються піскові майданчики, до них поступає піщана пульпа від ТП 6.2, яка після зневоднення на майданчиках підлягає вивезенню на ТПВ.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 Контроль на станції очищення стічних вод

Об'єкт та стадія контролю		Предмет контролю	Частота вимірів	Нормовані значення параметрів	Відхилення, δ	Методика аналізу
Підготовка	Повітря	Тиск, МПа	1 раз на годину	0,150	$\pm 0,1$ МПа	Вимір манометром
	Хлорної води	$c(\text{Cl}_2)$, г/дм ³	1 раз на добу	2,5-3	$\pm 0,3$ г/дм ³	Вимір концентратоміром
	Підлужуючого агента	$c(\text{Ca}(\text{OH})_2)$, г/дм ³	1 раз на добу	1	$\pm 0,5$ г/дм ³	Вимір концентратоміром
	Р-ну амонійної селітри	$c(\text{NH}_4\text{NO}_3)$, г/дм ³	1 раз на добу	3	$\pm 0,3$ г/дм ³	Вимір концентратоміром
Очищення від грубих часток	На решітках	Пропускна здатність, %	1 раз на добу	65	± 5 %	Візуально
	У пісковловлювачах	Прозорість, одиниці NTU-Nephelometric Turbidity Unit	1 раз на добу	<400 NTU	-	Вимір нефелометром
Очищення в первинному відстійнику		Завислі речовини, мг/дм ³	2 рази на добу	≤ 150 мг/дм ³	± 5 %	Вимір гравіметричним методом
		БСК ₅	1 раз на добу	≤ 500 мг/дм ³		МВВ 081/12-0014-01
Очищення в аеротенку		Жири	1 раз на добу	<60 мг/дм ³	± 10 %	Вимір за допомогою фотоколориметра

Очищення в аеротенку		БСК _{повн}	1 раз на добу	< 550 мг/дм ³	±5 %	Вимір титруванням після відстоювання 20 днів
		ХСК	1 раз на добу	< 1000 мг/дм ³	±15 %	Вимір титруванням
		Завислі речовини	1 раз на добу	<100 мг/дм ³	±5 %	Вимір гравіметричним методом
		Температура, °С	Раз у 2 години	18-25	<30	Термометр опору
		Концентрація активного мулу, г/дм ³	Кожні 6 годин	3,5-4	-	Вимір за КНД 211.1.4.039- 95
		pH	Кожні 4 години	6,5-8	±0,4	Водневий Іономір
Очищення у вторинному відстійнику	Осад	Вологість, w%	1 раз на добу	95	±1	Вимір за допомогою відстоювання
	Надлишковий активний ил	Вологість, w%	2 рази на добу	98-99	±0,5	Вимір за допомогою відстоювання
	Стічна вода	Завислі речовини	1 раз на добу	20-40 мг/дм ³	±5	Вимір гравіметричним методом
		БСК ₅	1 раз на добу	15-20 мг/дм ³	±2	МВВ 081/12-0014-01

Доочищення в біологічних ставках	Завислі речовини	1 раз на добу	15-20 мг/дм ³	±3	Вимір гравіметричним методом
	БСК ₅	1 раз на добу	10 мг/дм ³	±5	МВВ 081/12-0014-01
	ХСК, мг/дм ³	1 раз на добу	< 50	±5 %	Вимір титруванням
Етап знезараження	Колі-індекс, КОЗХ	2 рази на добу	0,001	-	Концентратомір КОХ - 1
Етапи обробки осаду	Вологість, w%	1 раз на добу	95% ущільнення 65-75% стрічковий-фільтр	±1	Вимір за допомогою відстоювання

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

6.1. Резюме: конкретизація бізнес-ідеї, мети стартапу, об'єкту дослідження, місця розробки у інноваційному ланцюжку цінності

Назва роботи: Вдосконалення технології біологічного очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики Хмельницької області.

Об'єктом стартапу є технологія по очистці стічних вод, з використанням аеротенку з носіями іммобілізованої біомаси [43].

Суб'єктом виступає виробниче підприємство Понінківська картонно-паперова фабрика з потребою у проектуванні споруд для біологічного очищення, за приватним замовленням.

Актуальність роботи Актуальною проблемою України є забруднення природних водойм недостатньо очищеними стічними водами целюлозно-паперових підприємств. За прогнозами виробництво і попит на папір й супутні товари зростуть у всьому світі через перехід до свідомого споживання та переробного пакування продуктів більш ніж на 5%. Це веде до збільшення споживання енергії, води та викидів CO₂. Для вирішення цієї проблеми необхідне створення оновленого підходу водовідведення, розроблення нового проектного рішення, удосконалення наявних екологічно безпечних технологічних процесів очищення та утилізації промислових стічних вод. Технологія очищення стічної води картонно-паперового підприємства, що описується в розробленому проекті, забезпечує зниження найважливіших показників забруднення до значень, які є прийнятними до скиду в водойми і попереджує забруднення навколишнього середовища.

Метою проекту є вибір і обґрунтування сучасної ефективної технології очищення стічних вод Понінківської картонно-паперової фабрики до норм скиду у річку Хомора.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Котул В.В.			РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	Стадія	Арк.
Конс.							63
Керів.		Садлії Л.А.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							
						Акрушів	108

Продукт: очищена стічна вода.

Технологія: В дипломному проекті описано систему очищення стічних вод об'ємом 7 000 м³/добу. Фактична витрата для даної води 2 203 365 м³/рік. За показниками забруднень запропоновано багатоступеневу технологію очищення стічних вод, із використанням механічного очищення, біологічного очищення в аеротенку із закріпленими носіями активного мулу, доочищення в біоставках та обробку осадів. Технологія передбачає використання 2 робочих та 1 резервної повітродувки та встановлення дрібнобульбашкових аераторів для забезпечення достатньої аерації вільноплаваючого та іммобілізованого активного мулу.

Достатність сировинної бази: основна сировина – промислова стічна вода, що утворюється у виробничих цехах картонно-паперової фабрики.

Гранична корисність продукту: екологічний ефект на стан водойм у вигляді очищених стічних вод.

Класифікація персоналу: на станції працюють кваліфіковані апаратники 3 рівня, технологи 4-6 рівня, старші по зміні 4-5 рівня, та начальники лінії очистки зі стажем роботи від 3 років, з рівнем вище 5.[44]

Ринок збуту: юридичні особи, фабрики по обробці макулатури та виготовлення паперу, в тому числі Понінківська картонно-паперова фабрика

Конкурентні переваги: інноваційна ідея без аналогів на ринку збуту, можливість корегування певних параметрів очищення стічних вод.

Таблиця 6.1 Резюме стартап-проекту

Показник	Характеристика
1. Сутність ідеї	Вдосконалення технології очищення стічної води картонно-паперового підприємства
2.Наявність аналогів або прототипів ідеї	Існує подібна технологія в ПрАТ «Славутський солодовий завод»
3.Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Ефективне очищення стічних вод для збереження біоценозу рибогосподарської водойми, без шкоди для здоров'я людей

Продовження таблиці 6.1

4.Ступінь розробленості технології реалізації	Технологія запроектована, теоретично обґрунтована, знаходиться на стадії впровадження на експериментальних установках для підтвердження ефективності в реальних умовах
5.Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	Клас 40 Оброблення матеріалів; перероблення відходів і сміття; очищення повітря та оброблення води; друкарські послуги; консервування харчових продуктів та напоїв Код оброблення води - 400025
6.КВЕД, до якого може належати дане виробництво	Секція Е: Водопостачання; каналізація, поводження з відходами Клас 37.00: Каналізація, відведення й очищення стічних вод
7.Очікувана потужність стартапу	Середнє підприємство
8.За масштабом виробництва	Одиничне виробництво
9.За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільне
10.За ресурсами, що споживатимуться	Матеріаломістке, капіталомістке
11.За чисельністю персоналу	Мале
12. Органи управління при реалізації стартапу	Національні
13. Бажане географічне розташування потужностей стартапу, - офісу стартапу; -потужностей стартапу: - постачальників комплектуючих.	Україна: - офіс у Києві - потужності смт.Понінка - постачальники у Києві
14. Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Розробка
15.Гранична корисність ідеї стартапу	В результаті запуску технології додатково можна отримати мінеральні добрива, біосорбційний матеріал - спресований активний мул
16.Бізнес-модель стартапу	B2B
17. Конкуренти вітчизняні	Немає
18.Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Brentwood's AccuFAS System, США, Чехія, має схожу технологію із закріпленими носіями та аерацією під ними, на стадії розробки. Flootech Oy, Фінляндія – має розроблений ряд технологій націлений на обробку різних за потужністю целюлозо-паперових підприємств.

19.Ключові фактори успіху стартапу	Високі показники ефективності очищення стічних вод без надмірної кількості очисних споруд, надійність навіть при коливаннях концентрації забруднень
20.Споживачі (основні на етапі впровадження, групи, орієнтовна чисельність)	Юридичні особи (підприємства целюлозно-паперової промисловості)
21. Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	4-5 випусків технології на рік
22.Споживачі на етапі розвитку	Юридичні особи (підприємства целюлозно-паперової промисловості)
23.Споживачі на етапі зрілості	Юридичні особи (підприємства певної промисловості залежно від розроблених на той момент технологій)
24.Конкурентна ціна на продукт стартапу	Собівартість обробки 1 л води становить 5 грн/м ³
25.Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	
26.Капіталовкладення в проект	
27.Період повернення капіталовкладень у проект	
28.Джерела фінансування	Національні та внутрішні
29. Основні компоненти продукції стартапу	Очисні споруди: аеротенк, носії іммобілізованої біомаси, насоси, комплектуючі споруд Стічна вода підприємства
30. Потенційні постачальники складових компонентів розробки	WAM Ukraine LLC Науково-інженерний центр «Потенціал-4» ТОВ Е.Т.Е (Ecology Tech Energy)
32. Планове місце реалізації результату розробки	Смт. Понінка
33. Наявність посередників при реалізації	Відсутні
34. Методи просування результатів розробки на ринок	Оформлення сайту з розробками, розсилка рекламної продукції для підприємств та комунальних закладів, особистий продаж

6.2 Аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства

Внутрішнє середовище підприємства може бути визначено, як внутрішні змінні величини всередині підприємства, які мають значний вплив на процес очищення стічних вод, виробництва продукції, послуг тощо. Тому вони в цілому впливають на функціонування підприємства [43].

Таблиця 6.2 Внутрішні фактори підприємства

Фактори	Переваги	Недоліки
Сировина	Сировинна база доступна в Україні, широкий вибір матеріалів у Київській області	Необхідність певного часу на реалізацію проекту, через виготовлення матеріалів лише на замовлення, довгий процес встановлення споруд
Кадрова структура підприємства	Простота в управлінні підприємством, відсутність потреби в великому штаті робітників	Мала кількість працівників, що відповідають рівню Національної рамки кваліфікацій
Технологія	Автоматизація процесу виробництва, можливість адаптації процесів очищення під стічні води підприємства, екологічність методу, низькі витрати на реагентне господарство	Часткова сезонна залежність через стадію доочистки, можлива поява конкурентів
Економічна частина	Залучення іноземних інвестицій, доступність на ринку України, зменшені капіталовкладення порівняно з конкурентами	Хоч капіталовкладення зменшені, але все одно існує необхідність в наявності значного капіталу для конструювання нових очисних споруд

Зовнішнє середовище – представляє собою сукупність господарських суб'єктів, суспільних і природних умов, економічних суб'єктів, національних та міжнародних структур та інших зовнішніх відносно підприємства умов та чинників.

Таблиця 6.3 Зовнішні фактори підприємства [44]

Можливості	Загрози
Політика	
<ul style="list-style-type: none"> - Збільшення вимог з боку законодавчої влади в бік підтримки екологічної ситуації; - Існуюча система покарань у вигляді штрафів чи санкцій за порушення; - Активна співпраця підприємств з науково-дослідними інститутами; - Впровадження нових реформ у даній сфері. 	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутність повноцінної державної підтримки науково-дослідних розробок; - Перевищення гранично допустимого скиду у природних водоймах при скиді стічних вод; - Політичні загострення в Україні та в світі.
Економіка	
<ul style="list-style-type: none"> - Можливість інвестицій у майбутнє від впровадження технології; - Повторне використання води фабрикою, зменшує показники водокористування; - Продаж спресованого мулу(сорбент, добрива); - Інноваційні технології приваблюють інвесторів; - Необмеженість у фінансових взаємодіях з іноземними інвесторами; 	<ul style="list-style-type: none"> - Розміри штрафних санкцій не дозволяють відчувати рівень відповідальності; - Стрибки та нестабільність валюти та інфляція гривні; - Загальне зниження доходів у населення. - Високі ціни на матеріали - Можливе зростання цін на матеріали, обладнання
Географія	
<ul style="list-style-type: none"> - Площа відведена під очисні споруди достатньо велика, є можливість збільшувати потужність очисних споруд; - Близьке розташування річки - Кількість природних водоймищ в районі. 	<ul style="list-style-type: none"> - Низька середня мінімальна температура в зимовий період; - Погіршення стану та якості природних водойм. - Водойми можуть бути рибогосподарськими, тому мати зависокі показники скиду
НТП	
<ul style="list-style-type: none"> - Можливість впровадження нових технологій; - Наявність на ринку сучасного обладнання; - Наявність кваліфікованого персоналу науково-дослідних інститутів; - Обмін досвідом та знаннями з іншими країнами; 	<ul style="list-style-type: none"> - Використання застарілого обладнання на очисних станціях; - Відсутність експериментальних установок; - Науково-технічний прогрес в Україні сильно відстає порівняно з іншими країнами; - Відсутність компетентних кадрів на очисних станціях; - Неякісне обладнання;
Екологія	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Збереження чистоти водних об'єктів України 2. Покращення стану та врожайності рибного господарства; 3. Безпека водойм для здоров'я населення 4. Забезпечення можливості використання водойм для дозвілля 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Байдужість до наявної проблеми; 2. Необізнаність людей 3. Відсутність заохочень, популяризації екологічного руху в усіх сферах

6.3. Визначення ключових факторів успіху проекту

На підставі аналізу факторів зовнішнього і зовнішнього оперативного середовищ визначаємо ключові фактори успіху технології. Ключові фактори успіху – ті, на які підприємство може самостійно впливати під час виробництва і реалізації продукту. Ключові фактори успіху подані у вигляді діаграми Шонфільда.

Таблиця 6.4 Оцінка характеристик за методом Шонфільда

Фактор	Коефіцієнт вагомості	Оцінка характеристик		
		Наша продукція	Конкурент А	Конкурент Б
Інноваційність ідеї	0,1	9	9	10
Навантаженість спорудами	0,3	10	7	8
Адаптивність	0,2	8	6	7
Ефективність очисних споруд	0,4	9	10	7
Сума:	1			

Таблиця 6.5 Бальна оцінка характеристик для нашої продукції і для конкурентів

Характеристика	Бальна оцінка характеристик		
	Наша продукція	Конкурент А	Конкурент Б
Інноваційність ідеї	$0,1 \cdot 9 = 0,9$	$0,1 \cdot 9 = 0,9$	$0,1 \cdot 10 = 1$
Відсутність навантаженості спорудами	$0,3 \cdot 10 = 3$	$0,3 \cdot 7 = 2,1$	$0,3 \cdot 8 = 2,4$
Адаптивність	$0,2 \cdot 8 = 1,6$	$0,2 \cdot 7 = 1,4$	$0,2 \cdot 7 = 1,4$
Ефективність очисних споруд	$0,4 \cdot 9 = 3,6$	$0,4 \cdot 10 = 4$	$0,4 \cdot 7 = 2,8$

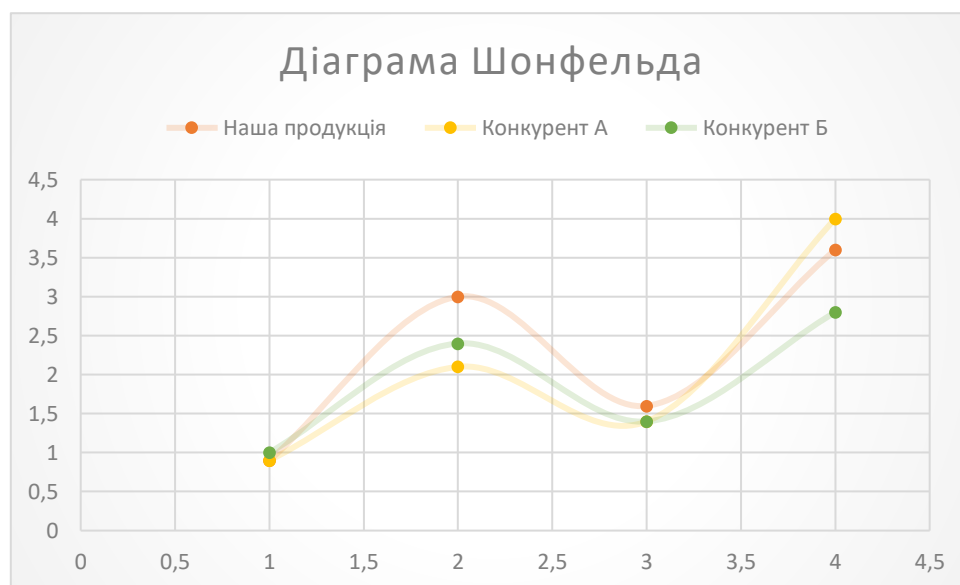


Рисунок 9. Графік порівняння конкурентних переваг

Провівши порівняння з технологіями конкурентів, можна стверджувати, що вдосконалена технологія очищення стічних вод картонно-паперової фабрики є менш навантаженою за спорудами, отже і капіталовкладеннями та найбільш адаптивною до змін характеристик стічної води. При цьому запроєктована технологія є конкурентною за ефективністю. На основі аналізу за методом Шонфільда, у Таблиці 6.6 визначено перспективні варіанти розвитку поданої інноваційної ідеї.

Таблиця 6.6 Варіанти розвитку ідеї стартапу

Варіант	Опис перспективного розвитку
1. Реалізація	Підготовка комерційної пропозиції, пошук і залучення інвестицій, закупівля технологічного обладнання, аналіз сировини, запуск процесу встановлення системи очистки, отримання готового товару - очищеної води
2. Охоплення інших галузей для впровадження розроблених технологій	Застосування даної технології на підприємствах іншої галузі, стічні води яких є наближеними за показниками до целюлозо-паперових. В подальшому розробка нових технологій для охоплення інших галузей.

3. Застосування все більш сучасних підходів та обладнання	Поступова заміна обладнання, в якому переважає потужність та ефективність. Внаслідок цього знизиться ризик від використання застарілого обладнання, збільшиться кількість продукції за один виробничий цикл.
4. Збільшення рівня автоматизації процесів	Зменшення людського фактору під час відбору проб, установка автоматизованих пристроїв для відбору проб. Можливість постійно проводити контроль очищеної стічної води, працювати над підвищенням ефективності.

6.4. Визначення потенційних споживачів

На етапі визначення потенційних споживачів стартапу формуємо паспорт споживача для стартап-продукту, таблиця 6.7. Для цього було зроблено аналіз з врахуванням специфіки продукту, інноваційності та гнучкості технологій, що є ідеєю стартап-проекту.

Таблиця 6.7 Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
Юридична особа	
1.Форма власності	Державне, приватне, колективне
2.КВЕД	Секція С: Переробна промисловість Розділ 17: Виробництво паперу та паперових виробів 17.1 Виробництво паперової маси, паперу та картону 17.2 Виготовлення виробів з паперу та картону
3.За потужністю	Малі, середні, великі
4.За масштабом виробництва	Серійні, масові
5.За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільні,
6.За ресурсами, що споживаються	Матеріаломісткі
7.За чисельністю персоналу (малі, середні, великі)	Середні
8.За сферою діяльності	Виробничі

9.За приналежністю капіталу і контролю	Національні
10.За географічним розташуванням	Україна, Хмельницька область
11.За віддаленістю органів управління	Національні
12.За характером господарської діяльності	Промислові, комунальні
13.За рівнем технологічної цілісності	Провідні
15.За формуванням статутного капіталу	Унітарні, корпоративні
16.За організацією виробничих процесів (періодичні, безперервні)	Періодичні, безперервні
17.За роботою протягом року (сезонні, позасезонні)	Позасезонні
18.За географічним розташуванням на території України	Вся територія України

6.5 Розрахунок собівартості продукту і вартості проекту

Складемо калькуляцію на готову продукцію підприємства. Річна собівартість одиниці продукції розраховується за наступною формулою:

$$C = 063 + A, \quad (6.1)$$

де А – амортизація, 063 – оборотні засоби(сировина, електроенергія, заробітна плата). Постійні витрати наведені у вигляді таблиці 5.6

Таблиця 6.8 Характеристика постійних витрат старту

№	Найменування основних фондів	Кількість одиниць	Вартість одиниці, тис. грн/од	Загальна вартість, тис. грн	термін експлуатації, років	річна сума амортизаційних внесків, тис.грн/рік
2	Будівлі	4	20000	80 000	50	1 600
4	Запірна арматура	-	-	65 000	5	13 000
5	Трубопровід	-	-	200 000	10	20 000
6	Решітка-дробарка	3	4 000	12 000	10	1 200
7	Відстійник	4	25 000	100 000	40	2 000
9	Аеротенк	1	150 000	150 000	30	6 000
12	Збірник з перемішуючим пристроєм	1	8 000	8 000	10	2 000
13	Насоси	15	10 000	150 000	10	15 000

Продовження таблиці 6.8

14	Обладнання лабораторії	-	-	60 000	15	3 600
15	Фільтр-прес	2	30 000	60 000	10	6 000
17	Повітрозбірник	2	3 500	7 000	5	1 400
18	Фільтр грубої очистки	2	5 000	10 000	5	2 000
19	Повітродувка	3	6 000	18 000	5	3 600
20	Мулоущільнювач	1	10 000	10 000	5	2 000
22	Система аерації	-	-	125 000	5	25 000
23	Волокнисті носії біомаси	15	1 500	22 500	5	4 500
21	Сума			1 077 500		108 900

Сумарна вартість основних фондів: ОФ = 1 077 500 000 грн/рік.
Величина амортизаційних відрахувань: А = 108 900 грн/рік.

Розрахунок вартості електроенергії проводять шляхом множення розрахункової кількості електричної енергії на її собівартість. Вартість електроенергії визначають на підставі відповідних постанов Кабінету міністрів України. Ціна електроенергії – 2,52 грн/кВт·год (оскільки тариф становить 168коп/кВт·год, а коефіцієнт використання електроенергії вдень (з 7.00 до 23.00)).

Табл.6.9 Розрахунок вартості електроенергії на технологічні потреби

Найменування	Потужність, кВт·год	Кількість, шт	Коефіцієнт попиту	Коефіцієнт збільшення потужності	Загальна потужність обладнання, кВт	Ефективний час роботи, год/рік	Витрати електроенергії на одиницю обладнання	Загальні витрати - електроенергії	Вартість електроенергії
Система аерації аеротенка	3	1	0,8	1,3	3,2	8700	27840	27840	70 157
Мулошкріби відстійників	1,70	4	0,8	1,4	2,38	3900	9282	37 128	93 562
Насос	2	15	0,8	1,2	2,4	6800	16 320	244 800	616 896
Фільтр-прес	1,5	1	0,8	1,1	1,65	4450	7 342	7 342	18 501
Невраховане електрообладнання								50 000	126 000
Сума								367 110	925 117

Потреба в електроенергії, що витрачається на освітлення, визначається за формулою:

$$E = \frac{T \cdot S \cdot K \cdot 1,02 \cdot 1,05}{1000}, \text{ кВт} \quad (6.2)$$

де Т – час роботи штучного освітлення, год.; S – площа, яка освітлюється, м²; а - потужність на 1 м² поверхні, Вт (8...15Вт); К – коефіцієнт одночасного горіння (0,8...0,85); 1,02 – коефіцієнт, який враховує чергове освітлення. Споживачем електроенергії для освітлення є будівлі для персоналу очисної станції, насосна станція, реагентна будівля:

$$E = \frac{4380 \cdot 500 \cdot 15 \cdot 1,02 \cdot 1,05}{1000} = 35\,182 \text{ кВт}$$

Табл. 6.10 Розрахунок вартості енерговитрат, водопостачання та водовідведення

Найменування	Кількість, од/рік	Ціна, грн./од	Сума, грн./рік
Електроенергія, що витрачається на освітлення	35 182 кВт	2,52 грн/кВт	88 658
Теплова енергія	1400 Гкал	1503 грн/Гкал	2 104 200
Водопостачання	20 000 м³	7,51 грн/м³	150 000
Сума:			2 342 858

Таблиця 6.11 Річний фонд оплати праці працівників підприємства

Посада	Кількість штатних одиниць, осіб	Заробітна плата, грн/міс	Всього, грн/міс
Головний технолог	1	30000	30 000
Технолог	1	17000	17 000
Головний механік	1	18000	18 000
Інженер	2	15000	30 000
Лаборант	2	9000	18 000
Прибиральник	2	5000	10 000
Охоронець	2	9000	18 000
Сума			141 000

Підприємство працює безперервно, у 4 зміни. З урахуванням ремонтних робіт, підприємство працює приблизно 350 днів на рік. У такому випадку час роботи одного працівника складає 243 днів.

Розрахуємо фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = 12 \cdot \text{ЗП} = 12 \cdot 141\,000 \cdot 1,22 = 2\,064\,240 \text{ грн/рік}$$

де 1,22 – це нарахування на заробітну плату в розмірі 22 %, 12 – кількість місяців у році.

Таблиця 6.12 Калькуляція собівартості очищеної води

№	Стаття калькуляції	Витрата на річну програму, грн./рік	Витрата на одиницю готової продукції, грн./м ³
1	Основна сировина	0	0
2	Допоміжні матеріали	200 000	0,09
3	Енерговитрати, водопостачання та водовідведення	2 342 858	1,06
4	Заробітна плата персоналу очисної станції	1 692 000	0,77
5	Нарахування на заробітну плату	372 240	0,94
6	Електроенергія на технологічні потреби	925 117	0,42
7	Амортизаційні витрати	108 900	0,05
8	Інші витрати очисної станції	100 000	0,05
9	Вартість виробничих основних фондів	1 077 500	0,49
10	Повна собівартість	5 541 115	2,51

Отже, собівартість 1 л води, що отримана в результаті використання обраної технології включає оборотні засоби і амортизацію №1-8 з таблиці калькуляції і становить 2,51 грн/м³.

6.6 Ціна інноваційної пропозиції на ринку

Ціна інноваційної пропозиції на ринку представлена у таблиці 6.13.

Таблиця 6.13 Проектні зміни продажу ідеї

Найменування товару	Планові обсяги продажу	
Вдосконалена технологія біологічного очищення	Кількість од/добу	Ціна, грн/лСВ
	7 000,00	3,65

1. Розрахунок ціни продукції витратним методом

Розрахунок включає 5% від собівартості – майже мінімальний рівень рентабельності.

Очікувана собівартість стартап-продукту встановимо на рівні 4 грн./од

$$\text{Ц} = \text{С} + \text{фіксований відсоток прибутку (від собівартості) грн/од} \quad (6.3)$$

Ц – прогнозована ціна, товару С – розрахована автором ідеї очікувана собівартість товару, грн/од.

$$\text{Ц} = 2,51 + 5\% \cdot 2,51 = 2,63 \text{ грн/од} \quad (6.4)$$

За такої ціни будуть покриті всі витрати на виробництво, однак прибуток буде доволі низьким, що не може задовольнити нас в повній мірі.

2. Метод ціноутворення на основі поточних цін або конкурентний метод.

Даний метод розрахунку базується на аналізі цін на продукт конкурентів.

Конкурент 1 – ціна 5,50 грн, конкурент 2 – ціна 6,00 грн, конкурент 3 – 5,0 грн.

Тоді:

$$\text{Ц} = \frac{\text{Ц}_{\text{к1}} + \text{Ц}_{\text{к2}} + \text{Ц}_{\text{к3}}}{3} = \frac{5,5 + 6,00 + 4,0}{3} = 5,2 \text{ грн/од} \quad (6.5)$$

Дану ціну можна вважати найкращою, так як вона покриває затрати на виробництво та проносить високий прибуток підприємство. Визначимо верхню межу собівартості розробки з урахуванням законодавства України, щодо ціноутворення. Відпускна ціна продукту без врахування торгової надбавки (не більше 12%) становить:

$$\text{Ц}_{\text{відп.}} = 5,2 - (5,2 \cdot 0,12) = 4,58 \text{ грн} \quad (6.6)$$

Ціна виробника без врахування ПДВ (20%):

$$\text{Ц}_{\text{вир}} = 4,58 - (4,58 \cdot 0,2) = 3,66 \text{ грн} \quad (6.7)$$

Ціна виробника включає прибуток підприємства на собівартість виробництва. Мінімальний прибуток підприємства встановлюємо на рівні 10%, тоді собівартість продукції буде становити становити:

$$\text{С}_{\text{од}} = 4,26 - (4,26 \cdot 0,1) = 3,3 \text{ грн} \quad (6.8)$$

Було прийнято становити ціну – 3,65 грн, вона покриває ПДВ, надбавки та мінімальний прибуток і є конкурентною на ринку.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Таблиця 6.14 Техніко-економічні показники стартап-проекту

№	Показники	Одиниці виміру	Умовне позначення, формула розрахунку	Значення	
				Розробка	Реалізація
1	Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	Од	В	2 203 365	
2	Ціна на продукцію	Грн/м ³	Ц	3,65	
3	Середньорічна чисельність персоналу за списком	Осіб	$Ч_{сп} = Ч_{яв} \times К_{пер}$	5	11
4	Середньорічний виробіток робітника	Од./ос.	$ППс.р. = В / Ч_{сп}$	440 673	200 306
5	Капіталовкладення у проект	Грн.	$К = ОФ + ОБК$	6 618 615	
6	Повна собівартість - Всього - За один. прод.	Грн. Грн/од	$С = А + ОБК$	5 541 115 2,51	
7	Відносний прибуток - На один. прод.	Грн/од	$П = Ц - С$	0,57	1,14
8	Рентабельність - На один. прод.	%	$P = (П / С) \times 100$	22	45
9	Фондовіддача виробничих фондів	Грн./грн.	$ФВ = (Ц \times В) / ОФ$	7,46	
10	Фондоємність	Грн./грн.	$ФГ = 1 / ФВ$	0,13	

6.7 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес процесів

Ключові партнери Мережа дистриб'юторів Виробники промислового обладнання Науково-дослідні інститути Комунальні господарства	Ключові види діяльності Вдосконалення або повна розробка технології очищення стічних вод	Цінності що пропонуються Зниження темпів забруднення середовища Підвищення іміджу клієнта Дефіцит пропозиції на ринку	Відносини з споживачами Інтернет спільноти/ соц-мережі Постійні лояльності	Сегменти споживачів Мережі/групи/конференції захисту навколишнього середовища Преміум сегмент, громадяни Промислові підприємства, що потребують оновлення систем очищення стічних вод: целюлозної, харчової, сільськогосподарської промисловості тощо.
	Ключові ресурси Персонал(технолог, інженер, лаборант тощо) Матеріальні ресурси(очисні споруди, виробничі будівлі, лабораторія)		Канали продажу Власний сайт Сторінка в Facebook Instagram	
Структура витрат Постійні витрати(грошові витрати на експлуатацію будівель, споруд і обладнання, виплата відсотків за кредитом, заробітна плата апарату управління) Змінні витрати (витрати на сировину, матеріали, паливо і енергію, транспортні послуги, більшу частину трудових ресурсів)			Структура доходів стартапу Дохід від реалізації ідеї/замовлення майбутніх клієнтів Субсидії держави для екологічної ланки бізнесу Продаж франшизи бренду	

Рис.6.1 Схема бізнес-моделі стартапу

Таблиця 6.15 Карта бізнес-процесів

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу(дні)	Верхня межа фінансових витрат(грн)
Розробка ідеї стартапу	Вибір цілі	Інформаційні	1	100
	Оцінка новизни та актуальності	Інформаційні	2	100

Продовження таблиці 6.15

	Розрахунок стартового капіталу	Трудові, інформаційні	2	500
	Оцінка факторів ризиків, можливостей та загроз	Трудові, інформаційні	2	500
	Оцінка конкурентів	Трудові, інформаційні	7	200
Реалізація ідеї	Залучення інвестицій	Трудові, інформаційні	31	0
	Передвиробничий маркетинг	Трудові, інформаційні	7	5000
	Пошук обладнання, робочої сили	Трудові, інформаційні	14	100
	Створення технології, моделювання процесів	Трудові, інформаційні, нематеріальні	21	5 000
	Тестування та навчання робітників	Трудові, інформаційні, нематеріальні	7	3 000
Впровадженн я у виробництво	Ремонт приміщення	Трудові, матеріальні, фінансові	90	30 000
	Закупівля обладнання	Трудові, матеріальні, фінансові	30	991 000
	Контроль кінцевої продукції	Трудові	1	7 000
	Вихід на ринок	Матеріальні, нематеріальні	2	4 000
Масова реалізація	Залучення промоутерів	Трудові, фінансові, матеріальні	3	4 000
	Інтернет реклама	Трудові, фінансові, матеріальні	7	2 800
Закриття або продаж проекту	Скорочення робочих місць	Інформаційні	2	0
	Зменшення виробництва, робочих годин	Інформаційні	7	0
	Перепродаж Обладнання, продаж приміщення	Інформаційні	14	0

Таблиця 6.16 Системний аналіз бізнес-процесів стартап-проекту

Процеси	Головний технолог	Технолог	Головний механік	Інженер	Лаборант	Послуги бізнес-аналітика	Послуги Маркетолога/SMM
Оцінка факторів ризику, можливостей та загроз						+	
Оцінка новизни та актуальності						+	
Оцінка конкурентів						+	+
Передвиробничий маркетинг							+
Пошук потенційних споживачів	+					+	
Пошук найбільш оптимальної технології виробництва	+						
Оцінка собівартості виробництва і термін окупності	+						
Аналіз можливості втілення проекту на території України	+	+					
Підбір обладнання	+	+					
Закупівля обладнання	+	+					
Закупівля сировини	+						
Тестовий запуск проекту	+						
Налагодження (калібровка) процесу			+				
Виготовлення першої партії		+		+			
Контроль виробництва					+		
Масштабування виробництва	+	+	+	+			
Залучення промоутерів, інтернет-реклами							+
Навчання персоналу	+						
Обслуговування обладнання			+	+			

Для кожного основного визначеного етапу розписано відповідальних за реалізацію бізнес-процесів стартап-проекту, а також визначено кадрові потреби стартап-проекту на кожному з цих процесів

6.8 Ризики і страхування розробки

Таблиця 6.17 Ризики інноваційної розробки

Назва процесу / стадії реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
Розробка ідеї стартапу	Оцінка новизни та актуальності	Зміна рівня актуальності у зв'язку зі змінами зовнішніх умов	Ризики помилкового визначення рівня актуальності
	Розрахунок стартового капіталу	Зміна вартості стартових активів у зв'язку із кризою	Помилкова оцінка у розрахунку необхідного стартового капіталу
	Оцінка факторів ризику	Поява нових ризиків	Низький рівень досвіду
	Оцінка можливостей та загроз	Поява нових загроз та зникнення можливостей	Низький рівень досвіду
	Оцінка варіантів розвитку ідеї	Неефективно побудовані канали поширення інформації	Неефективна стратегія інноваційної діяльності підприємства
	Створення паспорта клієнта	Зникнення у одній з груп клієнтів потреби у продукті	Помилковий вибір кола потенціальних споживачів
	Оцінка конкурентів	Поява нових вагомих конкурентів	Неефективний аналіз конкурентів
Реалізація ідеї	Залучення інвестицій	Відсутність зацікавленості у інвесторів	Неефективні методи залучення інвесторів
	Передвиробничий маркетинг	Відсутність компетентних консультантів	Неефективний підбір відповідних маркетингових стратегій пропагування та впровадження інновацій
	Пошук обладнання	Брак якісних баз обладнання, Проблемний пошук виробників та патентний пошук	Брак необхідних коштів
	Пошук партнерів	Незацікавленість партнерів	Помилкова стратегія залучення партнерів
	Пошук робочої сили	Плинність кадрів	Низький рівень досвіду у підборі персоналу

Реалізація ідеї	Створення технології, конструкції, моделювання	Відсутність компетентних консультантів	Низький рівень досвіду у створенні технології, конструкції, моделюванні; Неефективний підбір відповідних технологій
	Тестування робітників	Відсутність робітників необхідної кваліфікації	Помилки у виборі акцентів тестування
	Навчання робітників	Відсутність робітників необхідної кваліфікації	Брак навчальної бази
Впровадження у виробництво	Купівля обладнання	Зростання вартості обладнання, неякісне обладнання	Брак необхідних коштів
	Впровадження технологічних процесів на новому обладнанні та контроль виробництва	Затрати на обслуговування та ремонт обладнання	Необхідність ремонту та налаштування устаткування
	Повномасштабне виробництво	Загальне погіршення економічної ситуації у світі	Брак необхідних коштів та площ, неефективний підбір відповідних технологій, неефективна система мотивування працівників
	Контроль кінцевої продукції	Зміна стандартів	Недотримання стандартів, брак документальної бази
	Вихід на ринок	Брак ринків збуту	Вибір неефективної стратегії просування на ринок
Масова реалізація	Залучення промоутерів	Відсутність досвіду роботи з промоутерами, відсутність компетентних к-тів	Низький рівень співпраці
	Реалізація на ринку	Можливість появи більш високоефективної технології на ринку	Погіршення якості продукту внаслідок порушення технологічних процесів, недосягнення нормативних показників при очищенні
	Запровадження акційних пропозицій	Низький рівень відгуку на акційні пропозиції	Помилковий вибір маркетингової стратегії
	Інтернет реклама	Висока вартість реклами	Помилковий вибір рекламного майданчика

Для полегшення ідентифікації ризиків було проведено їх класифікацію та охарактеризовано їх. Виокремлено наступні види ризиків, які можливі при реалізації даного проєкту: виробничі, фінансові, страхові, організаційні та техніко-виробничі. Описані в таблиці 6.18 ризики, знаходяться у червоній та жовтій зонах (від 3 до 9 балів у табл.6.9). Для обраних ризиків запропоновано методи управління ними [43].

Таблиця 6.18 Ризики та страхування розробки

Група ризиків	Назва ризику	Заходи, які мінімізують ризики	Ймовірність	Вплив на очікуваний результат	Сума
Виробничі	Замовник некоректно використовує основні та оборотні засоби	Залучення висококваліфікованих спеціалістів до роботи	3	3	9
	Некоректно використовує робочий час, технології на виробництві	Залучення персоналу та спеціалізованих кадрів, що відповідають за специфічні області виробництв	1	3	3
	-//- матеріали та сировину	прописати неустойки та штрафи за неналежне дотримання умов договору	2	2	4
Фінансові ризики	Інфляція	Можливість виведення основних потужностей бізнесу за кордон	2	2	4
	Можливість несвочасного або взагалі невиконання фінансових зобов'язань	Відмова від ненадійних робітників, здобуття додаткової інформації	1	3	3
	Нестабільна економічна ситуація в країні	Прогнозування зовнішньої економічної ситуації; Моніторинг соціально-економічного та правового середовища	3	1	3

Продовження таблиці 6.18

Страхові ризики	Збитки, які викликані поганою страховою діяльністю недосконалою страховою програмою	Страхування майна у перевірених страхових агентствах Пошук та використання надійних страхових програм. Створення резервів	1	3	3
Організаційні ризики	Проблеми постачання матеріалів	Співпрацювати з декількома постачальниками, відмова від ненадійних партнерів, постачальників; Прорахування всіх можливих проблем в договорі	2	2	4
	Проблеми з ринком збуту	Постійний моніторинг потреб у власній продукції Аналіз та моніторинг потреб споживачів	3	2	6
Техніко-виробничі ризики	Завдання шкоди навколишньому середовищу та екології	Створення резервів, покриття збитку з поточного доходу;	2	2	4
	Виникнення аварій, помилок, поломок, нещасних випадків	Проведення регулярних інструктажів щодо техніки безпеки виробничого	1	3	3
	Неефективний підбір відповідних технологій	Відмова від прийняття ризикованих проектів, рішень, покриття збитку з поточного доходу;	1	3	3

Отже, економічна частина проекту дозволила розкрити мету стартапу, охарактеризувати актуальність та проаналізувати клієнтів, що можуть бути зацікавлені у проекті. У промисловій сфері України спостерігається значний приріст попиту на очищену воду, що відповідає ГДК скиду у водойми. Будь-яке підприємство може стикнутися з проблемами на ринку збуту, штрафами, з

проблемами репутації тощо, через невідповідність його роботи до законодавчих норм. Підприємства знаходяться у пошуку гнучких, екологічних та високоефективних систем очищення стічної води, що і є перевагами запропонованої технології очищення стічних вод. Найбільш вагомий фактор успіху - гнучкість схеми та відсутність великого навантаження за спорудами та реагентами.

Фактором успіху також є відсутність конкурентів, що застосовують таку ж технологію. Головний недолік - відсутність прямого доходу від очисних станцій, розрахована собівартість очищеної води може бути врахована до основної собівартості продукції, яку виготовляє підприємство, проте чим вона менше, тим більш вигідною є технологія.

Під час реалізації стартап проекту можуть виникнути ризики, за оцінкою найбільш небезпечним є недобросовісне ставлення робітників після передачі системи очистки під обслуговування та проблеми з ринком збуту, необхідно налагодити джерела збуту, знайти безпечних посередників, активно застосовувати послуги маркетологів та бізнес аналітиків для пошуку клієнтів на етапі реалізації стартапу. Основним методом боротьби також є найм спеціалістів відповідного рівня, які зможуть підтримувати початкову ефективність очисної станції. Отже, собівартість 1 л очищеної води, що відповідає усім нормам скиду у річку становить 3,65 грн.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

РОЗІЛ 7. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Розвиток автоматизації дає можливість здійснювати контроль процесу очищення води більш ефективно та безпечно. Використання регуляторів значно знижує енергоспоживання, наприклад, при регулюванні швидкості подачі повітря, температури, напору відповідно до добових та сезонних коливань технологічних навантажень [45].

Застосовуючи певну технологію біологічного очищення важливе місце займають біохімічні процеси, які характеризуються складністю перебігу реакцій окиснення, великою інерційністю та безперервною зміною факторів, що впливають на процес.

Основною спорудою для стадії біологічної очистки стічних вод є аеротенк. Для підтримки заданого режиму біологічної очистки в аеротенках, перш за все, необхідно вимірювати показники, необхідні для спостереження над роботою устаткування, це температура та витрати повітря та рідини. Наступне, це контроль якісних показників, що характеризують перебіг процесів біохімічного очищення в аеротенку. При цьому доцільно контролювати мутність/концентрацію органічних речовин стічної води на вході та виході аеротенків, вміст розчиненого кисню всередині аеротенку і вміст розчиненого кисню у воді перед її надходженням на вторинні відстійники [46].

7.1 Контроль витрат мулу, повітря, температури

Зазвичай очисні споруди біохімічного очищення стічних вод обладнуються приладами для контролю температури стічної води в підвідних та відвідних каналах, а також температури повітря, що подається в аеротенки. За допомогою термометра опору (6-1) проводиться регулярне замірювання температури стічної води у водопроводі споруди, це дозволяє контролювати температуру вхідної рідини. Спочатку сигнал від термометра надходить до

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Котул В.В.			АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА	Стадія	Арк.
Конс.							86
Керів.		Саблій Л.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							
						Акрушів	109

нормуючого перетворювача сигналів (6-2), від нього передається на вторинний пристрій - логометр, ТСП-300(6-3). Реле часу (7-1) використовується для контролю часу стадії біохімічного окиснення збрудників стічних вод у споруді. Шлях сигналу, утвореного від реле часу проходить ще через 2 пристрої, спочатку направляється на здавач (7-2), а здавач підключений до спеціального магнітного пускача (7-3).

Крім температурних параметрів здійснюється контроль витрати повітря та активного мулу, що подається в аеротенк. З цією метою на повітропроводах встановлений витратомір перед входом в аеротенк, який дозволяє контролювати кількість повітря, що надходить у аеротенк і проводити необхідні регулювання [47]. Витрата повітря вимірюється за допомогою дифманометра Testo 511 (2-1), що перетворює вимірювану величину на електричний сигнал, до виходу якого підключається вторинний реєструючий прилад. Вторинні прилади, що реєструють загальну витрату повітря - ЕПІД-02(2-2), розміщуються на диспетчерському пункті. Місце встановлення діафрагм вибирається за межами будівлі повітродувної станції перед виходом трубопроводу. Регулює подачу повітря магнітний пускач задвижки в повітропроводі (2-3).

В споруді проводиться контроль надлишкового активного мулу, що виноситься з вторинного відстійника. Процес забезпечують встановлені автоматичні прилади - витратомір, магнітний пускач, регулятор відношення сигналу. Обрано індукційний витратомір ІР-61-150П- FT (4-1), магнітним пускач NS (4-3), регулятор відношення EfC (4-2). Контроль здійснюється шляхом регуляції режиму роботи насосу, що перекачує надлишковий активний мул.

Витратоміри ModMag M1000 встановлені перед аеротенком, один для стоків(3-2), інший для рециркуляційного активного мулу - рАМ (3-5), Пропорційно інтегрально диференціальний(ПІД) регулятор відношення позначений як EfC (3-3), приймає значення витратоміра і формує сигнал, який передається на магнітний пускач NS (3-6). Контроль за навантаженням на

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

активний мул здійснює нефелометр, він призначений для вимірювання концентрації біологічного агента - активного мулу QI (3-4) до нього встановлено лампи сигнальні (3-7). Датчик QE (3-1) перед витратами вимірює концентрацію забруднюючих речовин. Він створює сигнал, щоб передати його на FfC (3-3) - регулятор відношень. Даний прибор також ще приймає сигнали з датчиків, що встановлені для виміру концентрації рАМ. Залежно від цього регулюється подача напору рАМ насосом.

7.2 Контроль кисню, мутності, концентрації органічних сполук

З якісних показників, що характеризують процес біохімічного очищення, доцільно контролювати каламутність стічної води на вході та виході аеротенків, вміст розчиненого кисню всередині аеротенку та в стічній воді перед її надходженням на вторинні відстійники. Контроль перерахованих параметрів здійснюється з диспетчерського пункту з використанням самописуючих, що показують дані. Це дозволяє постійно стежити за ходом технологічних процесів на спорудах біохімічного очищення та оперативно втручатися у хід процесу з метою його коригування [47].

Для контролю мутності використовуються автоматичні мутноміри. Вимірювання концентрації розчиненого кисню проводиться автоматичними киснемірами з електричним виходом.

Передбачено автоматизацію процесу контролювання CO₂ - концентрації розчиненого кисню у суміші стічних вод в споруді аеротенку. Даний параметр можуть регулювати за допомогою регулюючого клапана. Спочатку в аеротенку, на певній відстані встановлюються погрузні киснемірні оптичні датчики LDO(1-1); магнітний пускач регулює заслінку у повітропроводі ПМЕ-211(1-2) за допомогою сигналу регулюючого клапана VZL2 DN15/0.63 (1-3). Датчик концентрації органічних забруднень за мутністю – мутномер (3-1), він з'єднаний з сигналом витратоміра.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після обробки сигналів з датчиків автоматичної системи управління у відповідність до закладеної логіки впливає на електропривод ВМ2 головної засувки повітропроводу.

Точки встановлення датчиків визначалися з міркувань інформативності отриманих відомостей, зручності монтажу та обслуговування. було забезпечено можливість перестановки датчиків у разі зміни навантаження чи вибору оптимальної точки вимірювання.

pH-метр за допомогою свого чутливого елементу QE (5-1) проводить контроль показника pH в аеротенку. Також до загальної системи контролю pH відносять перетворювач від сигналу pH-метра QT (5-2), реєструючий прилад QIR з екраном, що показує значення відхилень (5-3).

7.3 Технологічна сигналізація та захист

Сигналізація на очисних станціях забезпечує проведення вчасних заходів у разі відхилень у роботі технології. Один з варіантів аварійної ситуації при якій увімкнеться сигналізація – відсутність подачі активного мулу у споруду. Система оповіщення діє у разі відхилення значення, вимірюваного системою автоматичних приладів, заданого параметру. Сигналізація буває світловою та звуковою, найчастіше критичні параметри в очищенні стічних вод під'єднуються до обох видів. Так, до системи сигналізації приєднано наступні контури: 3 – який регулює навантаження на активний мул в споруді, 12 – регулює pH в аеротенку, 15 – регулює режим роботи аеротенка за часом.

При відхиленні отриманих значень на датчиках контролю спрацьовує звукова система сигналізації. Робоче місце також оснащено панеллю управління, на ній відображається світлова система, оператор на панелі буде бачити встановлені лампочки, які загораються лише при зміні певних параметрів. Прийнято встановити червоні лампочки.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 - Специфікація засобів автоматизації

№ позиції за схемою	Позначення	Параметр, що контролюється, напрям сигналу	Місце установки	Назва пристрою	Назва/марка моделі	Кількість пристроїв
1-1	QE	Концентрація розчиненого кисню	По місцю	Датчик розчиненого кисню	AKBA-C	1
1-2	QC	Положення заслінки в повітропроводі аеротенку	На щиті	Регулюючий клапан	VZL2 DN15/0.63	1
1-3	NS	Сигнал від датчика	По місцю	Магнітний пускач	ПМЕ-211	1
2-1	QC	Витрата повітря з перетворенням на сигнал	По місцю	Дифманометр	Testo 511	1
2-2	QC	Реєстрація витрати у вигляді сигналу	На щиті	Вторинний перетворювач	ЭПИД-02	1
2-3	NS	Положення задвижки в загальному повітропроводі	По місцю	Магнітний пускач	ПМЕ-211	1
3-1	QE	Концентрація органічних речовин	По місцю	Мутнометр	WZS-1000	1
3-2	FT	Витрата стічних вод	По місцю	Витратомір	ModMag M1000	1
3-3	EFC	Прийом та передача сигналу до насосу	На щиті	Регулятор відношення		1
3-4	QI	Концентрація активного мулу	По місцю	Нефелометр	Tannometer	1
3-5	FT	Витрата рециркуляційного активного мулу	По місцю	Витратомір	ModMag M1000	1
3-6	NS	Режим роботи насосу рециркуляційного мулу	По місцю	Магнітний пускач	pME-211	1
3-7	HL-1 HL-2 HL-3 HL-3	Прийом сигналу і спрацювання візуальної сигналізації	На щиті	Сигнальна лампа	BFT RADIUS LED AC A R1 230V	4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ

Арк.

90

Продовження таблиці 7.1

4-1	FT	Витрата надлишкового активного мулу	По місцю	Індукційний витратомір	ИР-61-150П- FT	1
4-2	EfC	Прийом та передача сигналу до магнітного пускача	На щиті	Регулятор відношення		1
4-3	NS	Робота насосу надлишкового активного мулу	По місцю	Магнітний пускач	ПМЕ-211	1
5-1	QE	Рівень рН	По місцю	датчик рН-метра		1
5-2	QT	Перетворення значень датчика в сигнал	По місцю	Перетворювач	ЕВ-75	1
5-3	QIR	Показ параметра, передача сигналу на сигналізацію у разі відхилень	На щиті	Показуючий, реєструючий прилад	КСУ2	1
6-1	TE	Температура	По місцю	Термопара	ТСМ-32410	1
6-2	TT	Перетворення значення в сигнал	По місцю	Давач температурний	дТС065-50М.ВЗ.100	1
6-3	TIR	Сигнал до сигналізації при відхиленні	На щиті	Реєструючий прилад	КСУ35	1
7-1	KS	Регулювання режиму роботи	На щиті	Реле часу	АСКО-УКРЕМ NTE8-120	1
7-2	HS	Перетворення часу на сигнал	На щиті	Позиційний давач	DR-07 220В	1
7-3	NS	Положення заслінки випуску стічної води до вторинного відстійника	По місцю	Магнітний пускач	NPT-L	1

РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРАЦІ

8.1 Правовий базис в системі охорони праці

Під час нормальної роботи та обслуговування кожної виробничої системи виникають численні ситуації, які можуть спровокувати аварію. З цієї причини дуже важливо оцінити можливість виникнення помилок або діяльності, схильної до помилок. Будь-яку загрозу безпеці співробітників необхідно передбачити та ідентифікувати для полегшення усунення. Під час проведення всіх етапів очищення стічної води, працівники на об'єктах, повинні виконувати ряд операцій, лабораторних і фізичних робіт.

Підприємці та промислові виробники в Україні опираються на Водний кодекс України, закони "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про охорону праці" при технічній експлуатації систем для очищення води та водовідведення. Врегулювання питань безпеки також здійснюється відповідно до законів "Про питну воду та питне водопостачання", "Про охорону праці" та Державних будівельних норм, Державних СНіП. Охорона навколишнього середовища регулюється законами "Про охорону навколишнього природного середовища", встановленими нормами скиду у водойми тощо.

До виконання робочих обов'язків у колодязях очисних комунікацій, водопровідних камерах, у каналізаційних мережах допускаються лише спеціалісти, кваліфіковані кадри від 18 років, робота виконується під обов'язковим наглядом інженерно-технічного працівника (відповідно до НПАОП 41.01.0179 «Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання і водовідведення населених пунктів»). Під час виконання робіт працівники цих заводів зазнають низку небезпек. Небезпечні види діяльності включають: роботу в замкнутому просторі, підйом важких предметів,

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ	Стадія	Арк.	Акруші
Розроб.		Котул В.В.					92	108
Конс.								
Керів.		Садлії Л.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

використання драбин і сходинок, робота в зоні з випарами, робота з електроустановками тощо. Небезпека становить собою шум, рухомі механічні вузли, джерела електрики, хімічні речовини, гази, пари, аерозолі, погану вентиляцію.

Загальні заходи захисту включають: обов'язкові огорожі навколо небезпечних ділянок, системи захисту від пожежі та вибуху, етикетки що попереджають про небезпеку, промислова система вентиляції, достатнє освітлення, відповідний простір для обробки, легкий доступ, відповідна робоча температура тощо.

Для максимального захисту працівники, які працюють на очисних станціях можуть додатково отримати вакцини проти гепатиту А та В, грипу, краснухи, правця, кору, епідемічного паротиту тощо.

При визначенні самих заходів для безпеки та охорони праці потрібно дотримуватись настанов і правил Закону України "Про охорону праці" [35], для приміщень, освітлення, вентиляції тощо - ДБН А.3.2-2, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 45.23-1.09, НПАОП 0.00-1-23, іншої нормативної документації та з охорони праці, а також настанов цих будівельних норм (5.3, 8.7.1, 8.7.3, 8.8.5, 8.11.7, 8.13.11, 9.1.32, 9, 10.2.1.3, 10.6.5, 14.4 тощо).

За класифікацією по рівню небезпеки роботи у колодязях очисних комунікацій, водопровідних камерах, у каналізаційних мережах, що є складовими централізованих систем очисної станції належать до робіт з підвищеним рівнем небезпеки.

8.2 Електробезпека на очисних станціях

Привідний механізм муловідсмоктувачів радіальних вторинних відстійників (редуктор з електродвигуном), а також ферма і рейкове коло заземлюються відповідно до ДБН В.2.5-27-2006 Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. Заходи для забезпечення безпечної роботи з електрикою окрім заземлення передбачають використання ізоляції деталей по яких проходить струм, автоматичних систем захисного

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

відключення, встановлення знаків безпеки, попереджувальних сигналізацій в разі аварії, попереджувальних плакатів на спорудах, дверях тощо. Автоматизація очисної станції також передбачає захист від коротких замикань за допомогою автоматичних вимикачів струму [48].

Обертові частини з приводних механізмів мулососів (зубчасті колеса, муфти тощо) – мають бути захищеними кожухом. Для проведення робіт з ремонту та встановлення устаткування спочатку необхідно звільнити їх від води, теж саме стосується комунікацій. Не дозволяється під час роботи змащувати, очищати або фарбувати привідний механізм радіального вторинного відстійника або мулоущільнювача. Заборонено ходити по стінках каналів або по бортах відстійника і по трубах повітропроводів на майданчику аеротенків, виходити за спеціальні огороження. Загалом, технічні заходи для забезпечення електробезпеки повинні відповідати ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці; Електробезпека; Загальні вимоги та номенклатура видів захисту.

Система проводів для приєднання електроприладів та/або пристроїв до мережі має бути встановлена згідно з ДБН В.2.5-28, відповідати нормам по складу та комплектації та забезпечувати максимально високий рівень надійності при експлуатації. Найбільш безпечно використовувати комплексні системи, що реалізуються разом з механізмами, пристроями тощо[48].

8.3 Правила безпечного відбору проб

Очищення поверхонь аеротенків, а також відбір проб води або осаду (шламу) варто робити тільки зі спеціально влаштованих і огорожених проходів із землі. Для відкривання й закривання засувки при випуску мулу із вторинних відстійників і мулоущільнювачів варто користуватися штангою-виделкою, виносним пультом керування, засувками з дистанційним приводом або іншими спеціальними пристроями, що виключають необхідність опускання людини в колодязь.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пробовідбірник і персонал, що працює з активним мулом, в цілях профілактики повинен приймати антигельмінтні препарати. Після відбору персонал ретельно мие руки водою з миючим засобом та протирає руки розчином етилового спирту для обеззараження [49]. Під час відбору проб активного мулу, стічної води, персонал має бути одягненим у засоби для індивідуального захисту(ЗІЗ). ЗІЗ може бути представлений спецодягом, взуттям, гумовими рукавицями, респіраторами або противогазами. Місця/майданчики для відбору проб мають бути промарковані та огорожені. Також вони мають бути забезпечені високою освітленістю, якщо виявлені слизькі місця, вони мають бути спеціально оброблені або помарковані з подальшою ліквідацією.

8.4 Природна, примусова вентиляція та мікроклімат на робочому місці

Природна та примусова вентиляція згідно з санітарно-гігієнічними вимогами забезпечує зручні метеорологічні умови праці в приміщеннях, які підлягають нормуванню(швидкість руху повітря, середньодобову температуру, рівень вологості). Ефективна вентиляція повністю вилучає з приміщень можливі шкідливі гази, пил, пару або аерозолі, якщо не передбачено видалення система розчиняє їх до гранично допустимих концентрацій. Тому, за правилами охорони праці, вентиляція має бути доступною для ремонту та корекції при експлуатації. Не має створювати додаткових незручностей у вигляді шуму, віброшуму, вібрацій, попадання в приміщення дощу чи снігу[49].

Якщо на кожного робітника під час виробничих процесів припадає 100 м² або більше площі підлоги, то нормована температура, значення відносної вологості і швидкість руху повітря можуть забезпечуватися тільки на постійних робочих місцях. Прийнятний за нормами мікроклімат у виробничих та побутових приміщеннях має перевищувати температуру взимку – 20, але не бути вище 22°C, влітку - 20-25°C, для виробничих приміщень показники дещо нижчі – температура не має бути нижче 16°C та не має перевищувати 25°C. Вологість 40-61%, мінімум для виробничих приміщень - 30% [49].

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом системи опалення, вентиляції, природного та штучного освітлення, регламентуються П-4-79 «Природне та штучне освітлення», ДБН В.2.5-67:2013, ДБН В 1.1-7-2002 і ДС 12.3.006-75. На випадок аварійного відключення освітлення на робочому місці передбачають освітлення акумуляторними ліхтарями, що мають напругу не більше 42 В.

8.5 Шум та вібрація як небезпечні явища на системах водовідведення

На галузевих об'єктах очисних станцій часто використовуються компресорні станції, електродвигуни, насоси, вібратори, дробарки та деякі інші машини й механізми, які є джерелами появи сильного звукового поля. Боротьба з шумом на очисних станціях реалізується сукупністю методів і засобами індивідуального захисту працівників. Більш ефективними є заходи, направлені на зниження рівня шуму ще в джерелі його виникнення. При розробці заходів з захисту від шуму визначають спочатку звукову потужність машин, визначають рівні звукового тиску на робочому місці, далі підбирають пристрої для захисту від шуму й розраховують їх відповідно до рівнів звуку та звукового тиску, для яких встановлені певні норми[50].

На виробничих об'єктах водопровідно-каналізаційних систем для боротьби з шумом проводиться низка заходів, основним з яких є усунення джерела, причини шуму або його ослаблення ще в процесі проєктування технологічних процесів і конструювання споруд й обладнання. Не менш важливою є ізоляція джерел шуму від навколишнього середовища засобами звуко- і вібропоглинання та звуко- і віброізоляції. Враховуються також параметри, для зменшення густини звукової енергії виробничих приміщень, що відбивається від стін, обладнання, перекриття тощо. Робітники захищають себе шляхом використання ЗІЗ, у разі порушення проводяться профілактичні заходи, що мають медичний характер[51].

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

8.6 Пожежна безпека

На весь комплекс та на кожну очисну споруду мають бути складені виробничий регламент та технологічні карти. На кожен об'єкт мають бути розроблені спеціальні інструкції щодо заходів пожежної безпеки.

Проходи та сходи не повинні бути загородженими будь-якими предметами, залиті водою, мастилом тощо. Сходи та майданчики для обслуговування місткостей та інших апаратів повинні мати надійні поручні та огороження. У приміщеннях очисних споруд, де можливе раптове надходження у повітря великої кількості токсичних та вибухонебезпечних речовин, має передбачатися аварійна витяжна вентиляція. У цих приміщеннях повинні встановлюватись автоматичні газоаналізатори, що зблоковуються з аварійною системою вентиляції [52].

У всіх виробничих приміщеннях та зонах повинні бути первинні засоби для пожежогасіння та пожежний інвентар. На станціях очищення води робітники мають бути проінструктовані про заборону використання засобів пожежогасіння та пожежного інвентарю для будь-яких побутових цілей. Суворо заборонено куріння у приміщеннях та на території розміщення очисних споруд. У всіх виробничих цехах або приміщеннях повинен бути визначений клас вибухонебезпечності, він встановлюється відповідно до положення Технічного регламенту вимог пожежної безпеки. Вся апаратура в цих приміщеннях встановлюється у вибухозахищеному виконанні відповідно до категорії та групи вибухонебезпечності. Територія розміщення очисних споруд має утримуватись у чистоті, те саме стосується території водозабору. У літню пору на вільній території регулярно проводиться скошування трави та прибирання території від горючих відходів [51].

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

- 1) Проведено літературний аналіз, виявлено, що 75% сучасних очисних станцій картонно-паперових фабрик використовують системи біологічного очищення з аеротенком з ефектом очищення стічних вод 90-92% за БСК_{повн}. Отже, було прийнято вдосконалити технологію використовуючи дану споруду.
- 2) Наведено характеристику стічної води фабрики, показники що зумовлюють навантаженість на біологічні очисні споруди це ХСК – 1120 мг/дм³ та БСК₅ - 513 мг/дм³. Також наведено характеристику біологічного агенту – іммобілізованого активного мулу та показники кінцевого продукту – очищеної води: ХСК – 24 мг/дм³, ЗР – 3,6 мг/дм³, БСК₅ – 2,06 мг/дм³, що цілком задовільняють вимоги за ГДС.
- 3) Обґрунтовано вибір вдосконаленої технології біологічного очищення. Спад ефективності біологічної очистки спостерігається в 3 коридорі, для підтримки очищення та забезпечення належної концентрації активного мулу прийнято встановити носії іммобілізованої біомаси.
- 4) Виконано розрахунки очисних споруд: аеротенк та відстійники. За розрахунком спроектувано очисну споруду - аеротенк з носіями іммобілізованих мікроорганізмів.
- 5) Для даної технології обґрунтовано встановити трьохкоридорний аеротенк із двома секціями ТП 902-2-192.
- 6) Розроблено схему автоматизації аеротенку, до системи сигналізації приєднано контури навантаження на активний мул в споруді, рН в аеротенку, режим роботи аеротенка за часом.
- 7) Виконано розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат. Собівартість очистки складає 2,51 грн/м³. Вартість загальних витрат на запропонованій схемі за попередніми підрахунками складає близько 6 млн. грн.

					<i>ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Котул В.В.			<i>ВИСНОВКИ</i>	Стадія	Арк.
Конс.							98
							108
Керів.		Садлій Л.А.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаманський С. Й., Бойченко С. В. Інноваційні екологічно безпечні технології у водовідведенні. Монографія // Київ. Видавництво «Центр учбової літератури», 2018.- 320 с.
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні за 2019 рік / Міністерство розвитку громад та територій України заг. ред. Державного підприємства «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства» (ДП «НДКТІ МГ»), м. Київ. – 2020.
3. Pandey, N., Thakur, C., 2020. Study on treatment of paper mill wastewater by electrocoagulation and its sludge analysis. Chem. Data Collect. 27, 100390. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2020.100390>.
4. В.Б. Луцик ЗВІТ з оцінки впливу на довкілля технічного переоснащення вузла біологічної очистки очисних споруд виробничих стоків ТОВ «ПКПФ – Україна» / смт Понінкаю.- 2019.- 264 с.
5. Petra, C., Lindholm-Lehto, Juha, S., Knuutinen, Heidi, S.J., Ahkola, Sirpa, H., Herve Refractory organic pollutants and toxicity in pulp and paper mill wastewaters. Environ. Sci. Pollut. Res. 2015.- 22 (9).- 6473–6499.
6. Madan Sonkar, Madan Kumar, Dharm Dutt, Vivek Kumar, Treatment of pulp and paper mill effluent by a novel bacterium Bacillus sp. IITRDVM-5 through a sequential batch process // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2019.- Volume 20.- 101232.
7. Kumar, G., Cho, S. K., Sivagurunathan, P., Anburajan, P., Mahapatra, D. M., Park, J. H., Pugazhendhi, A. Insights into evolutionary trends in molecular biology tools in 31 microbial screening for biohydrogen production through dark fermentation // Int. J. Hydrogen Energ. 2018.- 43(43).- 19885-19901.

					<i>ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Котул В.В.</i>			<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>
<i>Конс.</i>							<i>84</i>
<i>Керів.</i>		<i>Садлій Л.А.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ</i>	
<i>Затверд.</i>							

8. Dixit, M., Gupta, G.K., Liu, H., Shukla, P., Pulp and paper industry based pollutants, their health hazards and environmental risks // Curr. Opi. Environ. Sci. Health. 2019.- 2.- 48-56.
9. Chandra, R., Sharma, P., Yadav, S., Tripathi, S., Biodegradation of endocrinedisrupting chemicals and residual organic pollutants of pulp and paper mill effluent by biostimulation. Front. Microbiol. 9, 960 Carvalho F, Prazeres AR, Rivas J. Cheese whey wastewater: characterization and treatment // SciTotal Environ. 2013.- P. 445-446.
10. Chandra, R., Raj, A., Yadav, S., Patel, D.K., Reduction of pollutants in pulp and paper mill effluent treated by PCP- degrading bacterial strains // Environme. Monit. Assess. 2009.- 155(1-4).- 1–11.
11. María Noel Cabrera, Ahmad, Zaki Biological Wastewater Treatment and Resource Recovery // Pulp Mill Wastewater: Characteristics and Treatment. 2017.- 10.- 5772/62795(Chapter 7).
12. Kumar, A., Srivastava, N. K., & Gera, P. Removal of color from pulp and paper mill wastewater- methods and techniques - A review // Journal of Environmental Management. 2021.- 298.- 113527.
13. Котул, В. В. Інтенсифікація очищення стічних вод целюлозно-паперових підприємств на основі біосорбційних властивостей активного мулу : дипломна робота ... бакалавра : 162 Біотехнології та біоінженерія / Котул Вікторія Володимирівна. – Київ, 2020. – 77 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/34384>
14. Hynnen P. Effluent treatment. In: Dahl O, // Environmental management and control. 1st Ed. Paperi ja Puu Oy; Helsinki; 2008. pp. 86–116.
15. Tsang Y, Chua H, Sin S, Tam C. A novel technology for bulking control in biological wastewater treatment plant for pulp and paper making industry. Biochem Eng J. 2006.- 32.- 127–34.
16. Fourest E, Craperi D, Deschamps-Roupert C, Pisicchio JL, Lenon G. Occurence and control of filamentous bulking in aerated wastewater treatment plants of the French paper industry // Water Sci Technol. 2004.- 50(3).- 29–37.

					ББЕ.БЕ0111.МД.ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Toczyłowska-Maminska, R., Limits and perspectives of pulp and paper industry wastewater treatment – a review // Renew. Sustain. Energy Rev. 2017.- 78.- 764–772.
18. Kadam, N.V., Salkar, V.D., Color removal of recycled pulp and paper industry effluent by coagulation and flocculation // Sustain. Energy. 2015. 2, 754–758.
19. Azaz, M., Elahi, A., Rehman, A., 2018. Degradation of azo dye by bacterium, *Alishewanella* sp . CBL-2 isolated from industrial effluent and its potential use in decontamination of wastewater. J. water reuse Desalin. 8, 507–515.
20. Sharma, R., Chandra, S., Singh, A., Singh, K., Degradation of pulp and paper mill effluents // IIOAB J. 2014. -5.- 6–12.
21. Chandra, R., Singh, R., Decolourisation and detoxification of rayon grade pulp paper mill effluent by mixed bacterial culture isolated from pulp paper mill effluent polluted site // Biochem. Eng. 2021.- 61.- 49–58.
<https://doi.org/10.1016/j.bej.2011.12.004>.
22. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. Integrated Pollution and Prevention Control. Best Available Techniques (BAT) reference document for the production of pulp, paper and board. 2015.
23. Котул В.В., Саблій Л.А. Способи вдосконалення технології очищення стічних вод целюлозо-паперових виробництв Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти (25-26 листопада 2021 р., м. Київ): матер. VII Міжнар. наук.-практ. конф./ Уклад. Жукова В., Колтишева Д. – 2021. – 209 с.
24. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 291 с.
25. Amor, C.; Marchão, L.; Lucas, M.S.; Peres, J.A. Application of Advanced Oxidation Processes for the Treatment of Recalcitrant Agro-Industrial Wastewater: A Review // Water 2019.- 11.- 205.

26. Котул В.В., Саблій Л.А. Порівняння технологій очищення стічних вод від сполук азоту з використанням мікробіологічної нітри-денітрифікації «Біотехнологія XXI століття»: матеріали XV Всеукраїнської науковопрактичної конференції (Київ, 23 квітня 2021) [Електронне видання] / Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 201 с.
27. Домбровський К.О. Перифітон волокнистого носія «ВІЯ» під час біологічного очищення промислових стічних вод НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ ЕКОЛОГІЧНИ НАУКИ 2020 2(29).Т.2 с.60-66
28. Гвоздяк П.І. Спухання активного мулу: хто винен і що робити? Вода і водоочисні технології. 2006. № 3. С. 38–44.
29. Гвоздяк П.І., Домбровський К.О. РОЗВИТОК ГІДРОБІОНТІВ НА/У ЗАНУРЕНИХ У СТИЧНУ ВОДУ НОСІЯХ ВІЯ ПРИ ЇЇ ОЧИЩЕННІ ЗА ІНТЕНСИВНОЇ АЕРАЦІЇ Екологічні науки 2021.- № 3.-36.- ст. 46-50.
30. Zheng, T., Li, P., Ma, X., Sun, X., Wu, C., Wang, Q., & Gao, M. (2018). Pilot-scale experiments on multilevel contact oxidation treatment of poultry farm wastewater using saran lock carriers under different operation model. *Journal of Environmental Sciences*.
31. Ткаченко, Т. Л. Імобілізація мікроорганізмів активного мулу – ефективний метод інтенсифікації процесу очищення стічних вод молокопереробних підприємств / Т. Л. Ткаченко, О. І. Семенова, Н. О. Бублієнко // Харчова і переробна промисловість. – К., 2009. - № 4-5. – С. 20-22.
32. Vostrova R. N., Rodenko A. V. The using of cassettes with the carrier of biomass produced by «Geflis» on biological wastewater treatment *Journal «Water Magazine»*, 2015.-№8.- 93-96.
33. Wang, Kai; Rosborg, Peter; Rasmussen, Emma S; Impact of intermittent feeding on polishing of micropollutants by moving bed biofilm reactors (MBBR) // *Journal of Hazardous Materials*. 2021-05.- 403: 123536.

34. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. - Рівне: БАТ «Рівненська друкарня», - 2002. - 622 с.: іл
35. Pombo, F., Magrini, A., Szklo, A. Technology Roadmap for Wastewater Reuse in Petroleum Refineries in Brazil Environmental Management in Practice // InTech, 2011. ISBN 978-953-307-358-3.
36. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона ИТС-1 Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, Москва.- 2015 г. – 496 с.
37. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» напряму підготовки 6.051401 - біотехнологія. Електронне видання. Уклад.: Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.–58с.
38. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування
39. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 № 465 «Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами».
40. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981.-639 с.
41. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учебное пособие для ВУЗов/Ю.М. Ласков, Ю.М. Воронов, В.И. Калицун. :- М., Стройиздат, 1987.- 255с. ил.
42. Про затвердження Національної рамки кваліфікацій Постанова Кабінету Міністрів України; Опис від 23.11.2011 № 1341 Редакція від 02.07.2020 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-%D0%BF#Text>
43. Економічна частина магістерської дисертації: розроблення стартап-проекту: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / О.А. Підлісна, Ю.В. Тюленєва ;

КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,2 Мбайт).
– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 32 с.

44. Долгин В.П. Автоматическое управление техническими и технологическими объектами и системами. Методы анализа систем и объектов: Учебн. пос. для вузов.: – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2003 – 404 с.:ил. 5. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв.–К.: ІСДО, 1995. – 360с.
45. Мельник В. М. Автоматизація фармацевтичних і мікробіологічних виробництв. Методичні вказівки до комп'ютерного практикуму для студентів спеціальності "Обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості" [Електронний ресурс] / В. М. Мельник, О. Я. Ковалець. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/1309>.
46. Рульнов А.А., Евстафьев К.Ю. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. М.: Инфра-М., 2007. – с. 178.
47. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту .[Чинний від 2011-08-01].К. Держспоживстандарт України, 2011. 9 с.
48. М.М. Гіроль, М.В. Бернацький, В.Є. Хомко Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві. Навчальний посібник. /За ред. М.М. Гіроля / - Рівне: НУВГП, 2010 - 351 с. іл.
49. НПАОП 41.0-1.01-79. Правила техники безопасности при эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест.
- 50.ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.[Чинний від 2011-08-01].К. Держспоживстандарт України, 2011. 10 с.
- 51.НАПБ 06.004-07 «Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації» Чинний від 03.08.2007. Київ: МНС, 2007.

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Позиція	Позначення	Найменування	К-сть	Маса кг	Примітки
ПЗ-1		Повітрязабірний пристрій, діаметр труби 250 мм, висота складає 4м.	2		Збірна споруда
Ф-2		Фільтр попередньої очистки, Е=88%(ефективність)	4		Збірна споруда
В-3		Повітродувка, Р = 250 кВт, продуктивність 150 м ³ /хв	2		
Р-4		Реактор 5 м ³ , з пневматичною мішалкою, призначений для приготування знезаражуючого агента.	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
Н-5, 7, 9, 11, 13, 17, 19		Горизонтальний насос відцентровий	7		Збірний прилад
Р-6		Реактор для приготування розчину коагулянта з мішалкою, місткістю 5 м ³ .	1		Нержавіюча сталь AISI 321
Р-8		Реактор для приготування гашеного вапна з мішалкою, місткістю 5 м ³ .	1		Нержавіюча сталь AISI 321

					ЕКБ.БЕ0111.МД.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Котул В.В.			СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ	Стадія	Арк.
Конс.							105
							108
Керів.		Садлій Л.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							

Продовження специфікації

P-10		Реактор для приготування амонійної селітри, з мішалкою, місткістю 3,2 м ³ .	1		Нержавіюча сталь 12X18H10T
P-12		Реактор для приготування гідроортофосфату калію з мішалкою, місткістю 3,2 м ³ .	1		Нержавіюча сталь 12X18H10T
РД-14	РМУ-2	Решітки-дробарки. Розмір прорізів 0,016 м, швидкість потоку 0,9 м/с, Пропускна здатність більше 55%.	2	1590	Збірна споруда
П-15		Пісковловлювач з середньою швидкістю руху 0,3 м ³ /добу	2		Збірна споруда
В-16		Первинний відстійник радіальний з діаметром розподільчого пристрою 1,6 м, гідравлічна глибина 3,4 м.	2		Збірна споруда
A-17		Аеротенк з робочою глибиною 3,5 м, аерація - 3 г/дм ³ . Дрібнобульбашкова система аерації. Носії активного мулу 16 шт, l=2500, b=2700, h=2700, матеріал волокон - капрон	1		Збірна споруда

Продовження специфікації

В-18		Вторинний відстійник, діаметр споруди - 24 м, глибина 3,4 м.	2		Збірна споруда
С-20		Біологічний ставок розміром 0,5 га, глибина 1,5 м.	2		Збірна споруда
Р-21		Реактор для змішування знезаражуючого агенту зі стічною водою, $b=500$ м, $l=14,63$ м.	2		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
КР-22, КР-25		Контактні резервуари, $h=3,2$ м, $b=6$ м, продуктивність 20 тис. $m^3/доб$	2		Збірна споруда
МУ-23		Мулоушільнювач, $t_{ушільн}=4$ год, на виході з споруди $W_{осаду}=98\%$.	4		Збірна споруда
КД-24		Камера дегельмінтизації, $l=5$ м, $b=1,4$ м, продуктивність 0,5 $m^3/год$	2		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
ФП-26		Фільтр-прес, $P=3$ кВт, $l_{стрічок}=900$ мм, $v_{стрічок}=7$ м/хв.	6		Збірна споруда
ММ-27		Аварійний муловий майданчик, після споруди вологість осаду не більше 75-80%.	2		

ПМ-28		Пісковий майданчик для підсушування піщаної пульпи. Навантаження 3 $\text{м}^3/\text{м}^2$	2		
-------	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--	--