

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

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»**

**зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»**

**на тему: Біологічне очищення стічних вод пивоварного заводу та міста**

Виконала:

студентка VI курсу, групи БЕ-01мп

Старун Вікторія Юріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

доц., к.т.н, Жукова В.С.

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

(підпис)

Дата захисту \_\_\_\_\_

Робота захищена з оцінкою \_\_\_\_\_

Київ - 2021 року

[illegible]

**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:** «Біологічне очищення стічних вод пивоварного заводу та міста»  
Виконала:

студентка VI курсу, групи БЕ-01  
Старун Вікторія Юріївна \_\_\_\_\_

Науковий керівник:  
Доцент, к.т.н, доцент  
Жукова Вероніка Сергіївна \_\_\_\_\_

Консультант з графічної частини:  
Професор, д.т.н, професор  
Саблій Лариса Андріївна \_\_\_\_\_

Консультант з економічної частини:  
Доцент, к.е.н, доцент  
Ткаченко Тетяна Петрівна \_\_\_\_\_

Рецензент:  
Старший викладач, доктор філософії, доцент  
Мотроненко Валентина Василівна \_\_\_\_\_

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)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Наталія ГОЛУБ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Старун Вікторії Юріївні**

1. Тема дисертації «Біологічне очищення стічних вод пивоварного заводу та міста», науковий керівник дисертації Жукова Вероніка Сергіївна, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_
3. Об'єкт дослідження: суміш стічних вод пивоварного заводу та міста. Предмет дослідження: технологія очищення суміші стічних вод пивоварного заводу та міста.
4. Вихідні дані: розрахункова витрата стічних вод 87 000 м<sup>3</sup>/добу, з них побутових 80 000 м<sup>3</sup>/добу. Характеристика водойми, в яку скидаються стічні води: річка Південний Буг; вид водокористування: рибогосподарське II категорії; середня глибина водойми в зоні впливу стічних вод, 3,5 м; концентрація кисню в воді влітку не <6,5 мг/дм<sup>3</sup>; температура води влітку 25 °С; фонові концентрації завислих речовин 20 мг/ дм<sup>3</sup>; БПК<sub>повн</sub> 3 мг/ дм<sup>3</sup>.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: навести характеристики складу та витрат стічних вод пивоварного заводу, обґрунтувати та вибрати технологію очищення стічних вод пивоварного заводу, визначити точки та параметри контролю, розрахувати матеріальний баланс, описати основні біохімічні процеси, які проходять під час аеробного та анаеробного очищення стічних вод, обґрунтувати та вибрати технологію очищення стічних вод міста Миколаїв, провести основні технологічні розрахунки очищення суміші стічних вод міста та пивоварного заводу, спроектувати основну споруду

стабілізації осадів – аеробний стабілізатор, технологічну та апаратурну схеми, спроектувати стартап-проект процесу очищення стічних вод пивоварного заводу, запропонувати та навести схему автоматизації аеробного чищення стічних вод, проаналізувати та описати небезпечні виробничі фактори, які можливі на підприємстві, та запропонувати шляхи їх усунення.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: 5 листів А1: технологічна та апаратурна схеми очищення стічних вод міста, аеробний стабілізатор, автоматизація, економічна частина.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

1. Старун В.Ю. Використання мікроводоростей для очищення стічних вод пивоварних заводів *«Біотехнологія ХХІ століття»* Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ 23 квітня 2021 р. – с. 153.
2. Старун В.Ю. Попередня обробка осадів для підвищення виходу та якості біогазу в результаті анаеробного зброджування відходів пивоварних заводів *«Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів»* Матеріали IX міжнародної науково-практичної конференції; м. Дніпро, Україна, 06-07 жовтня 2021 р. – с. 33-35.
3. Старун В.Ю., Жукова В.С Зменшення використання водних ресурсів шляхом оптимізації виробничих процесів на пивоварних заводах *«Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти»* Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції м. Київ 25-26 листопада 2021 р. – с. 195-196.

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічна частина	д.т.н., проф. Саблій Л.А.		
Економічна частина	к.е.н., доц., Ткаченко Т.П.		

\* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Пошук літературних джерел	До 01.09.2021	
2	Вивчення умов формування та складу стічних вод пивоварного заводу. Аналіз існуючих технологій попереднього очищення, вибір і обґрунтування технології.	До 01.10.2021	
3	Вибір технології біологічного очищення суміші стічних вод пивоварного заводу та міста. Опис біологічного агента. Огляд перебігу біохімічних процесів аеробного та анаеробного очищення. Характеристика кінцевого продукту.	До 01.11.2021	
4	Розрахунок матеріального балансу. Розрахунки обладнання, витрат, концентрацій забруднень, необхідного ступеню очищення стічних вод, загальної витрати осадів. Розробка стартап-проекту.	До 20.11.2021	
5	Розробка технологічної, апаратурної схеми, креслення аеробного стабілізатора.	До 01.12.2021	
6	Розробка схеми автоматизації аеробного очищення стічних вод.	До 05.12.2021	
7	Охорона праці та довкілля. Висновки. Оформлення магістерської дисертації.	До 06.12.2021	

Студент

Вікторія СТАРУН

Науковий керівник

Вероніка ЖУКОВА

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 120 сторінок пояснювальної записки та 5 аркушів креслень А1. Пояснювальна записка містить вступ, 7 розділів, що включають 5 рисунків та 32 таблиць, 48 посилань на літературні джерела та додаток.

У проекті наведено характеристику стічних вод пивоварного заводу; розглянуто склад і властивості анаеробного та аеробного активного мулу; обрано та обґрунтовано технологію комплексного біологічного очищення стічних вод міста Миколаїв та пивоварного заводу. Наведено технологію локального очищення стічних вод пивоварного заводу із використанням анаеробно-аеробної технології; обрано технологію для очищення суміші стічних вод міста та пивоварного заводу. За технологією виконано технологічну та апаратурну схему; розраховано необхідний ступінь очищення стічних вод та споруд біологічного очищення. На підставі розрахованих параметрів розроблено креслення споруди – аеробного стабілізатора.

Розроблено стартап-проект технології очищення стічних вод пивоварних заводів. Розраховано матеріальний баланс процесу, наведено і описано технологічну схему очистки міських стічних вод, розроблено схему автоматизації аеробного біологічного очищення, вказано точки і параметри контролю етапів процесу, які необхідні для забезпечення якості кінцевої продукції, описано заходи з охорони праці і довкілля.

СТІЧНІ ВОДИ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, UASB-РЕАКТОР, БІОГАЗ,  
АНАЕРОБНО-АЕРОБНА ТЕХНОЛОГІЯ, АКТИВНИЙ МУЛ, АЕРОБНИЙ  
СТАБІЛІЗАТОР

## ABSTRACT

Explanatory note: 120 pages, 5 sheets of A1 drawings. The explanatory note contains an introduction, 7 chapters, including 5 figures and 32 tables, 48 references and an appendix.

The project describes the characteristics of wastewater from the brewery; the composition and properties of anaerobic and aerobic activated sludge are considered; the technology of complex biological treatment of the city of Mykolayiv and the brewery was selected and substantiated. The technology of local wastewater treatment of the brewery using anaerobic-aerobic technology is presented; the technology for wastewater treatment of the city and the brewery is selected. The technological and hardware scheme is executed according to the technology; the required degree of wastewater treatment and biological treatment facilities has been calculated. On the basis of the calculated parameters the drawing of the aerobic stabilizer is developed.

A startup project of brewery wastewater treatment has been developed. The material balance of the process is calculated, the technological scheme of municipal wastewater treatment is given and described, the scheme of automation of aerobic biological treatment is developed, points and parameters of control of stages of process necessary for quality assurance of final products are specified, measures on labor protection and environment are described.

WASTEWATER, BIOLOGICAL TREATMENT, UASB-REACTOR, BIOGAS, ANAEROBIC-AEROBIC TECHNOLOGY, ACTIVATED SLUDGE, AEROBIC STABILIZER



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
<b>РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПИВОВАРНОГО ЗАВОДУ .....</b>	<b>11</b>
1.1 Характеристика виробничих стічних вод .....	11
1.1.1 Характеристика та особливості виробничого процесу .....	11
1.1.2 Склад стічних вод пивоварного заводу .....	13
1.2 Аналіз та вибір технології попереднього очищення стічних вод .....	16
1.2.1 Аналіз технологій очищення стічних вод .....	16
1.2.2 Вибір технології попереднього очищення стічних вод .....	27
1.3. Вибір схеми очищення стічних вод підприємства та міста .....	30
1.4. Розрахункові витрати стічних вод .....	32
1.5 Розрахункові концентрації забруднень стічних вод .....	33
1.6 Нормативи якості води у водоймі .....	35
1.7 Необхідний ступінь очищення стічних вод .....	36
<b>РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ...</b>	<b>39</b>
2.1 Характеристика біологічного агента .....	39
2.1.1 Характеристика аеробного активного мулу .....	39
2.1.2 Характеристика анаеробного активного мулу .....	43
2.2 Процеси метаногенезу в анаеробному реакторі .....	47
2.2. Характеристика кінцевого продукту .....	52
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>53</b>
3.1. Опис технологічного процесу .....	53
3.2. Контроль виробництва .....	59
3.3. Сировина та матеріали .....	63
3.4. Матеріальний баланс .....	65
<b>РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ .....</b>	<b>67</b>
4.1. Розрахунок первинних відстійників .....	67
4.2. Розрахунок аеротенка .....	70
4.3. Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків .....	75

					ББЕ.БЕ6120.МД.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		ЗМІСТ	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Старун В.Ю.					6	124
Конс.								
Керів.		Жукова В.С.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-01мп	
Затверд.								

4.4. Розрахунок загальної витрати осадів .....	76
4.5. Розрахунок мулозгущувача.....	78
4.6. Розрахунок аеробного стабілізатора.....	79
<b>РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ .....</b>	<b>82</b>
<b>РОЗДІЛ 6. АВТОМАТИЗАЦІЯ .....</b>	<b>106</b>
ВИСНОВКИ .....	118
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	120
ДОДАТКИ .....	125

## ВСТУП

Вода – найважливіший ресурс людства, одна з найрозповсюдженіших речовин на нашій планеті. Вона має велике значення в еволюції як живої, так і неживої природи. Це найцінніша мінеральна речовина. Вона не тільки основний компонент всього живого, але і середовище існування органічного світу. Саме вода як основна складова в розвитку як живої, так і неживої природи, виконує функції які є незамінними. Забруднення води відходами життєдіяльності та промисловості є невирішеною проблемою нашого часу. Залежно від виду промисловості стічні води містять забруднення різноманітної природи, також в залежності від виду промисловості стічні води можуть містити токсичні речовини, патогенні мікроорганізми [1,2]. Для повторного використання води та захисту водойм, в які відводиться вода, необхідне створення відповідних гідротехнічних споруд для їх очищення. Для повторного використання води та захисту водойм, в які веде вода, необхідно створити відповідні гідротехнічні споруди для очищення.

Стічні води підприємств харчової промисловості відрізняються високими концентраціями різних органічних забруднень. Для таких стічних вод характерні високі показники хімічного споживання кисню (ХСК), біологічного споживання кисню (БСК), зважених речовин, жирів і інших забруднень [1]. Скидання таких стічних вод в міську каналізацію без попередньої очистки є неприпустимим з екологічної точки зору.

Виробництво напоїв та харчових продуктів - одна з провідних галузей народного господарства України. Дана галузь характеризується високим споживанням води та великими її втратами – із забрудненими стічними водами та безповоротно втраченими, при цьому утворенням великої кількості сильно забруднених багатокомпонентних стічних вод, які погано піддаються

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

деструкції [1]. Серед підприємств харчової галузі значну частку за об'ємами спожитої води та обсягами стоків займають пивоварні заводи [2]. Тому надзвичайно актуальним для України є розроблення та застосування сучасних технологій для збереження водних джерел від забруднення і виснаження, зокрема для галузі виробництва пива. При цьому на багатьох підприємствах галузі очисні споруди відсутні або стічні води тільки частково очищають із застосуванням фізичних методів, що є недостатнім та говорить про актуальність розробки та впровадження схем повної біологічної очистки стічних вод на підприємствах [3]. У випадку з Україною на сьогодні існує велика екологічна проблема, яку потрібно вирішити шляхом будівництва нових очисних споруд або реконструкції старих.

Очищення стічних вод пивоварних заводів може проводитися механічним, біологічним, фізико-хімічним або більш складним методами для видалення забруднень, відомі також технології з використанням мікроводоростей [4]. У разі наявності високих концентрацій забруднюючих речовин та їх різноманіття, що характерні пивоварним підприємствам, вважається за необхідне застосовувати крім аеробних процесів очищення стічних вод також анаеробні та аноксидні [5].

Метою даного дипломного проекту є обґрунтування та вибір ефективної та сучасної технології біологічної очистки стічних вод пивоварного заводу.

Новизною даного проекту є застосування двоступінчатої аеробно-анаеробної біологічної схеми очищення стічних вод пивоварного заводу.

Для виконання поставленої мети будуть вирішені наступні завдання:

1. Навести характеристики складу та витрат стічних вод пивоварного заводу.
2. Обґрунтувати та вибрати технологію очищення стічних вод пивоварного заводу, визначити точки та параметри контролю, розрахувати матеріальний баланс.
3. Описати основні біохімічні процеси, які проходять під час аеробного та анаеробного очищення стічних вод.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

4. Обґрунтувати та вибрати технологію очищення стічних вод міста Миколаїв. Провести основні технологічні розрахунки очищення суміші стічних вод міста та пивоварного заводу. Спроектувати основну споруду стабілізації осадів – аеробний стабілізатор, технологічну та апаратурну схеми.
5. Спроектувати стартап-проект процесу очищення стічних вод пивоварного заводу.
6. Запропонувати та навести схему автоматизації аеробного чищення стічних вод.
7. Проаналізувати та описати небезпечні виробничі фактори, які можливі на підприємстві, та запропонувати шляхи їх усунення.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

# РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПИВОВАРНОГО ЗАВОДУ

## 1.1 Характеристика виробничих стічних вод

### 1.1.1 Характеристика та особливості виробничого процесу

Загальний метод виробництва пива схожий для більшості пивоварних заводів і принципово не змінювався з роками. Відмінності між різними підприємствами можуть полягати в типі звареного пива та розмірі пивоварні. Наприклад, невеликі пивоварні зазвичай виробляють пиво тільки з солодового ячменю, щоб надати йому більш насичений смак. Пиво масового виробництва на заводах може вироблятися з комбінації солоду та кукурудзи, таким чином пиво виходить світлішим.

Стічні води пивоварних заводів утворюються під час усіх стадій виробництва: в процесах миття, замочування та пророщування сировини; від розливу пива, від охолодження суслу і пива; в процесі миття технологічного обладнання – бродильних чанів, котлів для варіння суслу, пляшок, підлог, стін, від поділу хмелю і суслу, від інших технологічних процесів. Замочування як стадія може іноді проходити на окремому підприємстві, але великі заводи можуть мати власний солодовий цех. У цьому процесі зерно замочують у воді для збільшення вмісту вологи та сприяння проростанню. Потім пророщене зерно сушать у печі, перш ніж воно передається на процеси варочно-бродильного цеху.

Основні джерела утворення стічних вод на виробництві пива – різноманітні виробничі підрозділи:

- цех приготування суслу;
- бродильне відділення;

- варильний цех;
- відділення фільтрації;
- відділення розливу;
- мийні операції;
- котельні, компресорні;
- транспортний цех;
- туалети, душові, їдальні.

Кількість стічних вод, а також концентрація в них забруднень залежать технології виробництва пива на окремому підприємстві. Середньорічна кількість стічних вод від солодового виробництва при прямоточній системі водопостачання сягає  $13,78 \text{ м}^3$ , з них виробничих –  $13,5 \text{ м}^3$  і господарсько-побутових –  $0,28 \text{ м}^3$  на 1 т солоду [6].

На пивоварних заводах з холодильною установкою, що мають солодовні, на  $1 \text{ м}^3$  готового пива кількість стічних вод становить  $15 \text{ м}^3$ . Загальна витрата води в солодовні на 1 т ячменю дорівнює  $18\text{-}22 \text{ м}^3$ ; у варильному цеху на 1 т зерна –  $8,6\text{-}9,2 \text{ м}^3$ , з них на затирання –  $4\text{-}4,6 \text{ м}^3$ , фільтрацію затору –  $3 \text{ м}^3$ , промивання хмелю –  $0,1 \text{ м}^3$  і мийку обладнання та приміщень –  $1,5 \text{ м}^3$  [7].

Витрата води на охолодження сусла приймається рівною двократній кількості охолоджуваного сусла. На мийку обладнання витрачається води 25% від обсягу апаратури, яка підлягає мийці, на миття підлоги та інше – з розрахунку 3 л на  $1 \text{ м}^2/\text{добу}$ , на мийку фільтромаси –  $150\text{-}200 \text{ дм}^3$  на 1 кг сухої маси [7].

Кількість води на мийку пивних фільтрів приймається в розмірі 20 л на одну раму. У мийному і розливному цехах вода витрачається на мийку пляшок і бочок ( $200\text{-}300 \text{ дм}^3$  на  $100 \text{ дм}^3$  ємності пляшок;  $100 \text{ дм}^3$  на  $100 \text{ дм}^3$  ємності бочок), мийних і розливних машин, ізобаричних апаратів, збірок фільтрованого пива, пивопроводу і підлог виробничих приміщень [7].

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

Добова витрата води на холодильне обладнання становить 1000-1500 дм<sup>3</sup> на 100 дм<sup>3</sup> готового пива.

Для зменшення скидання забруднень зі стічними водами необхідно попереджати їх надходження, утилізуючи їх, наприклад, на корм худобі. На солодових заводах зниження кількості стічних вод може бути досягнуто шляхом раціоналізації схеми промивання і впровадження оборотної системи водопостачання [8].

Перед початком проектування очисних споруд на підприємстві з метою заощадження найкраще впроваджувати заходи по зменшенню водоспоживання та водовідведення. Наприклад, допоможуть зменшити обсяг стічних вод і кількість забруднюючих речовин вдосконалення та оновлення обладнання, навчання персоналу, вдосконалення технологій мийки сировини та пляшок, раціональне використання води на різних технологічних стадіях з мінімальними втратами, удосконалення точок контролю на виробництві, мінімізація ризиків виникнення аварійних ситуацій.

#### 1.1.2 Склад стічних вод пивоварного заводу

Забруднення стічних вод пивоварних заводів складаються з різних залишків: пива, дріжджів, відпрацьованого зерна, обривків паперових етикеток, корінців пророслого ячменю, хмелю та ін. Промислові стічні води бродильних підприємств, до яких відносяться і пивоварні заводи, містять органічні забруднення тваринного і рослинного походження (білки, амінокислоти, вуглеводи, жири), мінеральні домішки (сульфати, фосфати, нітрати, нітрити), біологічні забруднення (мікроорганізми). Особливістю даних стічних вод є погана здатність до осадження та фільтрації. Білки і вуглеводи, що містяться в стічних водах, швидко загнивають, при цьому процесі виділяючи органічні кислоти (молочну, масляну, оцтову), тому при загниванні середовище закиснюється.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13



Стічні води підприємств пивоварної промисловості відносяться до висококонцентрованих. Найбільш забрудненими є стічні води, що утворюються при митті і замочуванні зерна, від відпрацьованого хмелю, від миття маси, що фільтрується, після фільтрування суслу і відмивання відпрацьованих дріжджів. Такі стічні води характеризуються високим вмістом забруднень по завислих речовинах – 10000-15000 мг/дм<sup>3</sup>, по БСК<sub>5</sub> – 5000-10000 мг/дм<sup>3</sup> [7]. Такі води складають приблизно 27% від загальної кількості стічних вод. Решта забруднені по завислих речовинах на 90-200 мг/дм<sup>3</sup> і БСК<sub>5</sub> – 20-40 мг/дм<sup>3</sup>, за рН відносяться до слабокислих.

Стічні води солодових виробництв містять розбавлені розчини цукру, камеді, білків, неорганічних солей (фосфорнокислі солі лужних і лужноземельних металів), в яких, крім перерахованих забруднень, також можуть бути суспендовані частки землі, зерна. Пиво в стічні води потрапляє тільки під час мийки чанів або при аваріях. При отриманні пива з зерна, хмелю і дріжджів ХСК становить 66,5 мг/дм<sup>3</sup>, БСК<sub>5</sub> - 77,5 мг/дм<sup>3</sup>. При отриманні пива з солоду цей показник збільшується і досягає 222 мг/дм<sup>3</sup>, а БСК<sub>5</sub> зменшується до 53,9 мг/дм<sup>3</sup>. У стічних водах може спостерігатись нестача поживних речовин, біогенних стимуляторів, азоту, фосфору, необхідних для біологічного очищення. Стічні води дріжджових цехів пивоварних заводів забруднені в основному органічними речовинами (залишки олій, дріжджові клітини, білки, вуглеводи і т. д.). Вони мають специфічний дріжджовий запах, низьку прозорість (від 0 до 2 см по Снеллену), жовтий або кавовий колір, рН 6- 7,2, завислих речовин 500-2000 мг/дм<sup>3</sup>, ХСК – 650-1200 мг/дм<sup>3</sup> і БСК<sub>5</sub>- 1200-300 мг/дм<sup>3</sup>. У цих стічних водах міститься значна кількість азоту – 60-200 мг/дм<sup>3</sup>, фосфору – 100 мг/дм<sup>3</sup>, калію – 480 мг/дм<sup>3</sup> при БСК<sub>5</sub> цих стічних вод 1500 мг/дм<sup>3</sup> і слаболужному рН 4-7,2.

При аналізі літературних джерел, що присвячені дослідженню складу стічних вод пивоварних заводів, а також технологіям очистки цих стічних вод [9,10,11], було сформовано характеристику стічних вод, що наведена у Таблиці 1.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

Стічні води пивоварних заводів зазвичай мають високе ХСК, через наявність багатьох органічних включень (цукрів, крохмалю, етанолу, летких жирних кислот). Зазвичай температура стічних вод коливається від 25°C до 38°C. Для виробництва напоїв характерні значні тимчасові коливання кількості і концентрації стічних вод, залпові скиди. Значення показника рН також коливається, але здебільшого залишається лужним. Залпові скиди обумовлені надходженням в заводську каналізацію відпрацьованих миючих розчинів і дезінфікуючих речовин (наприклад, каустичної соди), рівень показника рН стічних вод в цей момент може бути більше 11. Таким чином, показник рН може коливатись від 2 до 12, в залежності від кількості та типу хімічних речовин, що використовуються у виробництві та при митті приміщень та обладнання (наприклад, їдкий натр, фосфорна кислота, азотна кислота тощо). Проте суміш усіх стічних вод підприємства зазвичай є розбавленою за кислотністю та має рН слабколужний, близький до нейтрального.

Таблиця 1.1. Приклад складу стічних вод пивоварних заводів [9].

Показник	Значення
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	2000-4000
БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	1200-3600
БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	900-2700
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	1500-2000
Колір	Світло-зелений, світло-жовтий
рН	5-10
t, °C	18-30
Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	38
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	10-50
СПАР, мг/дм <sup>3</sup>	20

Дезінфікуючі хімічні речовини, що включають сполуки хлору, використовують для знищення мікроорганізмів, що шкідливі для пивоварної промисловості та споживачів. Значення концентрацій азоту та фосфору в основному залежать від способу обробки сировини та кількості дріжджів, що знаходяться в стоках.

Стічні води підприємств пивоварної та безалкогольної промисловості скидаються в різні каналізаційні мережі в залежності від характеристики. Стічні води підприємств пивоварної промисловості очищаються на спорудах механічної та біологічної очистки. При цьому 50-75% стічних вод не повинні піддаватися очищенню і можуть бути повторно використані, що видно з Таблиці 2.

Таблиця 1.2. Характеристика стічних вод пивоварних заводів [12]

Стічні води	Кількість стічних вод, %	Відсоток від загальної кількості забруднення
Сильно забруднені	15	90
Слабо забруднені	35	10
Умовно чисті з тепловим забрудненням	30	0

## 1.2 Аналіз та вибір технології попереднього очищення стічних вод

### 1.2.1 Аналіз технологій очищення стічних вод

Тенденції у проектуванні споруд очищення стічних вод у галузі харчової промисловості, що відносяться в тому числі і для пивоварних підприємств:

- Замість аеротенків-витиснювачів використання аеротенків-змішувачів, що є більш ефективними при очищенні стічних вод перемінного складу, при залпових скидах та коливаннях концентрацій забрудників.

- Замість аеротенків використовують біофільтри, таки чином зводиться до мінімуму спухання і винос біомаси; відсутня піна, краще проходить седиментація.
- Біофільтри з об'ємним завантаженням замінюють на біофільтри з площинним завантаженням, зважаючи на переваги останніх: швидкість монтажу, відсутність замулення верхнього шару, низька енергоємність [13].
- Комбінують аеротенки з біофільтрами задля компенсації негативних та взаємопокращення позитивних властивостей тих і інших споруд [14].
- Аеробне очищення замінюють на анаеробне або використовують у комбінації з ним. Це пов'язано з тим, що на практиці стічні води харчових підприємств є набагато більш концентрованими, ніж прийнято вважати. Також анаеробне очищення має ряд переваг, наприклад: відсутність витрат на аерацію, простота в обслуговуванні, низький приріст активного мулу, краще зневоднення осаду; часткова компенсація витрат на очистку стічних вод за рахунок утворення та використання на підприємстві отриманого метану [15,16,17].
- Передовим напрямком у технологіях очищення стічних вод є створення маловідходних технологій. При очищенні стічних вод пивоваріння намагаються домогтися такого очищення води, щоб її можна було повернути в технологічний процес, а активний мул, що утворився в результаті очищення, використовують як добриво або кормову добавку для тварин. Існують технології очищення стічних вод спиртової та виноробної промисловості з отриманням зворотної води, біогазу, біомаси, збагаченої вітаміном B<sub>12</sub> [18,19].

Достатньо ефективним, класичним та нескладним рішенням є аеробна очистка на блоках біологічного очищення «УМКА-БІО», що пропонується

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

українською компанією Е.Т.Е, яка займається проектуванням готових технологічних рішень по очистці стічних вод різноманітного складу в тому числі для пивоварень.

Наведена технологія очищення виробничих стічних вод пивоварні базується на використанні комбінації методів: механічних, таких як усереднення, відстоювання, фільтрування, хімічна обробка та біологічне аеробне очищення. Ефективність технології наведена у Таблиці 3.

Згідно доступних для ознайомлення та аналізу даних проекту технологічні рішення базуються на основі принципів нормативної літератури, а саме ДБН В.2.5-75 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди », патенту на винахід №116322 «Спосіб очищення стічних вод і пристрій для його реалізації», ТУ на установку очищення виробничих стічних вод «УМКА-ORGANIC» ТУ У 42.2-38674771-010: 2019 і ТУ на установку очищення господарсько-побутових стічних вод «УМКА-БІО» ТУ У 42.2-38674771-002 та можуть забезпечити необхідний ступінь очищення стічних вод при мінімальних експлуатаційних витратах [20]. Загальна схема очисних споруд наведена на Рисунку 1.

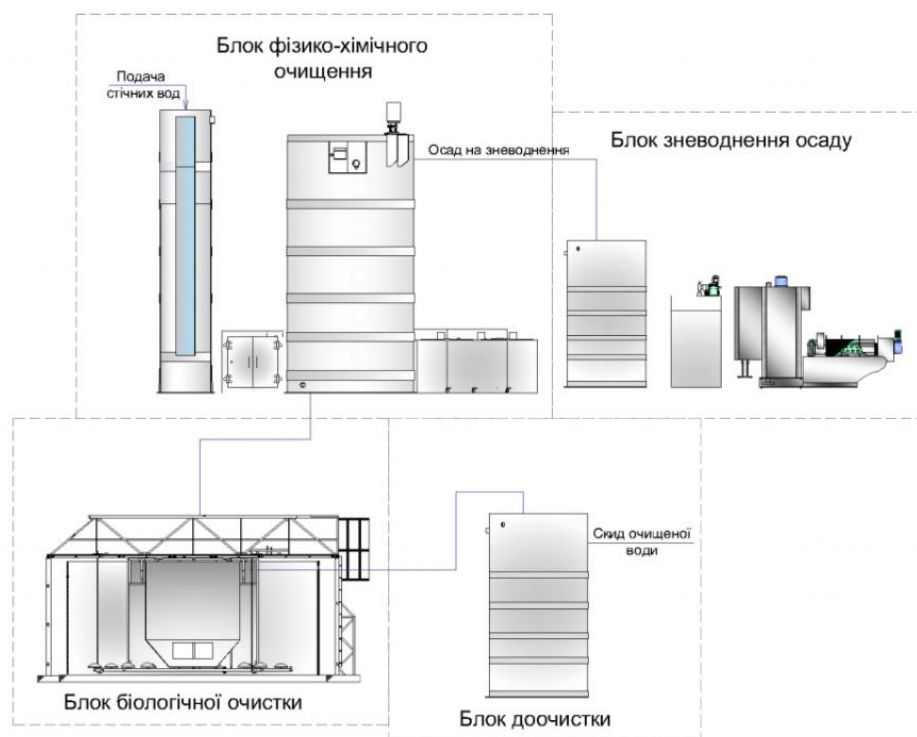


Рисунок 1. Загальна схема очисних споруд пивоварні компанії Е.Т.Е [20].

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

Стічні води підприємства збираються в усереднювачі. Відстоювання виробничих стічних вод разом з реагентною обробкою відбувається в комплексній моноблочній установці «УМКА-ORGANIC», що включає в себе хімічний реактор і реагентне господарство. Біологічне очищення виробничих стоків і господарсько-побутових стічних вод проходить в аеробних біореакторах «УМКА-БІО», де відбувається деструкція білків, жирів, вуглеводів, поверхнево-активних речовин, аміаку, аміно- і амідосполук бактеріями і найпростішими, які знаходяться як в іммобілізованому, так і у вільно плаваючому стані.

Таблиця 1.3. Ефективність аеробної очистки на установках «УМКА» [20]:

Показник	Характеристика СВ		Ефективність очистки	
	Од. виміру	Показник	Після хімічного реактору, мг/дм <sup>3</sup>	Після блоку біологічного очищення «УМКА-БІО», мг/дм <sup>3</sup>
Завислі чечовини	мг/дм <sup>3</sup>	823	15	10
БСК <sub>5</sub>		1800	430	3,0
ХСК		2800	700	48,1
СПАР		0,25	0,0	0,0
Азот амонійний		37,3	37,3	0,1
Нітроти		3,6	3,6	0,08
Нітрати		53	53	32
Фосфати		19	2,13	1,1

Знезараження стічних вод проводять озоном, що подається від озонатора в систему озонування відстійника установки «УМКА-БІО». Блок обробки осаду включає в себе ємність для накопичення осаду, що утворюється в процесі роботи установки «УМКА-ORGANIC». У міру накопичення осад

підлягає відкачуванню асенізаційної машиною і вивезення в місця відведені органами місцевого самоврядування, погоджені санітарно-епідеміологічною станцією та управлінням екології та природних ресурсів.

Підтримка якості води, що утворюється після очищення на пивоварних підприємствах, пов'язана і з глибоким очищенням стічних вод від сполук азоту та фосфору. Якість води визначається як розвитком нових технологічних рішень, так і дослідженням біотрансформації комплексу сполук азоту.

Імобілізація мікроорганізмів з метою спрямованої селекції деструкторів сполук азоту та фосфору дозволяє значно інтенсифікувати видалення цих компонентів з стічних вод і знизити їх зміст до рівня ГДК [6]. Завдяки послідовній зміні біоценозів по довжині (висоті) біореактора і по періоду аерації (так званої просторової сукцесії) стічна вода піддається глибокій біологічній очистці від розчинених і колоїдних речовин [7]. У біофільтрах, які тривалий час працюють в системах очищення стічних вод постійного складу, спостерігається концентраційний розподіл субстрату і реалізується концепція просторової сукцесії [8]. Висока селективність біологічного процесу окиснення кожного компонента стічних вод і велика концентрація адаптованих мікроорганізмів забезпечують високу швидкість біоокиснення і відповідно високу продуктивність процесу очищення стічних вод.

Науковими співробітниками ТОВ ПКФ «ВЭКО» розглядаються перспективи застосування біофільтрів для очищення стічних вод пивоварних заводів. Конструкція біологічного очищення являє собою п'ятисекційний біофільтр, секції якого послідовно з'єднані між собою і забезпечені системою аерації. Перша, третя і п'ята секція заповнені завантажувальним матеріалом. Вода надходить знизу 1-ї секції і проходить всі секції по черзі, відводиться очищена вода з 5-ї секції. Час перебування води в такій системі – 6-8 годин.

В якості завантажувального матеріалу використовується керамзит дренажний, середній діаметр частинок якого 5-10 мм. Цей матеріал був обраний на підставі досить високої питомої поверхні і високої спорідненості

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

до закріплення мікроорганізмів. Крім основної функції як носія закріпленої біомаси керамзит в п'ятій секції виконує функцію механічного фільтра.

Експериментально було встановлено [21], що в секційному біофільтрі протікає успішна очищення стічних вод: до 90% за ХСК, до 90% за амонійним азотом при характеристиці води, що наведена у Таблиці 4. При цьому в об'ємі біофільтра, що аерується, існують аноксидні зони, де можуть протікати процеси денітрифікації і створюватися умови для ефективної дефосфатації біомаси. Дотримання температурного режиму в діапазоні 24...30°C і поєднання різних фракцій керамзиту для завантаження біофільтра також є сприятливими факторами для комплексного видалення біогенних елементів і глибокого видалення всіх форм азоту [9]. Проте варто зазначити, що дослідження були проведені для стічних вод, що за показниками схожі на побутові, які за концентраціями забруднень у 5-10 разів більш чисті, ніж стічні води пивоварних підприємств. Також побутові стічні води мають більш постійний склад.

Таблиця 4. Ефективність очищення стічних вод від біогенних елементів на багатосекційному біофільтрі [21].

Секція біофільтра	Концентрація, мг/дм <sup>3</sup>				
	ХСК	Амонійний азот	Нітрити	Нітрати	Фосфати
Стоки підприємства	340	25,2/12,13	0,276/0,001	Не виявлено	14/3,9
2-га секція	44	21,3/5,97	3,18/0,001	0,67/0,001	10/1,2
4-та секція	-	12,7/0,47	7,45/0,13	6,2/1,3	10,5/2,1
Очищена вода	38	7,4/0,0	6,4/0,07	11,8/4,4	8,8/1,6

\*максимальне/мінімальне значення

Проте, науковий і практичний інтерес дійсно представляє подальше дослідження процесів очищення стічних вод пивоварних виробництв від органічних сполук з одночасним глибоким видаленням сполук азоту на базі

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21



посекційного біофільтра, що є дійсно дуже ефективним рішенням для такого типу забруднень, проте на сьогодні недостатньо обґрунтованих наукових даних для практичного використання такого метода у промислових масштабах.

В даний час на харчових підприємствах широко застосовуються методи анаеробно-аеробного очищення. Одним з таких методів є очищення стічних вод на ASB-реакторі (метан-реактор) і подальше доочищення на OSB-реакторі (аеротенк). Під анаеробними процесами маються на увазі процеси обробки стічних вод в безкисневих умовах. В основі анаеробної очистки від органічних забруднень лежить процес метанового бродіння – процес перетворення речовин на біогаз.

Анаеробні реактори стійкі до тривалих перерв подачі стічної води, що дозволяє ефективно використовувати їх для очищення стоків сезонних виробництв, таких як виробництво пива.

Як приклад розглянемо принцип роботи очисних споруд пивоварної компанії SABMiller [22], на якій були введені в експлуатацію анаеробно-аеробні очисні споруди. Схема очищення стічних вод наведена на Рисунку 1.2.

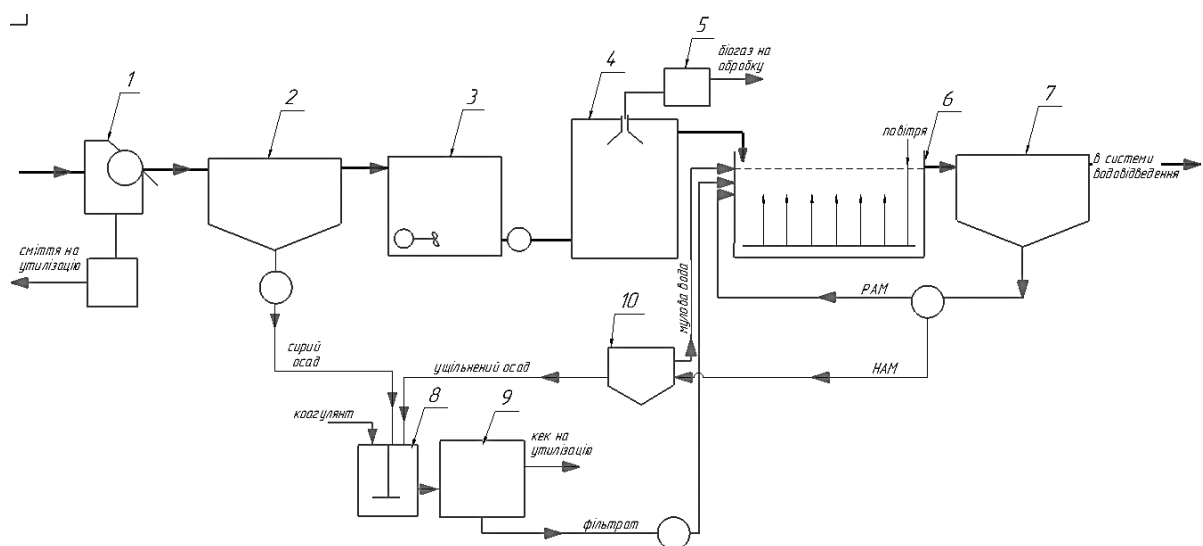


Рисунок 1.2. Схема очищення стічних вод пивоварного заводу із застосуванням анаеробно-аеробної технології [22].

Технологічна схема включає барабанні решітки 1, первинний відстійник 2, змішувач-усереднювач 3, анаеробний реактор ASB (тип UASB) 4, аеробний реактор (аеротенк) 6, вторинний освітлювач 7, станції дозування реагентів, станцію зневоднення осаду на стрічковому фільтр-пресі 9.

Стічні води, що пройшли стадію механічного очищення, подаються в змішувач-усереднювач, в якому здійснюється доведення рН до нейтрального перед подачею в анаеробний реактор шляхом додавання каустичної соди або соляної кислоти. Виробництво пива є сезонним та сягає максимальних обсягів у літні місяці. При максимальному виробничому навантаженні високий ступінь очищення забезпечують два паралельно працюючих змішувача-усереднювача та два анаеробних реактора.

Для аеробного процесу очищення склад стоків не збалансований за співвідношенням С: N: P - спостерігається дефіцит азоту і фосфору. Таким чином, в разі застосування одностадійного аеробного очищення треба було б додатково вводити біогенні елементи в стічні води.

На стадії анаеробної очистки застосовують BIOMAR ASB реактор типу UASB. Процес протікає при температурі 35...37°C, яку підтримують нагріванням паром. Заключне аеробне доочищення проводиться після анаеробної стадії. Аеротенк розділений на дві частини (каскади), повітря в реактор подається дрібнобульбашковими аераторами [22]. Якість очищеної стічної води відповідає вимогам, що пред'являються до стічних вод, що скидаються в системи водовідведення міста.

Залежно від обсягів і забруднення стічних вод незалежно один від одного можуть функціонувати один або два аеротенка. Первинний осад і надлишковий активний мул (аеробний і анаеробний) збираються в накопичувачах і згущуються, після чого осад направляється на зневоднення на центрифугі.

Біогаз, що утворюється в метан-реакторі ASB, накопичується у газгольдері. В результаті анаеробної очистки від 85 до 95% органічних сполук, присутніх в стічній воді, розкладаються до метану і вуглекислого газу, суміш

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

яких називається біогазом. Саме цим пояснюється те, що утворення надлишкової біомаси при анаеробному процесі є незначним, що вигідно відрізняє його від аеробних систем. Реактор забезпечує відведення освітленої води та біогазу з реактора. Утворений біогаз, що містить 75-80% метану, збирається в спеціальних секціях реактора над дзеркалом води і відводиться по системі трубопроводів. Трубопровід, по якому відводиться біогаз з реактора, оснащений витратоміром і необхідними захисними пристроями (запобігання надлишковому і зниженому тиску та ін.)[22]. Біогаз пропонується направляти на очищення та спалювати, щоб використовувати отриману теплову енергію для виробничих потреб. Надлишок біогазу можна спалювати.

Аеробне доочищення стічної води проходить у аеротенку та вторинному відстійнику. Аеробні очисні споруди доцільні для досягнення найнижчих показників по забруднюючих речовинах (ХСК, БСК, фосфор, азот). Повітря, необхідне для аерації води, подається в аеротенк за допомогою роторно-щілинних повітродувок. Їх робота регулюється автоматично для підтримки заданої концентрації розчиненого кисню у воді. Аеротенк обладнаний спеціальною системою розподілу повітря з дрібнобульбашкових аераторів мембранного типу. Таким чином в аеротенку ефективно перебігають процеси нітрифікації-денітрифікації [22]. Поділ суміші очищеної стічної води та активного мулу здійснюється у вторинному відстійнику. Частина активного мулу з відстійника повертається в аеротенк, надлишковий мул перекачується на станцію зневоднення. Для контролю вмісту фосфатів в очищеному стоці передбачена можливість дозування в аеротенк розчину хлорного заліза. Очищена стічна вода з освітлювача самопливом надходить в міські системи водовідведення. Характеристика ефективності очистки наведена у Таблиці 1.5.

Очисні споруди високоавтоматизовані, оснащені всіма необхідними контрольно-вимірювальними приладами і автоматикою, включаючи контроль рівня в ємностях і реакторах, вимір і автоматичне регулювання витрати, контроль і регулювання рівня рН, температури, вмісту розчиненого кисню в аеротенках. Управління роботою очисних споруд здійснюється з комп'ютера.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		24

Система візуалізації дозволяє оператору контролювати і змінювати параметри роботи споруд в реальному часі, переглядати історію цих змін, формувати звіти. Споруди обслуговуються одним оператором в зміну. Поточний хіміко-аналітичний контроль, що проводиться 1 раз на добу, дозволяє відстежувати роботу анаеробного і аеробного ступенів очищення і забезпечувати необхідну якість води на виході з очисних споруд [22].

Таблиця 1.5. Ефективність очищення стічних вод анаеробно-аеробною технологією [22].

Показник забруднення	До очищення, мг/дм <sup>3</sup>	Після очищення, мг/дм <sup>3</sup>
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	2000-4000	40
БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	1200-3600	15
БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	900-2700	10
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	1500-2000	30
рН	5-10	7
Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	38	0,3
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	10-50	0,5
СПАР, мг/дм <sup>3</sup>	20	0,5

Споруди біологічної очистки дозволяють досягти необхідної якості очищення при мінімальних експлуатаційних витратах і низьких обсягах утворення вторинних відходів. В даний час очисні споруди, що поєднують анаеробний і аеробний методи очищення для стічних вод харчової промисловості - найоптимальніші. Досвід експлуатації анаеробно-аеробних очисних споруд показав високу ефективність і стійкість їх роботи. Так, в літні місяці, при максимальних обсягах виробництва пива, потужність ASB реактора досягає 7-9 кг ХСК/м<sup>3</sup>, що в десять і більше разів вище, ніж в класичних системах аеробного очищення з використанням аеротенків або біофільтрів. Після аеробного доочищення типове значення стічної води на

виході з споруд становить 30...40 мг/дм<sup>3</sup>, завислих речовин - 25...30 мг/дм<sup>3</sup>, азоту амонійного - 0,2...0,3 мг/дм<sup>3</sup> [22].

Основною проблемою анаеробно-аеробного очищення є ініціювання процесу очищення і повільне наростання маси мулу в анаеробному реакторі. Анаеробний мул повинен бути адаптований до спектру забруднень стічних вод і містити всі необхідні групи мікроорганізмів для забезпечення метаногенезу. Проблему можна вирішити шляхом внесення активного мулу з аналогічних працюючих очисних споруд інших підприємств, або шляхом напрацювання маси активного мулу в лабораторії.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 1.2.2 Вибір технології попереднього очищення стічних вод

При виборі технології попереднього очищення були враховані умови приймання стічних вод у каналізаційну мережу міста Миколаїв [23], що наведені у Таблиці 1.7. При цьому згідно завдання витрата стічних вод міста 87 000 м<sup>3</sup>/добу, з них побутових 80 000 м<sup>3</sup>/добу.

Таблиця 1.7. Допустима якість стічних вод для скиду у міські системи водовідведення міста Миколаїв [23]

Показник	Одиниця виміру	Максимально допустиме значення
Реакція середовища (рН)	од.рН	6,5-9,0
Температура	°С	Не вище +40
БСК <sub>5</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	223,4
ХСК	мг/дм <sup>3</sup>	500,0
Співвідношення ХСК:БСК <sub>5</sub>	-	<2,5
Завислі речовини та речовини, що спливають	мг/дм <sup>3</sup>	254,3
Азот амонійний (N)	мг/дм <sup>3</sup>	20,0
Нітрити (NO <sub>2</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	2,3
Нітрати (NO <sub>3</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	29,2
Фосфати(PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	5,8
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )*	мг/дм <sup>3</sup>	217
СПАР	мг/дм <sup>3</sup>	1,33

Використання анаеробно-анаеробного методу попереднього очищення стічних вод на пивоварному заводі дозволяє досягти наступних показників:

Таблиця 1.8. Усередненні значення якості стічних вод пивоварного заводу до і після попереднього очищення

Показник забруднення	До очищення, мг/дм <sup>3</sup>	Після очищення, мг/дм <sup>3</sup>
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	3000	450
БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	1800	280
БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	1500	220
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	900	80
рН	7	7
Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	38	18
Нітрати	10-15	2,5
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	15	5,5
СПАР, мг/дм <sup>3</sup>	20	1,1

Витрата стічних вод пивоварного заводу становить 7000 м<sup>3</sup>/добу.

Стічні води за анаеробно-аеробною спочатку проходять стадію механічного очищення, а саме барабанні решітки, первинний відстійник, усереднювач, потім поступають на першу стадію біологічної очистки у анаеробний реактор типу UASB. Наступна стадія очистки є аеробною, проводиться в аеротенку. Якість очищеної стічної води відповідає вимогам, що пред'являються до стічних вод, що скидаються в системи водовідведення міста, що наведено у Таблиці 1.8. Обробка осаду забезпечується на станції зневоднення осаду на стрічковому фільтр-пресі.

В результаті анаеробної очистки від 85 до 95% органічних сполук, присутніх в стічній воді, розкладаються до метану і вуглекислого газу, суміш яких називається біогазом. Утворений біогаз, що містить 75-80% метану, збирається в спеціальних секціях реактора над дзеркалом води і відводиться по системі трубопроводів. Трубопровід, по якому відводиться біогаз з реактора, оснащений витратоміром і необхідними захисними пристроями

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

(запобігання надлишковому і зниженому тиску та ін.). Біогаз пропонується направляти на очищення та спалювати, щоб використовувати отриману теплову енергію для виробничих потреб. Надлишок біогазу можна спалювати.

Очисні споруди високоавтоматизовані, оснащені всіма необхідними контрольно-вимірювальними приладами і автоматикою, включаючи контроль рівня в ємностях і реакторах, вимір і автоматичне регулювання витрати, контроль і регулювання рівня рН, температури, вмісту розчиненого кисню в аеротенках. Поточний хіміко-аналітичний контроль, що проводиться 1 раз на добу, дозволяє відстежувати роботу анаеробного і аеробного ступенів очищення і забезпечувати необхідну якість води на виході з очисних споруд.

Зважаючи на вимоги до ступеня очистки стічних вод для скиду в міську систему водовідведення міста Миколаїв, а також актуальність та ефективність застосування технологій, які було оглянуто, вирішено застосувати анаеробно-аеробну технологію для попереднього локального очищення стічних вод пивоварного заводу.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



### 1.3. Вибір схеми очищення стічних вод підприємства та міста

Для очищення суміші стічних вод міста та пивоварного заводу пропонується наступна комплексна схема, наведена на Рисунку 3.

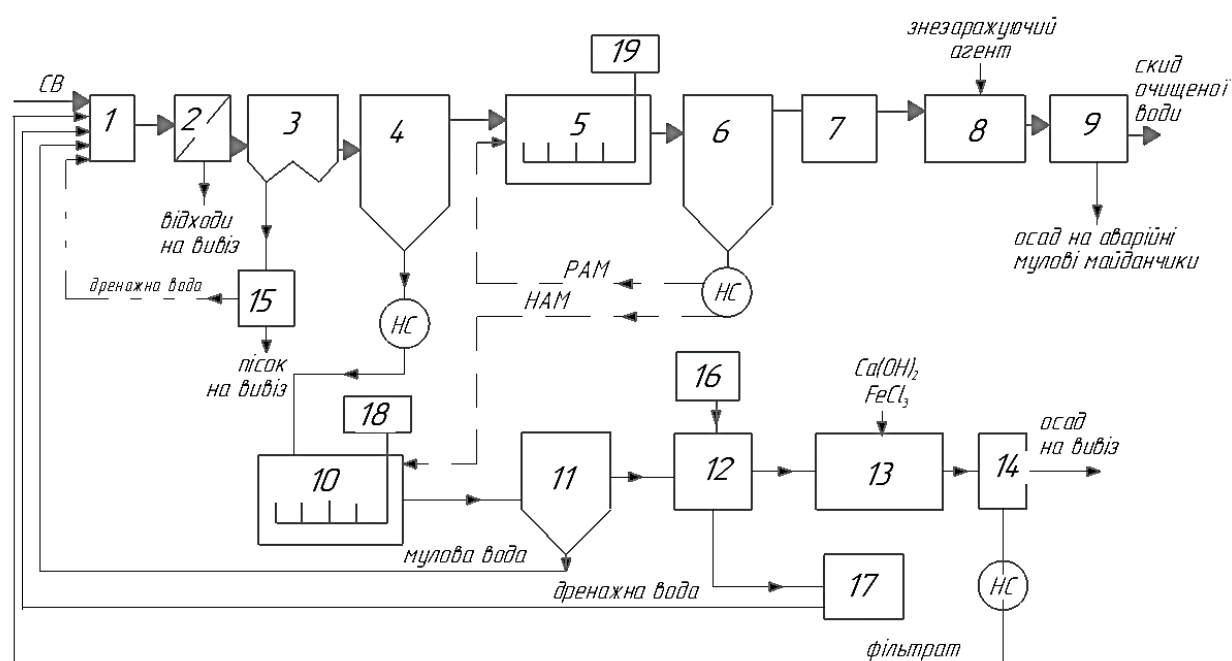


Рисунок 3. Комплексна схема очищення стічних вод пивоварного заводу та міста Миколаїв

1 – приймальна камера, 2 – решітки, 3 – пісковловлювач, 4 – первинний відстійник, 5 – аеротенк, 6 – вторинний відстійник, 7 – біологічний ставок, 8 – змішувач, 9 – контактний резервуар, 10 – аеробний стабілізатор, 11 – ущільнювач осаду, 12 — камера дегельмінтизації, 13 – камера реагентної обробки, 14 – фільтр-прес, 15 – піскові майданчики, 16 – котельня, 17 – аварійні мулові майданчики, 18,19 – повітродувні станції.

Міські стічні води поступають на очисну станцію, спершу потрапляючи в приймальну камеру 1. Механічне очищення проходить на решітках 2 та пісковловлювачах 3. Відходи від решіток вивозяться, а від пісковловлювача поступають на піщаний майданчик на зневоднення, звідки потім вивозяться, а дренажна вода повертається в голову споруд. Стічні води проходять у первинний відстійник 4, де шляхом відстоювання видаляється певна кількість забруднень. Осад відкачується у аеробний стабілізатор 9. Після первинного відстоювання стічні води надходять в аеротенк 5, де аеруються повітрям з

повітродувної станції 17, таким чином перемішуються та біологічно очищаються, а після цього відстоюються знову, тепер у вторинному відстійнику. Надлишковий активний мул відкачується, частина його поступає назад у аеротенк у вигляді рециркуляційного активного мулу, а інша частина проходить в аеробний стабілізатор 9. З вторинного відстійника стічні води поступають у змішувач, куди дозується знезаражуючий реагент, а після перемішування надходять у контактний резервуар 8, звідки скидаються у водойму. Осад з контактного резервуару відводиться на аварійні мулові майданчики 16.

Осад у аеробному стабілізаторі аерується. Від стабілізатора осад надходить ущільнювач осадів 10, потім у камеру дегельмінтизації 11, де термічно обробляється та знезаражується, а після цього подається у камеру реагентної обробки 12, та після неї на фільтр прес 13 для максимального зменшення вологості. Зневоднений осад вивозиться. Мулова вода від ущільнювача осадів та фільтрат від фільтр-пресу повертаються у голову очисних споруд.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

#### 1.4. Розрахункові витрати стічних вод

Згідно з завданням середня витрата СВ міста складає 87 000 м<sup>3</sup>/добу, з них побутових – 80 000 м<sup>3</sup>/добу.

Середньогодинна витрата СВ:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{87000}{24} = 3625 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (1.4.1)$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер.с}} = \frac{Q_{\text{сер.год}}}{3600} = \frac{3625}{3600} = 1,007 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (1.4.2)$$

Середньосекундна витрата в дм<sup>3</sup> становить:

$$q_{\text{сер.с}} = Q_{\text{сер.с}} \cdot 1000 = 1,007 \cdot 1000 = 1007 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (1.4.3)$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод :

$$q_{\text{max.с}} = K_{\text{max}} q_{\text{сер.с}} = 1007 \cdot 1,47 = 1480 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (1.4.4)$$

$$q_{\text{min.с}} = K_{\text{min}} q_{\text{сер.с}} = 1007 \cdot 0,69 = 695 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (1.4.5)$$

де  $K_{\text{max}}, K_{\text{min}}$  – коефіцієнти нерівномірності водовідведення[24, табл 2].

Максимальна та мінімальні годинні витрати стічних вод:

$$Q_{\text{max.год}} = K_{\text{max}} Q_{\text{сер.год}} = 3625 \cdot 1,47 = 5329 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (1.4.6)$$

$$Q_{\text{min.год}} = K_{\text{min}} Q_{\text{сер.год}} = 3625 \cdot 0,69 = 2501 \frac{\text{дм}^3}{\text{сек}} \quad (1.4.7)$$

## 1.5 Розрахункові концентрації забруднень стічних вод

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод визначається за формулою:

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{поб}}}, \text{мг} / \text{дм}^3, \quad (1.5.1)$$

де  $a$  – кількість забруднюючих речовин на одного жителя, г/доб, яка приймається [24, табл 25]: 65 г/доб завислих речовин, 75 г/доб – БСК<sub>повн</sub>, 2,5 г/доб – ПАР;  $N$  – кількість жителів міста, визначається з врахуванням норми водовідведення – 200 дм<sup>3</sup>/доб·люд.;  $Q_{\text{поб}}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

$$N = \frac{Q_{\text{поб}}}{200} \cdot 1000 = \frac{80\,000}{200} \cdot 1000 = 400\,000 \text{ жителів.} \quad (1.5.2)$$

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ЗР}} = a_{\text{ЗР}} \cdot \frac{N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{65 \cdot 400\,000}{80\,000} = 325 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \quad (1.5.3)$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{БСК}} = \frac{a_{\text{БСК}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{75 \cdot 400\,000}{80\,000} = 375 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \quad (1.5.1)$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ПАР}} = \frac{a_{\text{ПАР}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{2,5 \cdot 400\,000}{80\,000} = 12,5 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \quad (1.5.4)$$

Концентрація забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод визначається за формулою:

$$C_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{мг} / \text{дм}^3, \quad (1.5.5)$$

де  $C_{\text{вир}}$  – концентрація забруднень у виробничих стічних водах після їх очищення на локальних очисних спорудах, мг/дм<sup>3</sup>;  $Q_{\text{вир}}$  – витрата виробничих стічних вод, 7000 м<sup>3</sup>/доб.

Концентрація завислих речовин у суміші стічних вод:

$$C_{\text{сум,ЗР}} = \frac{C_{\text{ЗР}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,ЗР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{мг / дм}^3. \quad (1.5.6)$$

$$C_{\text{сум,ЗР}} = \frac{325 \cdot 80\,000 + 80 \cdot 7\,000}{87\,000} = 305 \text{ мг/дм}^3$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{C_{\text{БСК}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,БСК}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{мг / дм}^3. \quad (1.5.7)$$

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{375 \cdot 80\,000 + 280 \cdot 7\,000}{87\,000} = 367 \text{ мг/дм}^3$$

Концентрація ПАР у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,ПАР}} = \frac{C_{\text{ПАР}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,ПАР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{мг / дм}^3. \quad (1.5.8)$$

$$C_{\text{сум,ПАР}} = \frac{12,5 \cdot 80\,000 + 1,1 \cdot 7\,000}{87\,000} = 11,6 \text{ мг/дм}^3$$

## 1.6 Нормативи якості води у водоймі

Необхідний ступінь очищення розраховується за методом Фролова-Родзілера. Згідно завдання, водойма відноситься до рибогосподарських II категорії. До рибогосподарського водокористування відноситься використання водних об'єктів для проживання, розмноження і міграції риб та інших водних організмів. У розрахунковому створі за течією річки на 1 км від найближчого пункту водокористування повинні забезпечуватися наступні показники якості води[25]:

- приріст завислих речовин не більше  $0,75 \text{ мг/дм}^3$ ;
- біохімічна потреба в кисні  $\leq 3 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  при температурі  $20^\circ\text{C}$ ;
- розчинений кисень  $\geq 4 \text{ мг/дм}^3$

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

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{1,45 \cdot 3,5}{200} = 0,025 \quad (1.6.1)$$

де  $V_{cp}$ - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом,  $1,45 \text{ м/с}$  (згідно завдання);  $H_{cp}$ - середня глибина річки на тій же ділянці,  $3,5 \text{ м}$  (згідно завдання).

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

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{сер.с}}} = 1,5 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,025}{1,007}} = 0,66 \quad (1.6.2)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт звивистості річки, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій –  $1,5$ ;  $\xi$  – коефіцієнт, що залежить від

місця і конструкції випуску стічних вод у водойму (при русловому випуску – 1,5);

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left( \frac{Q}{Q_{\text{сер.с.}}} \right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}$$

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left( \frac{Q}{Q_{\text{сер.с.}}} \right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0,66 \sqrt[3]{3000}}}{1 + \left( \frac{15}{1,007} \right) e^{-0,66 \sqrt[3]{3000}}} = \frac{0,999}{1,001} = 0,998 \quad (1.6.3)$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, 3000 м (згідно завдання); Q - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, 15 м³/с (згідно завдання).

## 1.7 Необхідний ступінь очищення стічних вод

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

$$\begin{aligned} C_{\text{ЗР}}^{\text{доп}} &= p \cdot \left( \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сер.с}}} + 1 \right) + C_{\text{ф}} = \\ &= 0,70 \cdot \left( \frac{0,998 \cdot 15}{1,007} + 1 \right) + 20 = 31,1 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \quad (1.7.1) \end{aligned}$$

де p - приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм³ (0,70 г/м³); C<sub>ф</sub>- фонові концентрації завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, 20 мг/дм³ (згідно завдання).

Допустимі значення БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що скидаються у водойму:

$$\begin{aligned} C_{\text{БСК}}^{\text{доп}} &= \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сер.с}}} \cdot \left( \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k-t}} - C_{\text{БСК}}^{\text{ф}} \right) + \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k-t}} = \\ &= \frac{0,998 \cdot 15}{1,007} \cdot \left( \frac{3}{10^{-0,1 \cdot 0,023}} - 3 \right) + \frac{3}{10^{-0,1 \cdot 0,023}} = 3,25 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \quad (1.7.2) \end{aligned}$$

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

де  $C_{\text{БСК}}^{\text{доп}}$  - значення БСК<sub>повн</sub>, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод;  $C_{\text{БСК}}^{\text{н}}$  - гранично-допустиме значення БСК<sub>повн</sub> у розрахунковому створі річки, 3 мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{\text{БСК}}^{\text{ф}}$  - фонове значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод, 3 мг/дм<sup>3</sup> (згідно завдання);  $k$  - константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, 0,1 доба<sup>-1</sup>[25, табл. К.1]  $t$  - тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{L}{V_{\text{ср}} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{3000}{1,5 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,023 \text{ доб} \quad (1.7.3)$$

де  $L$  - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, 3000 м (згідно завдання);  $V_{\text{ср}}$ - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, 1,5 м/с (згідно завдання).

Розрахунок допустимого БСК<sub>повн</sub> 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<sub>повн</sub> стічних вод не буде перевищувати величину:

$$\begin{aligned} C_{\text{БСК}}^{\text{O}_2} &= \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{\text{ср.с}}} \cdot (O_{\text{ф}} - 0,4 \cdot C_{\text{БСК}}^{\text{ф}} - O_{\text{min}}) - \frac{O_{\text{min}}}{0,4} = \\ &= \frac{0,998 \cdot 15}{0,4 \cdot 1,007} \cdot (6,5 - 0,4 \cdot 3 - 4) - \frac{4}{0,4} = 38,3 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \end{aligned} \quad (1.7.4)$$

де  $C_{\text{БСК}}^{\text{O}_2}$  - БСК<sub>повн</sub> стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм<sup>3</sup>;  $O_{\text{ф}}$  – фонові концентрація розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, 6,5 мг/дм<sup>3</sup> (згідно завдання);  $O_{\text{min}}$  - найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі, 4 мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{\text{БСК}}^{\text{ф}}$  - фонове значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод, 3 мг/дм<sup>3</sup> (згідно завдання); 0,4 - коефіцієнт для перерахунку БСК<sub>повн</sub> у БСК<sub>2</sub>.

Розраховані показники перевищують показники норми для стічних вод, що скидаються у рибогосподарські води другої категорії за кількістю завислих

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37



речовин:  $C_{\text{БСК}}^{\text{доп}} = 3,25 \text{ мг/дм}^3$ , а отже потребують біологічного доочищення, адже повне біологічне очищення дозволяє досягти значень  $C_{\text{БСК}} = 15 \text{ мг/дм}^3$ . Тому необхідно спроектувати споруди для доочищення, для цього рекомендується використати, наприклад, біологічні ставки.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 2.1 Характеристика біологічного агента

#### 2.1.1 Характеристика аеробного активного мулу

У процесі біологічного очищення активним мулом мікроорганізми змішуються зі стічними водами та розподіляються по об'єму аеротенка в процесі аерації. Мікроорганізми контактують з біорозкладаними матеріалами у стічних водах і споживають їх, харчуючись. Крім того, бактерії утворюють шар слизу навколо клітинної стінки, внаслідок чого вони злипаються, утворюючи мул, який потім відділяється від рідкої фази. Успішне видалення забруднень з води залежить від того, наскільки ефективно бактерії споживають органічний матеріал та від здатності бактерій злипатися та осідати у рідині. Флокуляція інактивованого осаду мікроорганізмів дає їм змогу накопичувати масу, достатньо велику, щоб осісти на дно відстійника. У міру поліпшення характеристик флокуляції осаду покращується відстоювання та очищення стічних вод.

Після аеротенку суміш мікроорганізмів та стічних вод надходить у вторинний відстійник, де відділяється осад. Частина об'єму осаду безперервно рециркулюється з відстійника у вигляді рециркуляційного активного мулу (РАМ) назад в аеротенк, щоб забезпечити достатню кількість мікроорганізмів у споруді біологічного очищення. Мікроорганізми знову змішуються з новими стічними водами, знову активуються для споживання органічних речовин.

Процес біологічного очищення аеробним активним мулом за належних умов є дуже ефективним. Під час цього процесу видаляється 85...95% твердих частинок і приблизно настільки ж зменшується БСК. Ефективність системи залежить від багатьох факторів, включаючи клімат та характеристики стічних вод. Токсичні відходи, що потрапляють у систему очищення, можуть

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

порушити біологічну активність. У випадку, якщо для очищення поєднуються промислові та побутові стічні води, промислові зазвичай потребують попереднього очищення для видалення токсичних хімічних компонентів перед їх подачею на аеробне очищення.

Аеробний активний мул має також такі характеристики як муловий індекс, доза активного мулу та вік мулу [19]. Муловий індекс (МІ) – це такий об'єм, який займає один грам активного мулу через 30 хвилин відстоювання у літровому циліндрі (оптимальні значення в діапазоні 80...120 см<sup>3</sup>/г; припустимі значення – 60...150 см<sup>3</sup>/г). Доза активного мулу – концентрація його в аеротенку. Під віком активного мулу – Т – розуміють час його рециркуляції в системі очисних споруджень. Вік мулу прямо залежить від об'єму аеротенку та середньої концентрації активного мулу, а обернено залежить від витрати стічної води та швидкості приросту активного мулу [19].

Існує п'ять основних груп мікроорганізмів, які зазвичай зустрічаються в активному мулі аеротенків [26]:

1. Бактерії; аеробні бактерії видаляють органічні поживні речовини. Найпоширеніші форми – коки, палички, спірілли. Зустрічаються в основному представники родів *Actinomyces*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Desulfotomaculum*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium* та інші [26].
2. Найпростіші – *Amaeba*; видаляють та перетравлюють плаваючі бактерії та зважені частинки. Нижчі форми позбавлені скелета та являють собою згусток цитоплазми. Інфузорії – відносяться до найбільш високоорганізованих представників найпростіших, органами руху яких є вії, короткі вирости плазми [27].
3. Еуметазої, справжні багатоклітинні; домінують у більш старих за часом системах. Типовий представник – коловертки, *Rotariarotatoria* – мікроскопічні багатоклітинні тварини. У більшості коловерток досить чітко можна виділити головний відділ, тіло і ногу [26].

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

4. Ниткоподібні бактерії; погано осідають та призводять до зниження прозорості стоків.
5. Водорості та гриби; гриби присутні при зміні рН у старому активному мулі [27].

Залежно від складу стічних вод біоценоз активного мулу може характеризуватися високим різноманіттям – до 45 видів найпростіших, з різним чисельним переважанням окремих видів [26]. Головним чином за видалення органічних поживних речовин зі стічних вод відповідають бактерії. Також кількісний склад мікроорганізмів напряду залежить від витрати стічних вод. Найпростіші також відіграють важливу роль у процесі очищення, видаляючи та перетравлюючи вільно плаваючі дисперговані бактерії та інші зважені частинки. Це покращує прозорість стічних вод. Як і бактерії, деякі найпростіші є аеробними, деякі вимагають дуже мало кисню, а деякі можуть бути анаеробними.

Типи найпростіших [27]:

- Амеби: мало впливають на процес очищення та відмирають при зменшенні кількості поживних речовин;
- Джгутикові (*Mastigophora*): харчуються переважно розчинними органічними поживними речовинами;
- Інфузорії (*Ciliata, Suctoria*): харчуються бактеріями активного мулу;
- Саркодові (*Sarcodina*)

Еуметазої – це багатоклітинні організми, які крупніші за більшість найпростіших. Хоча вони харчуються бактеріями, вони також харчуються водоростями та найпростішими. Домінування цих нацпростіших зазвичай виявляється у старіших системах [28,29]. Найпоширеніші, що зустрічаються в системах активного мулу:

1. Коловертки: очищають стічні води і першими реагують на токсичні черовини;

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

2. Нематоди: живляться бактеріями, грибами, дрібними найпростішими та іншими нематодами;
3. Тихоходи: переживають екстремальні умови навколишнього середовища та чутливі до токсичних речовин.

Ниткоподібні бактерії: присутні, коли різко змінюються умови роботи очисних споруд. В такому випадку ці бактерії ростуть у вигляді довгих ниток і починають переважати [28]. Зміни температури, рН, віку осаду або навіть кількість наявних поживних речовин, таких як азот, фосфор, масла та жир, можуть впливати на ці бактерії. Домінування ниткоподібних бактерій у системі обробки активованого мулу може спричинити проблеми з осіданням осаду. Осад стає об'ємним, пухким, погано осідає і залишає каламутні стоки. Деякі ниткоподібні мікроорганізми можуть викликати піноутворення в аеротенку та відстійниках [28].

Водорості та гриби, як правило, не викликають проблем у системах очищення активованого мулу, однак їх наявність у системі очищення зазвичай вказує на проблеми, пов'язані зі зміною рН та застарілим мулом. Водорості, що зустрічаються у активному мулі аеротенків [28,29]:

- синьо-зелені водорості (*Oscillatoria*) одноклітинні та колоніальні, часто спричиняють евтрофікацію;
- зелені водорості (*Spirogyra crassa*, *Pediastrum borianum*, *Cladophora crispata*) також спричиняють цвітіння води, проте беруть участь і у самоочищенні водойм;
- діатомові (*Diatoma vulgare*, *Navicula*) водорості містять у клітинних стінках кремній клітинні стінки містять кремній - служать їжею водяним тваринам, за присутності великої кількості органічних речовин переходять до гетеротрофного типу живлення і безпосередньо беруть участь у мінералізації органічних сполук.

З грибів зустрічаються, в основному, цвілеві вищі гриби, такі як *Nematosporangium*, *Fusarium* та інші, іноді нижчі гриби (*Mucor*), а також дріжджі. В аеротенку надмірний розвиток грибів викликає спухання активного мулу [28].

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 2.1.2 Характеристика анаеробного активного мулу

Деградація органічної речовини вимагає багатьох біохімічних процесів, які каталізуються різними популяціями мікробів у біореакторі. Анаеробні мікроорганізми шляхом зброджування стічних вод в анаеробному реакторі перетворюють органічні забруднюючі речовини на біогаз, який містить метан та вуглекислий газ. Кількість виділеного біогазу достатня як для компенсації витрат енергії на анаеробне розкладання, так і у той же час для використання сторонніми споживачами – в нагрівачах або котлах, для утворення пари та гарячої води, у газогенераторах для виробництва електроенергії з рекуперацією тепла, у технологічних процесах спалювання, термічної сушки осаду тощо. Біогаз можна достатньо ефективно перетворювати на електроенергію з ККД приблизно 33%, або на теплову з ККД приблизно 50% [30]. Після видалення  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{S}$  біогаз можна використовувати у дизельних двигунах або двигунах внутрішнього згоряння.

Технологія UASB є варіацією анаеробного реактора, який використовується для очищення стічних вод. Реактор UASB – це метанпродукуючий ферментер, який використовує анаеробний процес і формує шар осаду, який обробляється анаеробними мікроорганізмами.

Видалення азоту в системах аеробного очищення стічних вод з іммобілізацією мікроорганізмів відбувається в сполучених процесах нітрифікації, денітрифікації та анаеробного окислення амонію (анаеробне окислення амонію). Як правило, під час обробки у реакторі UASB субстрат проходить через шар осаду, який напочатку містить високу концентрацію біомаси. Після цього частина субстрату, що залишилася, проходить через менш щільну біомасу.

Анаеробні біоценози можуть бути представлені у вигляді флокул, біоплівки та гранул осаду. Вони розвиваються в екосистемах, де переважають аноксидні та анаеробні умови, в яких відбуваються процеси ферментації, аноксидного окислення (анаеробне дихання) та утворення метану [30].

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

Біоценоз анаеробного реактору складається з бактерій, грибів, найпростіших, коловороток. Структурна матриця пластівців у змішаному розчині та біоплівці, закріплених на стінках реактора, утворена бактеріями та дріжджовими клітинами, що скріплені слизом. Гриби, представлені родом *Fusarium*, зростають згустками у змішаному розчині. Форма, розмір і структура флокул залежать від типу донора водню. Флокули можуть бути особливо великими і розгалуженими, з компактною, гранульованою структурою в біоценозах, що живляться кислотами [31].

Аноксидне окислення органічних субстратів включає процеси денітрифікації та відновлення сульфатів у присутності іонів  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . У результаті відбувається видалення сполук азоту та сірки зі стічних вод.

Основним процесом, який відбувається в анаеробних умовах і використовується для розкладання та видалення органічних забруднень та відходів, є метаногенез. Увесь органічний субстрат зазнає аноксидного окиснення та анаеробного бродіння: природні полімери (целюлоза та білки), органічні спирти, вуглеводи, жири, основи та кислоти, вуглеводні тощо [30].

При використанні вільного кисню для окислення органічних субстратів виділяється більше енергії, ніж при використанні нітратів і сульфатів як акцептора електронів. Найменша кількість енергії виділяється під час утворення метану, коли  $\text{CO}_2$  є окисником. Акцептори електронів використовуються у наступній послідовності:  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$ . При цьому мікроорганізми можуть здійснювати денітрифікацію та відновлення сульфатів в аеробних умовах [30]. Одночасно можуть відбуватися відновлення сульфату та утворення метану, нітрифікація та денітрифікація, відновлення сульфатів та окислення сульфідів.

У біореакторах, призначених для видалення азоту зі стічних вод аеробно-анаеробним методом, нітрифікація відбувається на поверхні флокул і плівок, а глибше в аноксигенній зоні – денітрифікація. У зовнішній зоні переважають популяції нітрифікуючих бактерій родів *Nitrosomonas* та *Nitrobacter*, тоді як у внутрішній зоні переважають денітрифікатори.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

Біохімічні та мікробіологічні особливості анаеробного розкладання органічних речовин у стічних водах та відходах вивчені досить добре, що дає можливість здійснювати ефективні біотехнологічні процеси.

Розкладання метану включає три стадії анаеробного бродіння: гідроліз, ацидогенну стадію, ацетогенну та метаногенну, стадію. Метаногенез може протікати при низьких (10-20 °С, психрофільний режим), помірних (30-37 °С, мезофільний режим) та високих (50-55°С, термофільний режим) температурах.

Загалом, анаеробні мули та біоплівки менш різноманітні за видовим складом, ніж аеробні. У першій стадії метаногенезу задіяні гідролітичні мікроорганізми, що мають целюлолітичну, аміолітичну, протеолітичну, ліполітичну амоніфікуючу дію. Нітрати і сульфати в середовищі відновлюються денітрифікуючими бактеріями та сульфатредукторами. В результаті ферментативного гідролізу целюлоза та геміцелюлоза, жири, білки та інші сполуки гідролізуються з утворенням жирних кислот, гліцерину, пептидів, амінокислот, моно- та дисахаридів та невеликої кількості оцтової кислоти, метанолу, аміаку, водню.

Бактерії, що беруть участь у гідролізі відносяться до родів *Clostridium*, *Bacillus*, а також *Bacteroides*, *Butyrivibrio*, *Cellobacterium*, *Eubacterium*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Selenomonas*. На першій стадії бродіння вміст аеробних та неов'язково анаеробних мікроорганізмів досягає  $10^6$  клітин/мл, вміст облигатних анаеробів при цьому у 100-1000 разів вище [30,31].

На другій ацидогенній стадії відбуваються різні типи бродіння: спиртове, пропіоновокисле, ацетон-бутилове, маслянокисле та інші. Під час цієї стадії ацидогенні бактерії перетворюють продукти гідролізу на органічні кислоти.

В результаті перших двох стадій близько 70-80% отриманих органічних продуктів складають вищі жирні кислоти, до 20% ацетату та 3-5% водню. До залишкової кількості продуктів входять ізомасляна, фенілоцтова, бензойна, індолілбензойна кислоти,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , бутанол, пропанол,  $\text{CO}_2$  тощо.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45



Під час наступної ацетогенної стадії бродіння гетероацетогенні бактерії (ацетогени) родів *Clostridium*, *Syntrophus* перетворюють органічні кислоти, такі як пропіонова та масляна та інші продукти ацидогенезу на оцтову кислоту. Ці реакції є оборотними, проходять з витратою або низьким виходом енергії. Вони лімітують весь процес утворення метану [30]. Споживання водню метаногенними бактеріями на наступному етапі зміщує рівновагу у бік утворення ацетату, і ацетогенні бактерії отримують більше енергії від вихідного субстрату. Тому ацетогенні та метаногенні бактерії часто просторово пов'язані у біоценозах анаеробного мулу. Кінцевими продуктами ацетогенної стадії є ацетат (50-55%), водень (23-25%) та CO<sub>2</sub> [30,31].

Облігатні анаероби – метанутворюючі бактерії – відіграють ключову роль на останній, метаногенній стадії. Вони більш чутливі до умов навколишнього середовища. Час генерації метаногенних клітин становить кілька днів. Активність цих бактерій є максимальною при pH 6,8...7,5. При більш низьких і вищих значеннях pH розвиток метаногенів сповільнюється або припиняється.

Продуктом метаногенної стадії є CH<sub>4</sub>. Його утворення можливе двома шляхами. Метаногенні літотрофні бактерії (родів *Methanobacterium*, *Metanococcus*, *Methanomicrobium*, *Methanospirillum*, *Metanogenium*, *Methanobrevibacter*, *Methanothermus*,) споживають H<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub> як субстрати, а також СО та форміат. Ацетотрофні мікроорганізми (родів *Metanosarcina*, *Metanoplanus*, *Methanosaeta*) використовують ацетат, метанол, метиламін [30].

Таким чином, в процесі метаноутворення беруть участь складні асоціації метаногенів, в яких одні члени спільноти функціонують в тісному зв'язку з іншими.

Аналіз мікробного різноманіття у одному з досліджень метанутворюючих біоценозів [31] дав комплексний огляд чисельності, розподілу, характеристик та філогенетичного різноманіття сульфобактерій, що існують у реакторі UASB. Була виявлена дуже різноманітна бактеріальна спільнота, що включає *Desulfovibrio*, *Desulforhabdus* і *Smithella* з типу

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

*Proteobacteria*, а також бактерії з типу *Fusobacteria*, які були основними бактеріальними групами, що спостерігалися в період анаеробного окислення сірки, що дозволило припустити, що ці дві групи бактерій беруть участь у перетвореннях та анаеробному окисленні сірки [32].

Основні знайдені типи денітрифікуючих видів: *Pseudomonas stutzeri*, *P. mendocina*, *P. aureofaciens*, *P. solanacearum*, *P. caryophylli*, *Alcaligenes denitrificans* та *Agrobacterium radiobacter*. Також у біоценозі можуть бути присутні дріжджі та дріжджоподібні мікроорганізми, зрідка також гіфальні гриби, представлені *Fusarium sp.* Типовими видами біоценозу є *Candida boidinii*, *Candida famata* [32].

У іншому дослідженні проводили визначення видового складу анаеробного активного мулу в UASB реакторі, що виконує очищення стічних вод пивоварні, був виявлений певний різноманітний мікробіологічний склад. Таким чином, в реакторі було виявлено чисельність трьох основних типів бактерій, що належать до *Proteobacteria*, *Firmicutes* та *Chloroflexi* [33]. Також у великій кількості були виявлені бактерії *Syntrophorhabdus aromaticivorans*, *Cronobacter sakazakii* та *Dehalogenimonas sp.* Різні групи бактерій були виявлені на різних рівнях досліджуваного реактора UASB – *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Chloroflexi*. Також кількісні дослідження за допомогою qPCR показали, що концентрація бактерій зростає зі збільшенням площі реактора.

## 2.2 Процеси метаногенезу в анаеробному реакторі

Спільний метаболізм в анаеробних умовах, що здійснюється мікробною асоціацією бактерій і метаногенів, що розкладають етанол, можна називати синтрофією [35]. Синтрофія – це такий тип симбіозу, коли один вид живе за рахунок продуктів метаболізму іншого виду. В даний час синтрофія в співтоваристві метаногенів визначається як термодинамічно взаємозалежний спосіб життя спільноти мікроорганізмів, при цьому одні організми

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

використовують субстрат, наприклад, летючі жирні кислоти і утворюють ацетат, водень (та/або форміат), які споживається іншими мікроорганізмами.

Розкладання багатьох як простих, так і складних органічних речовин в анаеробних умовах включає в себе ряд послідовних процесів, які реалізуються тісно пов'язаними мікроорганізмами. Процес анаеробної деструкції, що завершується метаногенезом, здійснюється повільно зростаючими анаеробними мікроорганізмами, що пов'язано з низьким енергетичним виходом реакцій анаеробного розкладання органічних речовин [35].

У порівнянні з аеробними умовами, в анаеробних умовах можливості отримання енергії мікроорганізмами більш різноманітні і складні. Анаеробна деградація складних органічних речовин включає велику кількість взаємозалежних послідовних реакцій, в ході яких продукти метаболізму однієї групи мікроорганізмів стають субстратами для іншої мікробної групи, що призводить до перетворення речовин на більш прості. Як проміжні продукти утворюються довголанцюгові жирні кислоти, спирти, деякі амінокислоти, ароматичні сполуки, які потім розкладаються до більш простих субстратів для метаногенів: водню, форміату, ацетату, метильних сполук, які вони перетворюють на біогаз.

Асоціація метаногенів являє собою біоценоз анаеробних бактерій і архей, чотири основні групи яких проявляють активність на відповідних етапах біодеградації органічних речовин [35]:

1) гідролітичні бактерії, які розкладають складні полімерні субстрати на більш прості;

2) бродильні ацидогенні бактерії, які зброджують мономери до летких жирних кислот, лактату та інших органічних кислот, спиртів (метанол, етанол), водню;

3) синтрофні бактерії, які розкладають леткі жирні кислоти, спирти і деякі інші сполуки, що утворилися на попередніх етапах гідролізу і бродіння, до водню, вуглекислого газу і ацетату, а також вони можуть розкладати безпосередньо ацетат;

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

4) три типи метаногенних архей, які утворюють власне біогаз: переважно споживачі водню, ацетокластичні і, в меншій мірі, метилотрофні. Схема розкладання органічних речовин метаногенною мікробною асоціацією наведена на Рисунку 2.1.

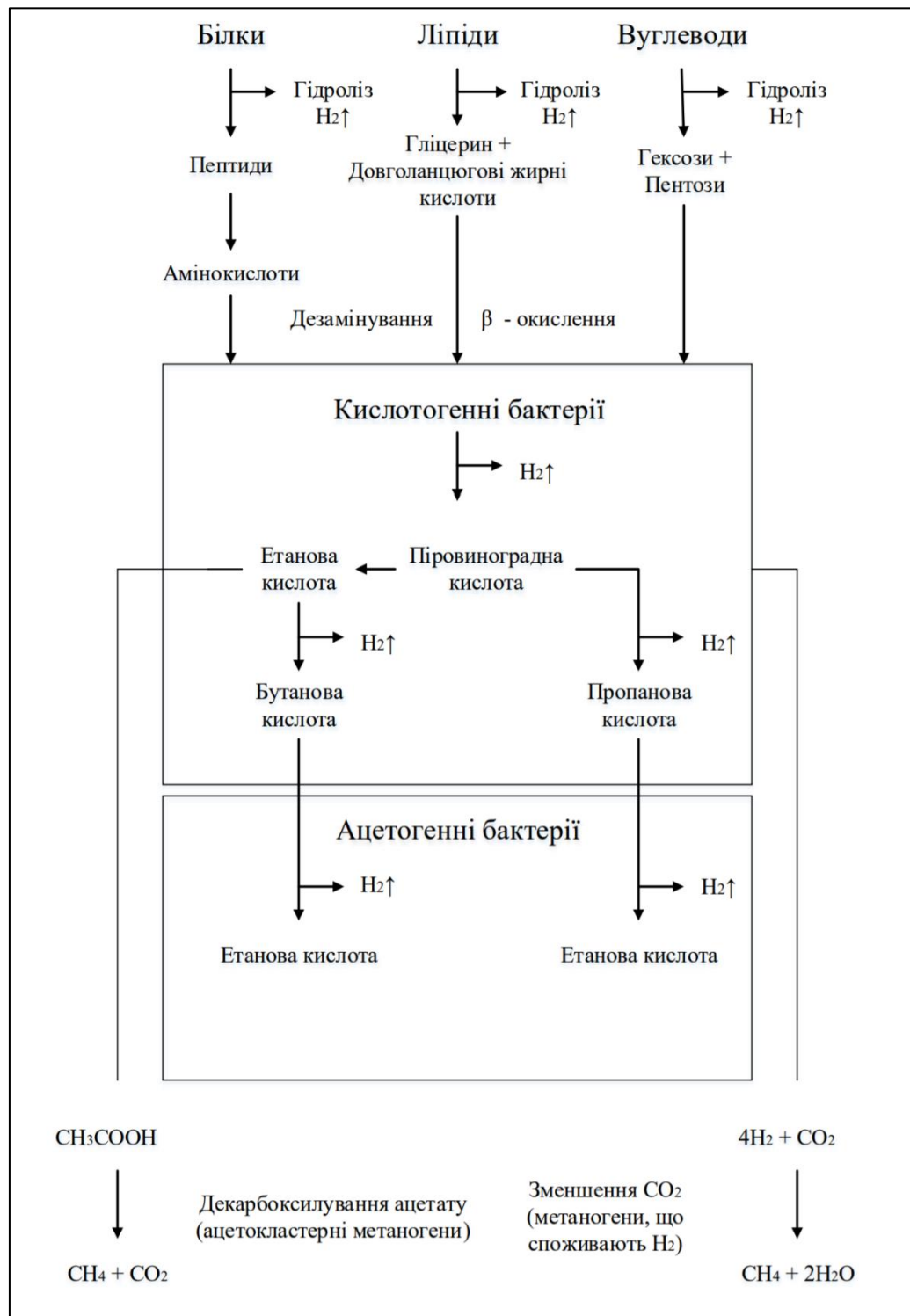
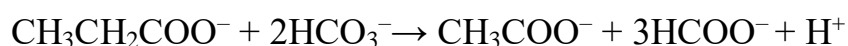


Рисунок 2.1. розкладання органічних речовин метаногенною мікробною асоціацією [34]

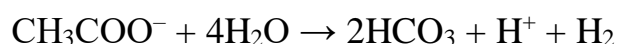
Реакції розкладання деяких простих сполук в мезофільних умовах [35]:

- Реакції синтрофного розкладання без участі метаногенів, що споживають водень

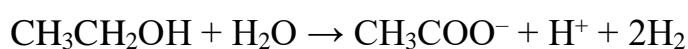
Пропіонат



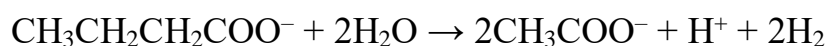
Ацетат



Етанол



Бутират



Лактат



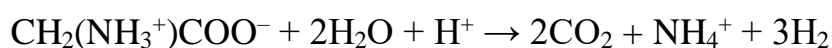
Фенол



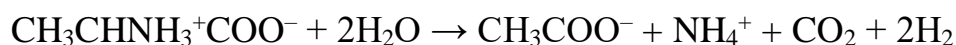
Бензоат



Гліцин

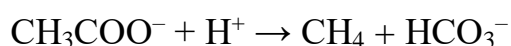


Аланін

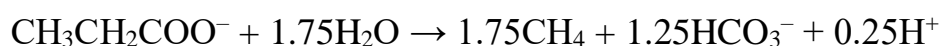


- Реакції синтрофного розкладання з участю метаногенів, що споживають водень

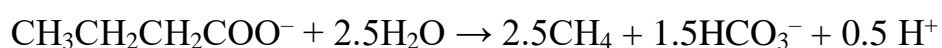
Ацетат



Пропіонат



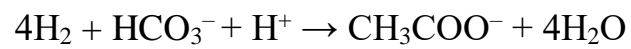
Бутират



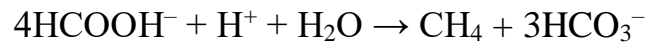
					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

- Споживання водню и форміату метаногенами и ацетогенами

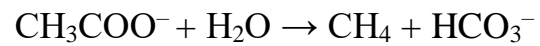
Водень



Форміат



- Реакція ацетокластичного метаногенеза



					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 2.2. Характеристика кінцевого продукту

Кінцевим продуктом очищення стічних вод пивоварного заводу та міста Миколаїв є очищена стічна вода до норм скиду у річку згідно з допустимими значеннями концентрацій. Характеристика очищеної стічної води пивзаводу при скиді в каналізаційну мережу відповідає «Правилам приймання стічних вод підприємств у систему каналізації м. Миколаїв». Очищена суміш стічних вод міста є безпечною та має задовільні органолептичні показники. Характеристика суміші стічних вод міста та пивоварного заводу до та після очищення наведена у Таблиці 2.1. Суміш стічних вод після очищення є безпечною для скиду у водойму.

Таблиця 2.1. Характеристика суміші стічних вод до та після очищення

Показник	Значення у суміші стічних вод		Норми скиду в річку
	До очищення	Після очищення	
Завислі речовини	305 мг/дм <sup>3</sup>	15 мг/дм <sup>3</sup>	20,75
pH	6-8	6-8	6,5-8,5
БСК <sub>повн</sub>	367 мг/дм <sup>3</sup>	3,0 мг/дм <sup>3</sup>	3,0
СПАР	11,6 мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,5

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1. Опис технологічного процесу

#### *ДР 1. Підготовка аераційного повітря*

На подачу в аеротенк надходить очищене стиснене повітря, для якого контролюється вологості та температури.

#### *ДР 1.1 Забір повітря з атмосфери*

Забір здійснюється за допомогою повітрозабірників ПЗ-1 з 4-6 м над рівнем землі. Температура повітря знаходиться в діапазоні -20...45°C. Повітрозабірники – споруди, що є розтрубом із запобіжною сіткою на вході. Повітря від повітрозабірника через повітропроводом надходить до фільтра Ф-2.

#### *ДР 1.2 Фільтрування повітря*

Повітря очищується від пилу та механічних часток на волокнистому фільтрі Ф-2. Фільтрувальний матеріал – тканина Петрянова (ФПП15-30), має максимальний діаметр пор 15 мкм, робоча температура повітря до максимально 60°C, ефективність очищення 98%. Після механічного очищення вміст механічних часток не більше 10 мг/м<sup>3</sup>.

#### *ДР 1.3 Компресування повітря*

За допомогою повітродувок В-3, що мають тиск нагнітання 0,163 МПа повітря компресується, на даному етапі контролюється тиск. Стиснене очищене повітря подається до аеротенку на аерацію на ТП 6.1.

#### *ДР 2. Приготування хлорної води*

Хлор зберігається на очисні станції в балонах чи контейнерах під тиском у рідкому стані. Спочатку хлор переводять у газоподібний стан, після цього проводять розчинення у воді. Готують розчин у реакторі Р-4. Відповідно до ДБН розрахункова доза активного хлору для біологічного очищення стічних

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53



вод становить 3 г/м<sup>3</sup>. На даній стадії здійснюють технологічний контроль концентрації розчиненого хлору у розчині. Готова хлорна вода відкачується насосом Н-5 на знезаражування очищених стічних вод до ТП 9.1.

### *ДР 3. Приготування розчину коагулянту – хлориду заліза (III)*

Для обробки осадів та надлишкового активного мулу від процесу очистки стічних вод, застосовують коагулянти – хлорид заліза (III) марки Б, що в Україні виробляється згідно ТУ У 24.1- 05444552-045-2005. Хлорид заліза (III) сприяє утворенню гідроксидів заліза, які малорозчинні у воді і сорбують на своїй поверхні колоїдні, завислі, та дрібнодисперсні речовини. Такі комплекси осідають на дно відстійника, утворюючи осад.

Хлорид заліза на станції зберігають у спеціальних ємностях у вигляді концентрованого розчину. Робочий 10%-розчин готують у реакторі Р-6. У реактор подають концентрований розчин хлорного заліза, воду та ретельно механічно перемішують. Швидкість обертання мішалки становить 5 об/с. На стадії приготування розчину здійснюють технологічний і хімічний контроль якості і концентрації розчину. Приготований розчин насосом Н-7 відкачують на коагуляцію до ПВ 9.4. Об'єм розчину хлорида заліза (III) при цьому не має перевищувати 70 % від загального об'єму реактора Р-6.

### *ДР 4. Приготування розчину гідроксиду кальцію*

Гідроксид кальцію також застосовують як коагулянт. Насичений розчин зберігають на складі у спеціальних ємностях. Розчин готують у реакторі Р-8 шляхом змішування насиченого розчину (вапняної води) з водою та механічно перемішують. Швидкість обертання мішалки 5 об/с. Готовий розчин насосом Н-9 надходить на коагуляцію до ПВ 9.4. На стадії приготування розчину здійснюють технологічний і хімічний контроль якості і концентрації розчину. Об'єм розчину кальцію не повинен перевищувати 70 % від загального об'єму реактора Р-8.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

### *ТП 5. Механічне очищення стічних вод*

#### *ТП 5.1. Очищення стічних вод на решітках*

На решітках-дробарках РД-10 затримуються та подрібнюються крупні фракції сміття. На станції буде встановлено три решітки-дробарки, з яких дві будуть працювати постійно. Швидкість руху рідини в підвідних каналах до решіток становить 0,8-1,0 м/с. На стадії механічного очищення на решітках проводиться технологічний контроль пропускної здатності решіток (має становити не менше 60% від максимальної). Відходи зі споруди відвантажуються у відкидний лоток та вивозяться.

#### *ТП 5.2. Очищення на пісковловлювачах*

Вода від решіток-дробарок поступає на пісковловлювачі П-11, де зі стічних вод видаляється пісок та інші механічні частки, із розміром 0,15...0,25 мм, щоб таким чином запобігти накопиченню цих часток в наступних спорудах біологічного очищення, що призведе до зниження ефективності їх роботи. Кількість пісковловлювачів проектується не менше двох. Стічна вода поступає знизу споруди та рухається вертикально вгору зі швидкістю 0,3 м/с і потім відводиться через відвідний канал. Ефективність видалення дрібних механічних часток – 65-75%. Осад накопичується в кінці дні споруди. Відвантаження піску із бункера здійснюється два рази на добу гідроелеватором. Пісчану пульпу переміщують на піщані майданчики ПМ-27. На стадії проводять технологічний контроль концентрації піску та мінеральних домішок в стічній воді на виході з пісковловлювача, що має складати не більше 0,8 мг/дм<sup>3</sup>.

#### *ТП 5.3. Первинне відстоювання*

Стічні води після пісковловлювачів поступають до первинних радіальних відстійників В-12 через підвідний канал знизу споруди. Запроектовані відстійники – 4 залізобетонні споруди діаметром 30 м, з робочою глибиною 3,4 м. На дно споруди опускаються завислі речовини, осад збирається в зоні осаду, звідки видаляється насосами Н-13 на обробку осадів до аеробного стабілізатора ПВ 9.2. Висота зони осаду 0,3 м; об'єм зони осаду

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		55

340 м<sup>3</sup>. Освітлена вода переливається через водозлив і відводиться по кільцевому каналу у відповідний лоток, а далі направляється на ТП6. Здійснюється технологічний контроль по концентрації завислих речовин на вході ( $C_{\text{зав}} = 305 \text{ мг/дм}^3$ ) та на виході ( $C_{\text{зав}} = 147 \text{ мг/дм}^3$ ). Ефективність видалення становить 52%. На даному етапі здійснюється технологічний контроль мутності стічної води нефелометрично, за концентрацією завислих речовин.

#### *ТП 6. Біологічне очищення стічних вод*

##### *ТП. 6.1. Очищення стічних вод в аеротенку*

Аеротенк АР-14 – видовжений залізобетонний резервуар, у якому за участі активного мулу проходить окиснення органічних речовин. Для забезпечення киснем процесу аеробного очищення від органічних речовин в аеротенк подається стиснене повітря від ДР 1. Подається рециркуляційний активний мул від ТП 5.2. та стічна вода від споруд механічного очищення. На даному етапі здійснюється технічний, хімічний та мікробіологічний контроль: контролюють інтенсивність аерації, рН води, дозу активного мулу та його гідробіологічні показники, а також вимірюють температуру двічі на добу.

##### *ТП 6.2. Вторинне відстоювання*

Вода переходить до вторинного відстійника В-16, де осаджуються пластівці активного мулу. Частина активного мулу повертається до ТП 6.1 у вигляді РАМ, а залишок направляється до ПВ 9.1 у вигляді НАМ. Освітлена вода поступає відповідний канал. Тривалість вторинного відстоювання 1,5 години. Вода після очищення переходить на біологічне доочищення на ТП 7. На даному етапі проводиться технологічний контроль концентрації завислих речовин. Вологість осаду  $W=99,2\%$ .

##### *ТП 7. Доочищення в біологічних ставках*

При розрахунку необхідного ступню очищення була виявлена необхідність проектування споруд біологічного доочищення – біологічних ставків. Такі ставки є неглибокими штучно створеними водоймами. При

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

біологічному доочищенні час перебування води в аеробному контактному ставку становить приблизно 8 діб, глибина ставка не більше 1 м.

#### *ТП 8. Знезараження очищеної стічної води*

##### *ТП 8.1. Змішування стічної води з розчином хлору*

Розчин хлору від ДР 2 подається у реактор з перемішуючим пристроєм Р-19, в цей же реактор поступає стічна вода від ТП 6.2. На даному етапі здійснюється технічний та хімічний контроль. Суміш стічної води з розчином хлору надходить до контактного резервуару ТП 8.2, де проходять основні хімічні реакції знезараження.

##### *ТП 8.2. Знезараження стічної води в контактному резервуарі*

Знезараження проходить шляхом перебування води у контактному резервуарі КР-20, кількість резервуарів проектується не менше двох, час контакту – 30 хвилин. З контактного резервуару відбираються проби, має бути досягнуто  $БСК_{повн} = 3 \text{ мг/дм}^3$ . Знезаражена вода скидається у річку.

#### *ПВ 9. Обробка осаду та надлишкового активного мулу*

##### *ПВ 9.1. Аеробна стабілізація надлишкового осаду та надлишкового активного мулу*

В спорудах, що проектуються за типом аеротенків аеротенків, аеробних стабілізаторах, активний мул та осад з первинних відстійників тривалий час аеруються, в результаті чого розкладається значна частина органічних речовин до кінцевих продуктів, а осади втрачають здатність до загнивання. Біохімічному розпаду піддається біля 65-80% беззольної речовини активного мулу.

##### *ПВ 9.2. Ущільнення надлишкового активного мулу*

Осад ущільнюють для зниження його вологості до 96-97%, що дозволить зменшити загальний об'єм осадів і розміри інших споруд обробки осадів. Зменшення вологості й об'єму осадів здійснюється за допомогою мулоущільнювача МУ-22 гравітаційно. Мул під своєю вагою осідає на дно та відводиться муловідсмоктувачем на подальшу обробку. Час ущільнення 4 години. Мулова вода відкачується насосом Н-23 та повертається до ТП 6.1.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

### *ПВ 9.3. Дегельмінтизація осадів*

Термічна обробка осадів проходить в дегельмінтизаторі Р-24. Це резервуар із теплообмінником змішувиком, до якого подається теплоагент – насиченна водяна пара. Процес обробки триває близько 20 хв при температурі 60-70°C, що дозволяє знищити яйця гельмінтів. 20% осаду надходить до ЗВ 9 на зневоднення.

### *ПВ 9.4 Коагуляція осаду*

На дану стадію поступають приготовані коагулянти від ДР 2, ДР 4. Осади обробляються послідовно хлорним залізом та гашеним вапном в реакторі Р-29. При такій послідовній обробці удвічі скорочується витрата коагулянтів, а також запобігається гниття осаду й розповсюдження неприємних запахів. Також гашене вапно відіграє роль присаджувального матеріалу, підвищує жорсткість структури осаду. Таким чином, застосування хлорного заліза у поєднанні з гашеним вапном наразі є найбільш поширеним для кондиціонування осадів перед механічним зневодненням.

### *ПВ 9.5 Зневоднення осаду на фільтр-пресі*

Метою зневоднення на фільтр-пресі є доведення вологості осаду до 70-80% перед наступним вивезенням, на фільтр-пресі ФП-30 осад ущільнюється до вологості 70%. Осад поступає на фільтрувальні пластини, а потім на пластини подається робочий тиск 0,05 МПа. На стадії здійснюється технічний контроль тиску. Фільтрат повертається до ТП 5.1, а зневоднений осад вивозиться з очисної станції.

### *ЗВ 10. Зневоднення осаду на мулових майданчиках*

20% річних відходів осаду передбачено відводити на аварійні мулові майданчики ММ-25. Осад відводять на підсушування та зберігають на випадок несправності фільтр-пресу. Осади періодично вивозяться, а дренажна вода насосом Н-26 перекачується до ТП 5.1.

### *ЗВ 11. Зневоднення піску на піскових майданчиках*

Піскові майданчики ПМ-27 являють собою дренавані ділянки, огорожені валиками з висотою 1-2 м. Розташовуються близько до

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		58

пісковловлювачів. На піскові майданчики відводиться піщана пульпа від ТП 5.2. Вода гравітаційно проціджується крізь пісок, а волога випаровується з поверхні шару осаду. Підсушений пісок вивозиться з очисної станції, а дренажна вода насосом Н-28 повертається на ТП 5.1.

### 3.2. Контроль виробництва

Таблиця 3.1. Контроль виробництва

№	Назва стадії, місце заміру параметрів або проби	Параметр, що контролюється	Періодичність контролю	Норми технологічного режиму та допустимі значення	Вид контролю	Методика контролю/тип прилада
1	Підготовка аераційного повітря	Робочий тиск нагнітання повітря, МПа	1 раз на годину	0,16 $\Delta = \pm 2,5\%$	К <sub>т</sub>	Манометр ОБМ1-100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5
2	Підготовка розчину гіпохлориту натрію	Масова концентрація хлору, г\дм <sup>3</sup>	1 раз на годину	3 $\Delta = \pm 5\%$	К <sub>х</sub>	Концентратомір КОХ -1
3	Підготовка розчину сульфату алюмінію	Масова концентрація сульфату алюмінію, г\дм <sup>3</sup>	1 раз на годину	30 $\Delta = \pm 5\%$	К <sub>х</sub>	Концентратомір КОХ -1
4	Очищення на пісковловлювачах	Масова концентрація піску та мінеральних речовин на вході, мг\дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	2,3 $\Delta = \pm 5\%$	К <sub>т</sub>	КНД 211.1.4.045-95

## Продовження Таблиці 3.1

5	Первинне відстоювання	Масова концентрація завислих речовин на вході, мг\дм <sup>3</sup>	1 раз на 2-3 години	835 $\Delta = \pm 10\%$	К <sub>т</sub>	КНД 211.1.4.039-95
		Масова концентрація завислих речовин на виході, мг\дм <sup>3</sup>	1 раз на 2-3 години	418 $\Delta = \pm 10\%$	К <sub>т</sub>	КНД 211.1.4.039-95
6	Біологічне очищення в аеротенку	Муловий індекс, см <sup>3</sup> \г	1 раз у добову зміну	Не менше 100, не більше 120	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Доза активного мулу, г\дм <sup>3</sup>	3 рази на тиждень	Не менше 2	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Температура, °С	1 раз у добову зміну	18 – 20 $\Delta = \pm 10\%$	К <sub>т</sub>	МВВ №081\12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1С
		pH	2 рази у добову зміну	6,5 – 8,5 $\Delta = \pm 0,1$	К <sub>х</sub>	МВВ №081\12-0317-06 Іономір лабораторний 1-160

## Продовження Таблиці 3.1

8	Вторинне відстоювання	Вологість надлишкового активного мулу, %	3 рази на тиждень	99,2 – 99,7	$K_T$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
9	Знезараження води	Масова концентрація хлору, мг\дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	1,5	$K_x$	Концентратомір КОХ -1
10	Очищенні стічні води	Колі – індекс	1 раз на добу	3	$K_{mb}$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
11	Аеробна стабілізація осадів	Інтенсивність аерації, м <sup>3</sup> \(м <sup>3</sup> ·год)	1 раз на 2-3 години	9,6	$K_T$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Вологість, %	1 раз на тиждень	96-97	$K_T$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		pH	1 раз на 2-3 години	6,5 – 8,5 $\Delta = \pm 0,1$	$K_x$	МВВ №081\12-0317-06 Іономір лабораторний 1-160



Продовження Таблиці 3.1

13	Дегельмін- тизація осадів	Вміст яєць гельмінтів на виході	1 раз на добу	0	$K_{\text{мб}}$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
14	Коагуляція осадів	Масова концентрація сульфату алюмінію, $\text{г/дм}^3$	1 раз на годину	30 $\Delta = \pm 5\%$	$K_x$	Концентратомір КОХ -1
15	Зневоднен- ня осаду на фільтр- пресі	Робочий тиск нагнітання в повітродувці, МПа	1 раз на годину	0,067 $\Delta = \pm$ 2,5%	$K_t$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	70	$K_t$	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд

### 3.3. Сировина та матеріали

Таблиця 3.2. Сировина, матеріали та напівпродукти та їх характеристика

Найменування	Категорія і номер НТД згідно якого проходить перевірка сировини	Обов'язкові для перевірки показники та їх нормативне значення	Примітка
Основна сировина			
Неочищена стічна вода пивоварного заводу та міста	ДБН В.2.5-75:2013	Витрата стічних вод – 87000 м <sup>3</sup> /добу ХСК – 2200 мг/ дм <sup>3</sup> БСК – 367 мг/ дм <sup>3</sup> ЗР – 305 мг/дм <sup>3</sup>	
Повітря		Витрата повітря 40624 м <sup>3</sup> /добу	
Допоміжна сировина			
Вода водопровідна	ДСТУ 7525:2014	Кольоровість, каламутність, рН, жорсткість, вміст м/о і бактерій	
Вода технічна		Загальний вміст завислих речовин, солей жорсткості, рН	
Коагулянт хлорне залізо	ТУ У 24.1-05444552-045-2005		

## Продовження Таблиці 3.2

Гідроксид кальцію	ДСТУ 9262-97	Однорідний сипучий матеріал білого кольору	
Хлорна вода	ДСТУ 1692-95	Вміст хлору	
Осад після зневоднення	СанПіН 2.1.7.573- 96	pH = 5,5-8,5 Патогенні ентеробактерії клітин відсутні (0)	На вивезення
Пісок після зневоднення			На вивезення
Теплоагент		Температура	

### 3.4. Матеріальний баланс

Розрахунок за завислими речовинами:

Концентрація завислих речовин на вході у первинний відстійник

$$C_{\text{вх}}=305 \text{ мг/дм}^3$$

Витрата стічної води яка надходить у споруду  $Q = 5329 \text{ м}^3/\text{год}$

Визначаємо їх масу  $Q = 5329 \text{ м}^3/\text{год}$

$$M_{\text{св}} = Q \cdot \rho_{\text{св}} = 5329 \cdot 1000 = 5329000 \text{ кг/год}$$

де  $\rho_{\text{св}}$  - густина стічної води , що дорівнює  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

Визначаємо баланс завислих речовин на вході у первинні відстійники

$$B_{\text{зр}} = Q \cdot C_{\text{сум.зр}} = 5329000 \cdot 0,000305 = 1625,345 \text{ кг/год}$$

Концентрація завислих речовин на виході зі споруди,  $C_{\text{вих}} = 147 \text{ мг/дм}^3$

Витрата осаду що затримується в первинних відстійниках -

$$15,2 \text{ т/добу} = 633,4 \text{ кг/год}$$

Визначаємо баланс завислих речовин на виході з первинних відстійників

$$B_{\text{зр}} = 5329000 \cdot 0,000147 = 783,363 \text{ кг/год}$$

$$C_{\text{вх}} \cdot Q = C_{\text{вих}} \cdot Q + Q_{\text{сух}}$$

$$5329000 \cdot 0,000305 = 0,000147 \cdot 5329000 + 633,4$$

$$1\,625,345 = 1\,516,763 \pm 9\%$$

Розрахунок за БСК:

Концентрація БСК речовин на вході у первинний відстійник

$$C_{\text{вх}} = 367 \text{ мг/дм}^3$$

Витрата стічної води яка надходить у споруду  $Q = 5329 \text{ м}^3/\text{год}$

$$M_{\text{св}} = Q \cdot \rho_{\text{св}} = 5329 \cdot 1000 = 5329000 \text{ кг/год}$$

Визначаємо баланс БСК на вході у первинні відстійники

$$B_{\text{БСК}} = Q \cdot C_{\text{сум.}} = 5329000 \cdot 0,000367 = 1\,955,743 \text{ кг/год}$$

Концентрація БСК на виході зі споруди,  $C_{\text{вих}} = 312 \text{ мг/дм}^3$ , 15% затримується в первинних відстійниках.

$$367-312=55$$

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$B_{зр} = Q_o \cdot C = 5329000 \cdot 0,00055 = 2\,930,95 \text{ кг/год}$$

Визначаємо баланс завислих речовин на виході з первинних відстійників

$$B_{зр} = 5329000 \cdot 0,000312 = 797,342 \text{ кг/год}$$

$$C_{вх} \cdot Q = C_{вих} \cdot Q + Q_o$$

$$5329000 \cdot 0,000367 = 0,00055 \cdot 5329000 + 0,000312 \cdot 5329000$$

$$1\,955,743 = 2\,930,95 + 1\,662,648$$

$$1\,955,743 = 1\,955,743$$

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

### 4.1. Розрахунок первинних відстійників

Тип відстійника – радіальний. Ефективність  $E_{set}$  відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує 150 мг/дм<sup>3</sup>. Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{3P}^n - C_{3P}^k}{C_{3P}^n} 100\% = \frac{305 - 150}{305} 100 = 51\%, \quad (4.1.1)$$

де  $C_{3P}^n$  - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду, 305 мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{3P}^k$  - концентрація завислих речовин на виході зі споруди, 150 мг/дм<sup>3</sup>[метод].

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод становить:  $t_{set} = 650$  с[метод, Табл. К.2].

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

$$U_0 = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}}, \quad (4.4.2)$$

де  $K_{set}$  - коефіцієнт використання зони об'єму, 0,45;  $H_{set}$  – робоча глибина радіального відстійника, 2 м;  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, 1;  $t_{set}$  – тривалість відстоювання, 650 с;  $h$  – висота циліндра, 0,5 м;  $n_2$  – показник степеню, який залежить від агломерації частинок, 0,2.

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 2}{1,0 \cdot 650 \left( \frac{0,45 \cdot 2}{0,5} \right)^{0,2}} = 1,23 \frac{\text{мм}}{\text{с}} \quad (4.4.3)$$

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу розглянемо декілька варіантів відстійників з різними діаметрами:

$$q_{set} = 2,8 K_{set} (D^2 - d^2) (U_0 - v) \quad (4.4.3)$$

$$q_{set1} = 2,8 \cdot 0,45 (30^2 - 1,8^2) (1,23 - 0) = 1390$$

де D – діаметр відстійника; d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника чи центральної труби вертикального відстійника; V – турбулентна складова, приймається 0 [метод, Табл. К5]

При визначенні розмірів відстійників доцільно орієнтуватися на розміри типових споруд. Кількість відстійників повинна бути не менша двох. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}}, \quad (4.4.4)$$

де  $Q_{max}$  – максимальна витрата суміші стічних вод, 5329 м<sup>3</sup>/год.

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}} = \frac{5329}{1390} = 3,83 \approx 4$$

Приймаємо 4 первинних радіальних відстійника діаметром 30 м. Згідно з

ТП 902-2-378.83 відстійник буде мати наступні параметри:

Діаметр відстійника, м	30
Діаметр розподільного пристрою, м	1,8
Гідравлічна глибина, м	3,4
Висота зони осаду, м	0,3
Об'єм зони осаду, м <sup>3</sup>	340

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 30 м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{max}}{N_{\phi}} = \frac{5329}{4} = 1332 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4.5)$$

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		68

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^\phi = \frac{q_\phi}{2,8K_{set}(D^2 - d^2)}, \quad (4.4.6)$$

$$U_o^\phi = \frac{1332}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,8^2)} = 1,18 \text{ мм/с}$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{set}^\phi = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{U_o^\phi \cdot \alpha \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h}\right)^{n_2}}, \quad (4.4.7)$$

$$t_{set}^\phi = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 2}{1,18 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 2}{0,5}\right)^{0,2}} = 680 \text{ с}$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при  $C_{\text{поч}} 305 \text{ мг/мл}$  і  $t_{\text{set}}^\phi 680 \text{ с}$  становить [10, табл К.1]:  $E^\phi = 52 \%$ .

При отриманому  $E^\phi$  концентрація завислих речовин:

$$C_{3P}^{K,\phi} = C_{3P}^p - \frac{E^\phi C_{3P}^p}{100}, \quad (4.4.8)$$

$$C_{3P}^{K,\phi} = 305 - \frac{52 \cdot 305}{100} = 147 \text{ мг/дм}^3$$

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

$$M_{oc} = \frac{(C_{3P}^p - C_{3P}^{K,\phi}) \cdot Q_{\text{сер.доб.}} \cdot K}{10^6}, \quad (4.4.9)$$

де  $Q_{\text{сер.доб.}}$  - витрата стічних вод,  $87\,000 \text{ м}^3/\text{доб.}$ ;  $K = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду.

$$M_{oc} = \frac{(305 - 147) \cdot 87\,000 \cdot 1,1}{10^6} = 15,2 \text{ т/добу}$$

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 M_{oc}}{100 - W_{oc}} = \frac{100 \cdot 18,5}{100 - 95} = 303,85 \text{ м}^3, \quad (4.4.10)$$

де  $W_{oc}$  – вологість осаду,  $95 \%$ .



## 4.2. Розрахунок аеротенка

Відповідно до ДБН, при концентрації БСК<sub>повн</sub> < 500 мг/дм<sup>3</sup> обираємо аеротенк-витиснювач. Оскільки БСК > 150 приймаємо аеротенк з регенерацією. Попередньо приймаємо дозу активного мулу у зоні аерації у межах 2,5-4,5 г/дм<sup>3</sup> та значення мулового індексу 80-100 см<sup>3</sup>/г відповідно до ДБН п.В.2.3. Для обраних значень дози активного мулу (2,5 г/дм<sup>3</sup>) та мулового індексу (85 см<sup>3</sup>/г) визначається ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{85} - 2,5} = 0,27, \quad (4.4.11)$$

де  $a_a$  – доза активного мулу, яка прийнята 2,5 г/дм<sup>3</sup>;  $J$  – муловий індекс, який становить 85 см<sup>3</sup>/г. Значення  $R$ , при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймаємо  $R=0,3$ .

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left( \frac{1}{2R} + 1 \right) = 2,5 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1 \right) = 6,7 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}, \quad (4.4.12)$$

Вміст органічних забруднень по БСК<sub>повн</sub> у суміші стічних вод та рециркуляційного активного мулу розраховується за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1 + R}, \quad (4.4.13)$$

де  $C_{\text{сум,БСК}}^a$  – значення БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 15%, 312 мг/дм<sup>3</sup>.  $C_{\text{БСК}}^k$  – показник БСК<sub>повн</sub> в очищеній воді після повного біологічного очищення, 15 мг/дм<sup>3</sup>.

$$L_{\text{сум}} = \frac{312 + 15 \cdot 0,3}{1 + 0,3} = 244 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

Тривалість обробки стічних вод у аеротенку  $t_{\text{аер}}$  за рівнем БСК<sub>повн</sub>:

$$t_{\text{аер}} = \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^{\text{вих}}} \cdot \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} = \lg \frac{244}{15} \cdot \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} = 1,9 \text{ год} \quad (4.4.14)$$

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		70

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{max} \frac{C_{БСК}^K \cdot C_o}{C_{БСК}^K \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{БСК}^K} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_p}, \quad (4.4.15)$$

де  $\rho_{max}=85$  мг/(г·год) – максимальна швидкість окиснення стічних вод;

$C_o$  – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається 2 мг/дм<sup>3</sup>;

$K_L$  – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає 33 мг·БПК<sub>повн</sub>/дм<sup>3</sup>;

$K_o$  – константа, яка характеризує вплив кисню, становить 0,625 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає 0,07 дм<sup>3</sup>/г [16, табл.40].

$$\rho = 85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,7} = 16,5 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}}$$

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{сум.БСК}}^a - C_{БСК}^K}{a_p(1 - S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер.р}}}, \quad (4.4.16)$$

де  $S$  – зольність активного мулу, приймається 0,3;  $T_{\text{сер.р}}$  – середньорічна температура стічних вод, становить 24 °С.

$$t_o = \frac{312 - 15}{3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 16,5 \cdot 0,3} \cdot \frac{15}{24} = 9,65 \text{ год}$$

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 9,65 - 1,9 = 7,74 \text{ год} \quad (4.4.17)$$

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

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R \quad (4.4.18)$$

$$t_{\text{сер}} = (1 + 0,3) \cdot 1,9 + 7,74 \cdot 0,3 = 4,81 \text{ год}$$

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

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$a_{\text{сер}} = \frac{a_a(1 + R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сер}}} \quad (4.4.19)$$

$$a_{\text{сер}} = \frac{2,5(1 + 0,3) \cdot 1,9 + 7,74 \cdot 0,3 \cdot 3}{4,81} = 4,5 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$$

Навантаження на активний мул за показником БСК<sub>повн</sub> за прийнятих вихідних даних визначаємо за формулою:

$$q_m = \frac{24(C_{\text{сумБСК}}^a - C_{\text{БСК}}^{\text{вих}})}{a_{\text{сер}} \cdot (1 - S) \cdot t_{\text{сер}}} \quad (4.4.20)$$

$$q_m = \frac{24(312 - 15)}{4,5(1 - 0,3) \cdot 4,81} = 470 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{добу}}$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, яке згідно ДБН становить:  $I_{\phi} = 91 \text{ см}^3/\text{г}$ .

При фактичному значенні мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^{\phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_{\phi}} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{91} - 2,5} = 0,3 \quad (4.4.21)$$

Робочий об'єм аеротенка з урахуванням зони окиснення:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_{\text{аер}} \cdot Q_{\text{max}}, \quad (4.4.22)$$

де  $Q_{\text{max}}$  – максимальна витрата стічних вод,  $5329 \text{ м}^3/\text{год}$ .

$$W_a = (1 + 0,3) \cdot 1,9 \cdot 5329 = 13\,205 \text{ м}^3$$

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\text{max}} = 7,74 \cdot 0,3 \cdot 5329 = 12\,142 \text{ м}^3 \quad (4.4.23)$$

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_p = 14\,620 + 13\,460 = 25\,347 \text{ м}^3 \quad (4.4.24)$$

Приймаємо кількість секцій  $N=4$  [метод].

Об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{25\,347}{4} = 6337 \text{ м}^3 \quad (4.4.25)$$

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		72

Приймаємо чотирьохкоридорний аеротенк з 4 секціями з робочою глибиною  $h_p=4,4$  м; шириною коридора  $B=6$  м. Типовий проект 902-2-179 [спр проектувальника Табл. 27.7].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W_1}{B \cdot h_p \cdot N \cdot n_{\text{кор}}} = \frac{6337}{6 \cdot 4,4 \cdot 4 \cdot 4} = 64 \text{ м} \quad (4.4.26)$$

де  $n_{\text{кор}}$  – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{12\,142}{25\,347} \cdot 100 = 47,9\% \quad (4.4.27)$$

Приріст активного мулу у аеротенку розраховуємо за формулою:

$$\Pi = 0,8 \cdot C_{3P}^{k,\phi} + K_n \cdot C_{\text{сум.БСК}}^a \quad (4.4.28)$$

де  $C_{3P}^{k,\phi}$  – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк, 141,5 мг/дм<sup>3</sup>;

$K_n$  – коефіцієнт приросту активного мулу, 0,3.

$$\Pi = 0,8 \cdot 147 + 0,3 \cdot 312 = 211 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

Аеротенк необхідно обладнати системою аерації. Приймаємо дрібнобульбашкову систему аерації, для її розрахунку визначимо питому витрату повітря на аерацію.

Питома витрата повітря на окиснення органічних забруднень стічних вод:

$$q_{\text{пов}} = \frac{q_0 \cdot (C_{\text{сум.БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^{\text{вих}})}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} \quad (4.4.29)$$

де  $q_0$  – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні 1,1 мг/дм<sup>3</sup>;

$K_1$  – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібно бульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка, 1,68;

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		73

$K_2$  – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів, 2,26;

$K_3$  – коефіцієнт якості води для міських стічних вод, 0,85;

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

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{\text{сер.р}} - 20), \quad (4.4.30)$$

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (24 - 20) = 1,08$$

де  $C_a$  – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів ( $h_a$ ), за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4,4}{20,6}\right) \cdot 8,33 = 10,11 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}, \quad (4.4.31)$$

де  $C_T$  – розчинність кисню у воді в залежності від середньорічної температури та атмосферного тиску, 8,33 мг/дм<sup>3</sup>[метод, дод. К.11];

$C_o$  – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм<sup>3</sup>.

$$q_{\text{пов}} = \frac{1,1 \cdot (313 - 15)}{1,68 \cdot 2,26 \cdot 0,85 \cdot 1,08 \cdot (10,11 - 2)} = 7,6 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{\text{пов}} \cdot H}{t_{\text{аер}}}, \quad (4.4.32)$$

де  $H$  – глибина аеротенка, 4,4 м;  $t_a$  – період аерації, 1,9 год.

$$I = \frac{7,6 \cdot 4,4}{1,9} = 17,5 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати:

В аеротенку:

$$I_a = 0,67 \cdot I_{\text{сер}} = 0,67 \cdot 17,5 = 23,31 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (4.4.33.1)$$

В регенераторі:

$$I_p = 1,33 \cdot I_{\text{сер}} = 1,33 \cdot 17,5 \\ = 11,74 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (4.4.33.2)$$

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

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = q_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{max}} \quad (4.4.34) \\ Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = 7,6 \cdot 5329 = 40\,624 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Під регенерацію відводиться 1 коридор. Повітродувки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

#### 4.3. Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків

Вторинні відстійники встановлюються для відстоювання активного мулу. Відстійники приймаємо того ж типу, що й первинні. Розраховуємо відстійник за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні за рівнянням:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\phi} \cdot a_a)^{0,5-0,01 \cdot a_t}} \quad (4.4.35)$$

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

$H$  - глибина зони відстоювання, 4 м;

$J_{\phi}$  - фактичне значення мулового індексу, 91 см<sup>3</sup>/г;

$a_a$  - концентрація активного мулу в аеротенку, 2,5 г/дм<sup>3</sup>;

$a_t$  - концентрація активного мулу у воді після відстоювання, приймаємо 15 мг/дм<sup>3</sup>.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$q = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 4^{0,8}}{(0,1 \cdot 91 \cdot 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,83 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

Загальна площа вторинних відстійників:

$$F = \frac{Q_{\text{max.год}}}{q} = \frac{5329}{1,83} = 2915 \text{ м}^2, \quad (4.4.36)$$

де  $Q_{\text{max}}$  - максимальна витрата стічних вод, 5329 м<sup>3</sup>/год.

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

$$N = \frac{2915}{0,785 \cdot 40^2} = 2,32 \approx 3 \text{ шт}, \quad (4.4.37)$$

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

Отже, за типовим проектом № 902-2-90/75 приймаємо:

- 3 радіальних відстійника;
- діаметр - 40 м;
- робоча глибина – 4,35 м;
- діаметр підвідного трубопроводу – 2000 мм;
- діаметр відвідного трубопроводу – 1200 мм
- об'єм мулової зони - 915 м<sup>3</sup>;
- об'єм відстійника – 4580 м<sup>3</sup>.

#### 4.4. Розрахунок загальної витрати осадів

Для розрахунку метантенка потрібно визначити витрату сухої речовини осаду:

$$O_{\text{сух}} = \frac{C_{\text{ЗР}}^{\text{сум}} \cdot E \cdot k \cdot Q_{\text{сум.доб}}}{10^6}, m / \text{доб}, \quad (4.4.38)$$

$$O_{\text{сух}} = \frac{325 \cdot 0,415 \cdot 1,1 \cdot 87000}{10^6} = 12,1 \text{ т/добу}$$

де  $C_{\text{ЗР}}^{\text{сум}}$  - концентрація завислих речовин в суміші стічних вод міста, 325 мг/дм<sup>3</sup>;

$E$  - ефект затримання завислих речовин у первинних відстійниках, 0,415;

$k$  - коефіцієнт, що враховує частинки, які не уловлюються при відборі

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		76

проб, приймається 1,1;

$Q_{\text{сум.доб}}$  – розрахункова витрата стічних вод, 87 000 м<sup>3</sup>/добу.

Витрата надлишкового активного мулу:

$$M_{\text{сух}} = \frac{Q_{\text{сум.доб}} (П - b)}{10^6}, \quad (4.4.39)$$

$$M_{\text{сух}} = \frac{87\,000(211 - 15)}{10^6} = 17,0 \frac{\text{т}}{\text{добу}}$$

де  $П$  - приріст активного мулу, 211 мг/дм<sup>3</sup>;

$b$  - концентрація активного мулу в стічній воді на виході із вторинних відстійників, 15 мг/дм<sup>3</sup>.

Витрату беззольної речовини осаду ( $O_{\text{без}}$ ) та надлишкового активного мулу ( $M_{\text{без}}$ ) визначають за формулами:

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{ос}}) \cdot (100 - Z_{\text{ос}})}{10^4}, \text{ т / доб}, \quad (4.4.40)$$

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{м}}) \cdot (100 - Z_{\text{м}})}{10^4}, \text{ т / доб}, \quad (4.4.41)$$

де  $B_{\text{ос}}$  та  $B_{\text{м}}$  – гігроскопічна вологість осаду та активного мулу, яка приймається 5 %;

$Z_{\text{ос}}$  та  $Z_{\text{м}}$  - зольності, відповідно, осаду та активного мулу, які для побутових стічних вод приймають рівними 30%.

$$O_{\text{без}} = \frac{12,1(100 - 5)(100 - 30)}{10^4} = 8,06 \text{ т / доб}$$

$$M_{\text{без}} = \frac{17,0(100 - 5)(100 - 30)}{10^4} = 11,3 \text{ т / доб}$$

Витрати осаду та активного мулу фактичної вологості за умови, що їх густина дорівнює 1 т/м<sup>3</sup>, визначають за формулами:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot O_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}})}, \text{ м}^3 / \text{доб}, \quad (4.4.42)$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{м}})}, \text{ м}^3 / \text{доб}, \quad (4.4.43)$$

де  $W_{\text{ос}}$  - вологість осаду, яка приймається 95%;

$W_{\text{м}}$  - вологість ущільненого мулу, 97 %[снп, табл 58].

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		77



$$V_{oc} = \frac{100 \cdot 12,1}{(100 - 95)} = 242 \text{ м}^3/\text{доб}$$

$$V_m = \frac{100 \cdot 17,0}{(100 - 97)} = 568 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Вміст сухої речовини в осаді:

$$S_{cux} = O_{cux} + M_{cux} = 12,1 + 17,0 = 29,1 \frac{\text{т}}{\text{доб}} \quad (4.4.44)$$

Вміст беззольної речовини в осаді:

$$S_{bez} = O_{bez} + M_{bez} = 8,06 + 11,3 = 19,4 \text{ т/доб} \quad (4.4.45)$$

Загальна витрата осаду та активного мулу буде складати:

$$V_{zag} = V_{oc} + V_m = 242 + 568 = 811 \text{ м}^3/\text{доб} \quad (4.4.46)$$

Загальна вологість суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$W_{zag} = 100 \left( 1 - \frac{S_{cux}}{V_{zag}} \right) = 100 \left( 1 - \frac{29,1}{811} \right) = 96,4 \% \quad (4.4.47)$$

Загальна зольність суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$Z_{zag} = \left[ 1 - \frac{19,4}{12,1 \left( \frac{100-5}{100} \right) + 17,0 \left( \frac{100-5}{100} \right)} \right] \cdot 100 = 30\% \quad (4.4.48)$$

#### 4.5. Розрахунок мулозгущувача

Максимальна годинна витрата надлишкового активного мулу визначається за формулою:

$$q_{nam} = \frac{1,3 P Q_{sum,доб}}{24 C_{nam}} = \frac{1,3 \cdot 211 \cdot 87\,000}{24 \cdot 6700} = 149 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4.59)$$

де  $Q_{sum,доб}$  – добова витрата суміші побутових та виробничих стічних вод, 87 000 м<sup>3</sup>/добу;

$C_{nam}$  - концентрація надлишкового активного мулу, 6700 мг/дм<sup>3</sup>, яка приймається рівною дозі активного мулу у регенераторі;

1,3 - коефіцієнт сезонної нерівномірності приросту активного мулу.

Витрата мулової рідини, яка утворюється під час ущільнення мулу, визначається за формулою:

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		78

$$q_{\text{мр}} = \frac{q_{\text{нам}}(W_{\text{ну}} - W_{\text{ущ}})}{100 - W_{\text{ущ}}} = \frac{149(99,2 - 97)}{100 - 97} = 109 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4.60)$$

де  $W_{\text{ну}}$  - вологість неущільненого мулу, 99,2 %;  $W_{\text{ущ}}$  - вологість ущільненого мулу, 97 %[ДБН].

Годинна витрата ущільненого мулу складає:

$$q_{\text{ущ}} = q_{\text{нам}} - q_{\text{мр}} = 149 - 109 = 40 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4.61)$$

При розрахунку радіальних мулозгущувачів визначають корисну площу поверхні за формулою:

$$F_{\text{м}} = \frac{q_{\text{нам}}}{q_0} = \frac{149}{0,3} = 497 \text{ м}^2, \quad (4.4.62)$$

де  $q_0$  - розрахункове навантаження на одиницю площі поверхні, яке приймається  $0,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Кількість мулозгущувачів приймається не менше двох. Діаметр мулозгущувача визначають з виразу:

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\text{м}}}{\pi N}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 497}{2\pi}} = 17,8 \approx 18 \text{ м} \quad (4.4.63)$$

де  $N$  - кількість мулозгущувачів діаметром 18 м, 2 шт.

Радіальні мулозгущувачі влаштовують на базі типових вторинних відстійників. Висоту зони ущільнення мулу визначають за формулою:

$$H_{\text{ущ}} = q_0 t = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ м} \quad (4.4.64)$$

де  $t$  - тривалість ущільнення активного мулу, приймається 10 год [снп, табл 58].

#### 4.6. Розрахунок аеробного стабілізатора

Розрахунковий об'єм аеробного стабілізатора складає:

$$V_{\text{ас}} = V_{\text{заг}} \cdot t_{\text{ос}} = 811 \cdot 6 = 4864 \text{ м}^3$$

де  $t_{\text{ас}}$  - тривалість стабілізації осаду при температурі, яка приймається рівною мінімальній середньомісячній температурі стічних вод, приймається 6 діб.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При розпаді в процесі аеробної стабілізації 40% беззольної речовини осадів (X) маса сухої речовини аеробно стабілізованого осаду складе:

$$M_{\text{сух}}^{\text{ас}} = S_{\text{сух}} - S_{\text{без}} \cdot \frac{(100 - X)}{100} = 29,2 - 19,4 \cdot \left(\frac{60}{100}\right) = 17,53 \text{ т/доб}$$

Ущільнення аеробно стабілізованого осаду доцільно здійснювати у спеціально виділеній зоні в середині аеробного стабілізатора. Об'єм зони ущільнення осаду при цьому складе:

$$V_{\text{з.у.}} = V_{\text{заг}} \cdot t_{\text{у}} = 811 \cdot 0,3 = 168 \text{ м}^3$$

де  $t_{\text{у}}$  - тривалість ущільнення аеробно стабілізованого осаду, яка приймається не більше 5 годин, діб.

Обираємо аеробний стабілізатор за ТП 902-2-192 з такими параметрами :

- Робочий об'єм секції,  $\text{м}^3$  – 2432;
- Довжина секції, м – 42;
- Ширина коридору м – 4,5 ;
- Робоча глибина, м - 4,4;
- Число коридорів, шт - 3;

Аеробну стабілізацію влаштовують у спорудах типу коридорних аеротенків. Кількість секцій аеробного стабілізатора (не менше двох) при цьому складе:

$$N_{\text{ас}} = \frac{(V_{\text{ас}} + V_{\text{з.у.}})}{V_1} = \frac{(4864 + 169)}{2450} \approx 2 \text{ шт}$$

де  $V_1$  - об'єм однієї секції аеробного стабілізатора,  $\text{м}^3$ .

Фактичний сумарний об'єм аеробного стабілізатора при цьому складе:

$$V_{\text{а.с.}}^{\phi} = (V_1 \cdot N_{\text{а.с.}}^{\phi}) - V_{\text{з.у.}} = (2450 \cdot 2) - 169 = 4731 \text{ м}^3$$

де  $N_{\text{а.с.}}^{\phi}$  - прийнята кількість секцій аеробного стабілізатора.

Витрата повітря, що подається в аеробний стабілізатор, повинна складати:

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Q_{\text{пов.}}^{\text{a.c.}} = V_{\text{a.c.}}^{\Phi} \cdot q_{\text{a.c.}} = 4731 \cdot 1,5 = 7097 \text{ м}^3/\text{год}$$

де  $q_{\text{a.c.}}$  - питома витрата повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$  на  $1 \text{ м}^3$  об'єму аеробного стабілізатора. Приймається рівною  $1-2 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^3)$  у залежності від вологості суміші осаду і надлишкового активного мулу, відповідно,  $99,5-97,5 \%$  [снп, п. 6.366].

Інтенсивність аерації при цьому складає:

$$I = \frac{Q_{\text{пов.}}^{\text{a.c.}} \cdot H}{V_{\text{a.c.}}^{\Phi}} = \frac{7097 \cdot 4,4}{4731} = 6,6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

де  $H$  - гідравлічна глибина аеробного стабілізатора,  $4,4 \text{ м}$ . Інтенсивність аерації в аеробному стабілізаторі не повинна бути меншою  $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  [1, п. 6.366].

Витрата ущільненого аеробно стабілізованого осаду складає:

$$V_{\text{заг.}}^y = \frac{M_{\text{сух.}}^{\text{a.c.}} \cdot 100}{100 - W_{\text{a.c.}}^y} = \frac{17,53 \cdot 100}{100 - 97,5} = 701 \text{ м}^3/\text{добу}$$

де  $W_{\text{a.c.}}^y = 96,5-98,5 \%$  - вологість ущільненого аеробно стабілізованого осаду [1, п. 6.367].

Мулова вода направляється в аеротенки у кількості:

$$V_{\text{м.в.}} = V_{\text{ac}} - V_{\text{заг.}}^y = 4731 - 701 = 4030 \text{ м}^3/\text{добу}$$

## РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

**Назва роботи:** «Біологічне очищення стічних вод пивоварного заводу та міста».

**Бізнес-ідея:** запроектувати технологію біологічного очищення стічних вод пивоварного заводу.

**Об'єктом дослідження** є висококонцентровані стічні води пивоварного заводу. **Суб'єктом** є пивоварний завод зі спорудами біологічного очищення.

**Актуальність:** надзвичайно актуальним для України є розроблення та впровадження сучасних технологій для збереження водних джерел від забруднення і виснаження, зокрема для галузі виробництва пива. При цьому на великій кількості підприємств галузі очисні споруди відсутні або стічні води тільки частково очищають із застосуванням фізичних методів, що є недостатнім та говорить про актуальність розробки та впровадження схем повної біологічної очистки стічних вод на пивоварних підприємствах. Технологія очищення стічних вод промислового підприємства, яка представлена в даному проекті, забезпечує зниження ключових показників забруднення до значень, які є прийнятними до скиду в рибогосподарську водойму – річку та використання отриманого біогазу з процесу анаеробного очищення стічних вод на потреби підприємства.

**Метою** даної роботи є підбір та проектування сучасної економічно вигідної технології очищення стічних вод пивоварного заводу до норм скиду у річку.

**Продукт:** комплексна біологічна технологія очищення висококонцентрованих стоків пивоварного заводу та отримані в результаті очищена стічна вода та біогаз. **Технологія.** В дипломному проекті піддаються очищенню стоки пивоварного заводу об'ємом 7 000 м<sup>3</sup> /добу. Відповідно до

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		82

показників забруднень запропоновано технологію очищення стічних вод, яка включає в себе механічне очищення, анаеробне та аеробне біологічне очищення, обробку осадів та виробництво біогазу.

**Сировиною** є неочищена стічна вода, утворена в результаті діяльності пивоварного підприємства. **Ринок збуту:** юридичні особи (пивоварні заводи).

**Кваліфікація персоналу.** На очисній станції передбачено задіяти висококваліфікованих робітників та спеціалістів.

Таблиця 5.1. Резюме стартап-проекту

№	Показник	Характеристика
1.	Сутність ідеї	Розробити технологію багатоступеневого біологічного очищення стічних вод пивоварного заводу, яка поєднує анаеробне в UASB-реакторі та аеробне біологічне очищення.
2.	Наявність аналогів або прототипів ідеї	Існують подібні технології з іншими методиками (аеробні або анаеробні методи, анаеробні без використання біогазу з анаеробного реактора, поєднані технології, що застосовуються для очищення міських стічних вод, комбіновані технології на більших підприємствах з витратою >10000м <sup>3</sup> /добу) та показниками продуктивності
3.	Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Ефективне очищення високонцентрованих стічних вод пивоварного заводу

4.	Ступінь розробленості технології реалізації	Розроблено та розраховано повноцінну технологію, яка може бути застосована на виробництві
5.	КВЕД, до якого може належати дане виробництво	Е – водопостачання, каналізація, поводження з відходами
6.	Очікувана потужність виробництва	Середнє та велике підприємство
7.	За масштабом виробництва	Одиничне, серійне
8.	За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільні, комбіновані
9.	За ресурсами, що споживатимуться	Капіталомістке, працемістке, матеріаломістке,
10.	За чисельністю персоналу	Мале, середнє
11.	Органи управління при реалізації стартапу	Національні
12.	Бажане географічне розташування - потужностей стартапу; - офісу стартапу; - збутової мережі; -постачальників комплектуючих	Пивоварний завод міста Миколаїв
13.	Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Розробка
14.	Ключові фактори успіху стартапу	Доведення показників концентрацій забруднень стічних вод підприємства до норм скиду у річку Південний Буг (м. Миколаїв)

15.	Споживачі (основні на етапі впровадження, групи, орієнтовна чисельність)	Юридичні особи (пивоварний завод)
16.	Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	Витрата води підприємства 7 000 м <sup>3</sup> /добу
18.	Конкурентна ціна на продукт стартапу	4,17 грн/м <sup>3</sup> очищеної стічної води
19.	Капіталовкладення в проект	883 700 грн/рік
21.	Основні компоненти продукції стартапу	Очисні споруди, забруднені стічні води, реагенти (соляна кислота та гідроксид натрію для вирівнювання рН)
22.	Потенційні постачальники складових компонентів розробки	ТОВ «Аквантіс» (м. Київ, комплексні рішення з підбору обладнання) Вітекс, Група компаній (м. Київ, програмне забезпечення) Пивоварний завод міста Миколаїв (стічна вода)
23.	Джерела фінансування	Банківське фінансування 70% Фінансування приватного інвестора 30%
24.	Планове місце реалізації результату розробки	м. Миколаїв
25.	Конкуренти	Е.Т.Е (Ecology Tech Energy) Будівельна компанія SGroup
26.	Наявність посередників при реалізації (так, ні, орієнтовні посередники, форми оплати їх діяльності)	Ні



27.	Методи просування результатів розробки на ринок	Поширення рекламної інформації по існуючих пивоварних підприємствах, екологічних товариствах
28.	Бізнес-модель стартапу	B2B

Внутрішнє середовище підприємства визначають внутрішні змінні величини всередині підприємства, які мають безпосередній вплив на процес перетворень та функціонування підприємства. До них відносяться організація, технікотехнологічні особливості діяльності, кадри, забезпеченість основними та оборотними засобами, стан основних засобів тощо. Зовнішнім середовищем є сукупність господарських суб'єктів, суспільних, економічних, а також природних умов, міжнародних та національних, інших зовнішніх відносно підприємства умов та чинників. Факторами зовнішнього середовища є географія, економіка, політика, науково-технічний прогрес тощо. Аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища наведено у таблицях 6.2 та 6.3. Даний аналіз проведено для кращого розуміння факторів, що впливають на реалізацію проекту.

Таблиця 5.2. Аналіз внутрішнього середовища

Переваги	Недоліки
Організаційна структура та управління підприємством	
Невелика кількість персоналу на підприємстві Автоматизація процесів	Тільки кваліфікований вузькопрофільний персонал
Виробничий процес	
Велика кількість вихідної сировини (стічних вод) на території України; Відсутність небезпечних відходів Можливість працювати з підприємствами з усієї країни	Наявність існуючих очисних споруд та технологій очищення Постійний контроль ефективності очищення та виходу біогазу
Фінанси	
Помірні витрати на експлуатацію та обслуговування; Помірні витрати на заробітну плату за рахунок мінімального робочого штату;	Великі капіталовкладення на будівництво та монтаж очисних споруд

Таблиця 5.3. Аналіз зовнішнього середовища

Критерій	Можливості	Загрози
Політика		
Штрафи за скид неочищених стічних вод	Підтримка проекту на законодавчому рівні, стимул для підприємств до застосування вигідної та ефективної технології очищення стічних вод	Неактивний контроль виконання підприємствами дотримання норм скиду стічних вод, тому не усі підприємства можуть з легкістю погодитись на застосування нової технології
Підвищення тарифів на постачання тепла	Стимул для підприємств використовувати технологію, що дозволить виробляти власне тепло	Надання переваги технологічно простішому типу опалення, ніж біогазовому
Підтримка «зелених» проектів	Привертання уваги до технології та можливостей її застосування	Поява конкурентних технологій
Економіка		
Виробництво власного біогазу	Зменшення витрат на постачання тепла	Зростання цін на обладнання, велика кількість обладнання потребується
Виробництво добрив з осадів станції	Додаткове джерело прибутку	Потребується додаткове обладнання та реагенти для стабілізації осадів
Географія		
Територіальна забезпеченість	Достатність території для будівництва очисної станції, розташування в обласному центрі, наявність річки, у якій можливо покращити показники якості води	Територіально далеко від основних перспективних постачальників обладнання (м. Київ)

НТП		
Підбір сучасного обладнання	Використання високоавтоматизованого обладнання для найефективнішого застосування технології	Робітників необхідно буде навчати перед початком роботи на станції
Велика кількість публікацій та досліджень	Легше проаналізувати ефективність різних технологій та зробити висновки, що краще використовувати	З'являються схожі технології, підприємства мають широкий вибір варіантів очищення, можуть не обирати саме цю технологію
Екологія		
Покращення якості води у річці	Привертання уваги підприємства промисловості до фактичного вирішення екологічних проблем	Недостатня обізнаність людей про проблеми, що створюють підприємства, які недостатньо очищують стічні води

Методом оцінки конкурентних переваг на основі функціонально-вартісного аналізу (методом Шонфільда) визначено ключові фактори успіху проекту. Визначено перелік важливих для виробника характеристик продукції, таких як ефективність очисних споруд, доступність сировини, технічне обслуговування обладнання. Методом експертного оцінювання було визначено вагомість кожної характеристики для споживача.

Таблиця 5.4. Визначення ключових факторів успіху проекту

Ключові фактори	Коефіцієнт вагомості	Оцінка характеристик		
		Власний продукт	Конкурент 1	Конкурент 2
Доступність сировини	0,3	5	5	5
Ефективність споруд	0,4	4	2	3,5
Технічне обслуговування	0,3	5	3	3

\* Оцінка за 5-ти бальною шкалою, де 5 – найвища оцінка, 1 – найнижча

Визначено бальну оцінку для кожної характеристики з урахуванням коефіцієнту вагомості для власної продукції і продукції конкурентів (Бальна оцінка = коеф.вагомості · оцінка характеристики) та наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 5.5. Визначення бальної оцінки

Характеристика	Бальна оцінка характеристики		
	Власна продукція	Конкурент 1	Конкурент 2
Доступність сировини	1,5	1,5	1,5
Ефективність споруд	1,6	0,8	1,4
Технічне обслуговування	1,5	0,9	0,9

На підставі отриманих бальних оцінок побудовано графік порівняння конкурентних переваг підприємства з конкурентами.

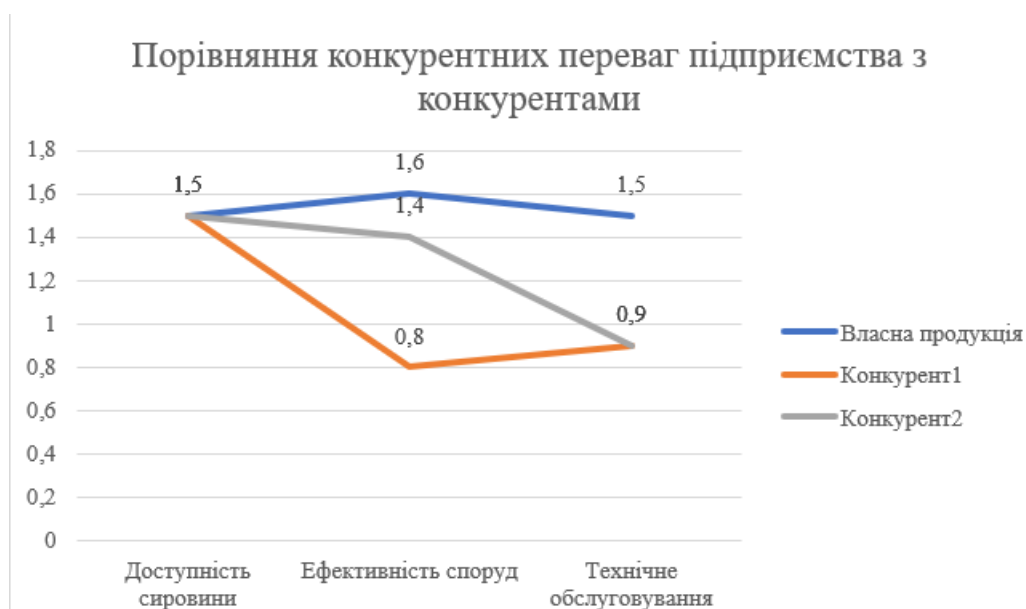


Рисунок 6.1. Визначення ключових факторів успіху проекту

Методом Шонфільда було визначено, що конкурентними перевагами запроєктованої технології очищення стічних вод пивоварного заводу є ефективність роботи очисних споруд та технічне обслуговування обладнання.

На основі аналізу ключових факторів успіху стартап-проекту сформовано можливі варіанти розвитку інноваційної ідеї та перспективний напрям її розвитку.

Таблиця 5.6. Варіанти розвитку інноваційної ідеї

Варіант	Стислий опис можливого розвитку
Використання розробленої технології на інших пивоварних підприємствах	Можлива реалізація технології очищення стічної води на інших пивоварних заводах з урахуванням потужностей та показників забруднень, а також на інших підприємствах харчової промисловості з високими показниками органічних забруднень (наприклад, м'ясокомбінати, молокозаводи, виробництва безалкогольних продуктів шляхом бродіння)
Продаж технології іноземним компаніям	На очисній станції буде використовуватись сучасне обладнання, можливо із залученням іноземних виробників, співпрацею з якими можна також виходити на іноземний ринок та застосовувати розроблену технологію

Таблиця 5.7. Визначення потенційних споживачів

№	Критерій	Значення
1.	Форма власності	Приватне
2.	КВЕД	КВЕД 11.05 Виробництво пива
3.	За потужністю	Середні, великі
4.	За масштабом виробництва	Серійні
5.	За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільні, комбіновані
6.	За чисельністю персоналу	Малі, середні
7.	За сферою діяльності	Виробничі, комерційні
8.	За географічним розташуванням	м. Миколаїв
9.	За характером господарської діяльності	Промислові
10.	За долею іноземного капіталу	-
11.	За організацією виробничого процесу	Безперервні
12.	За роботою протягом року	Позасезонні
13.	За рівнем технологічної цілісності	Дочірні, філії
14.	За ресурсами, що споживаються	Капіталомістке      працемістке, матеріаломістке

Таблиця 5.8. Ризики та страхування розробки

Назва процесу/стадії реалізації стартап проекту	Бізнес процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
Розробка ідеї стартап-проекту	Удосконалення технологій очищення стічних вод шляхом комбінації існуючих біологічних методів та отримання біогазу, що може використовуватись на підприємстві як джерело енергії	Пошук виробників, патентів	Недостатня кваліфікація персоналу, необхідність навчання персоналу
Реалізація ідеї стартап-проекту	Проектування, конструювання та монтаж споруд, навчання персоналу, автоматизація виробництва, розробка методів контролю процесу	Витрати на споруди та сучасне обладнання, на програмне забезпечення	Проблеми з налаштуванням автоматизації
Впровадження у виробництво	Впровадження технологічних процесів на запроектованому новому обладнанні, контроль усіх стадій виробництва	Висока вартість ремонту, необхідність обслуговування	Потреба у налаштуванні, обслуговуванні та ремонті
Масова реалізація	Реалізація технології на ринку	Поява більш ефективних конкурентів	Погіршення якості очищеної стічної води внаслідок порушення технологічних процесів, зменшення виходу біогазу

Таблиця 5.9. Ризики та страхування розробки

Група ризиків	Ймовірність настання, %	Вплив на очікуваний результат	Заходи для мінімізації
Виробничі	30%	Погіршення якості очищеної стічної води внаслідок порушення технологічних процесів, зменшення виходу біогазу	Висока кваліфікація навчених працівників
Фінансові	20%	Інфляція Неможливість проведення платіжних операцій	Контроль фінансовоекономічного планування
Організаційні	30%	Проблеми з постачанням матеріальних ресурсів, проблеми збуту технології	Робота за договором
Техніко-виробничі	20%	Ймовірність аварії на очисних спорудах, шкода навколишньому середовищу	Проведення інструктажів з техніки безпеки, штрафи за порушення правил техніки безпеки
Майнові	20%	Погіршення стану споруд та ефективності їх роботи	Використання якісного обладнання, регулярний контроль стану споруд



Таблиця 5.10. План заходів з управління ризиками

Назва ризику	Назва методу управління ризиком	Відповідальні виконавці	Очікувані результати від впровадження методів управління
Погіршення якості очищеної стічної води внаслідок порушення технологічних процесів, зменшення виходу біогазу Погіршення стану споруд та ефективності їх роботи	Ухилення від ризику	Головний технолог; інженер	Уникнення порушень експлуатації та помилок в оцінці роботи споруд, безпека на очисній станції
Інфляція Неможливість проведення платіжних операцій	Ухилення від ризику	Фінансовий відділ	Відмова від співпраці з ненадійними партнерами
Проблеми з постачанням матеріальних ресурсів, проблеми збуту технології	Попередження ризику	Начальник очисної станції	Стратегічне планування діяльності Самострахування
Ймовірність аварії на очисних спорудах	Ухилення від ризику	Головний технолог; інженер	Уникнення порушень експлуатації та помилок в оцінці роботи споруд, безпека на очисній станції, уникнення утворення шкідливих відходів

Таблиця 5.11. Вартість основних фондів очисної станції

№	Основний фонд	Кількість, од	Вартість, тис.грн/од	Загальна вартість, тис.грн	Термін експлуатації, років	Річна сума амортизаційних внесків, тис.грн/рік
1.	Земельна ділянка	10	5,6	56	40	1,4
2.	Будівлі	5	20	100	25	4
3.	Трубопровід	-	-	100	5	20
4.	Барабанні решітки	2	6	12	5	2,4
5.	Первинний відстійник	2	41,5	83	15	5,53
6.	Змішувач-усереднювач	1	30,5	30,5	15	2,04
7.	Анаеробний реактор	1	70	70	25	2,8
8.	Аеробний реактор	1	55	55	30	1,84
9.	Вторинний відстійник	2	41,5	83	15	5,54
10.	Система приготування реагентів	2	4	8	3	2,67
11.	Фільтр-прес	2	32,5	65	15	4,34
12.	Фільтр для повітря	2	5	10	5	2

## Продовження Таблиці 5.11.

13.	Насоси	8	2,4	19,2	3	6,4
14.	Обладнання лабораторії	-	-	90	10	9
15.	Повітрозабірник	4	3	12	5	2,4
16.	Повітродувка	6	5	30	5	6
17.	Очисні системи для біогазу	2	30	60	5	12
	Сума	-	-	883,7	-	90,36

Таблиця 5.12. Визначення вартості палива та енергії на технологічні потреби

Обладнання	Потужність, кВт·год	Кількість, шт	Коефіцієнт попиту	Коефіцієнт збільшення потужності	Загальна потужність обладнання, кВт	Ефективний час роботи, год/рік	Витрати електроенергії на одиницю обладнання, кВт/рік	Загальні витрати електроенергії, кВт/рік	Вартість електроенергії, грн/рік
Повітродувка	1,5	4	0,9	1,1	5,94	6546	9819	39276	125683
Компресор	2,5	4	0,9	1,2	10,8	7410	18525	74100	237120
Система аерації	3,5	2	0,9	1,1	6,93	8497	29739	59478	190330
Насос	2	10	0,9	1,2	21,6	8789	17578	175780	562496
Барабанна решітка	1,2	2	0,9	1,1	2,38	8278	9934	19868	63578
Невраховане електрообладнання								380000	1216000
Сума								748502	2395206

Електроенергія, яка витрачається на освітлення:

$$E = \frac{T \cdot S \cdot a \cdot K \cdot 1,02 \cdot 1,05}{1000},$$

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.

Електроенергію споживає:

- Виробництво

$$E_{\text{в}} = \frac{8760 \cdot 2150 \cdot 15 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 1,05}{1000} = 257\,185 \text{ кВт}$$

- Заводоуправління

$$E_{\text{з}} = \frac{2920 \cdot 480 \cdot 15 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 1,05}{1000} = 19\,140 \text{ кВт}$$

Сумарно електроенергії, що витрачається на освітлення:

$$E_{\text{в}} + E_{\text{з}} = 257\,185 + 19\,140 = 276\,325 \text{ кВт}$$

Таблиця 5.13. Вартість енерговитрат, витрат на водопостачання та водовідведення

№	Найменування	Кількість, од./рік	Ціна, грн/од	Сума, грн/рік
1	Електроенергія силова	748502 кВт	3,2	2395206
2	Електроенергія, що витрачається на освітлення	276 325 кВт	3,2	884240
3	Теплова енергія	1500Гкал	4 277,95	6416925
4	Водопостачання	7000 м³	13,34	93 380
Сума:				9789752

Частково витрати на теплову енергію будуть покриватись виробництвом власного біогазу від анаеробного реактора, що буде використовуватись на власні потреби.

Таблиця 5.14. Забезпеченість стартап-проекту трудовими ресурсами

Посада	Кваліфікація	Кількість в бригаді, осіб	Кількість бригад	Заробітна плата		
				Одного працівника, грн/міс	Всього за рік, грн/рік	Єдиний соціальний внесок (22%), грн/рік
Головний технолог	Високо-кваліфікована	1	-	25000	300000	66000
Головний інженер	Високо-кваліфікована	1	-	25000	300000	66000
Керівник бригади	Високо-кваліфікована	1	2	22000	528000	116160
Технолог	Високо-кваліфікована	1	2	20000	480000	105600
Лаборант	Високо-кваліфікована	1	2	20000	480000	105600
Інженер-оператор	Високо-кваліфікована	2	2	18000	432000	95040
Прибиральник	-	1	2	12000	288000	63360
Сума		8	2	142000	2 808 000	617 760

Таблиця 5.15. Калькуляція собівартості

Стаття калькуляції	Витрата на річну програму, грн./рік	Витрата на одиницю готової продукції, грн./м <sup>3</sup>
Основна сировина	-	-
Допоміжні матеріали	1 900 000	0,28
Енерговитрати, водопостачання та водовідведення	до 9789752	1,65
Заробітна плата персоналу очисної станції	2 808 000	1,22
Нарахування на заробітну плату	3 425 760	0,45
Електроенергія на технологічні потреби	2395206	0,28
Амортизаційні витрати	90 360	0,02
Інші витрати очисної станції	200 000	0,05
Вартість виробничих основних фондів	883 700	0,22
Повна собівартість	14 426 217	4,17

Таким чином, собівартість води, що отримана в результаті застосування обраної технології, становить 4,17 грн/м<sup>3</sup>.

Таблиця 5.16. Техніко-економічні показники стартап-проекту

№	Показник	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку	Значення	
				Розробка	Реалізація
1	Річний обсяг реалізації технології	Од	В	1 750 000	
2	Ціна на продукцію	грн/м <sup>3</sup>	Ц	6,5	
3	Середньорічна Чисельність персоналу за списком	Осіб	$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \times K_{\text{пер}}$	4	8
4	Середньорічний виробіток робітника	Од./особу	$ППс.p. = В/Ч_{\text{сп}}$	437500	218750
5	Капіталовкладення у проект	грн	$K = ОФ + ОБК$	883 700	
6	Повна собівартість				
	-Всього	грн	$C = A + ОБК$	14 426 217	
	-На од. прод.	грн/од		4,17	
7	Відносний Прибуток		$П = Ц - C$		
	-На од. прод.	грн/од		2,33	
8	Рентабельність		$P = (П/С) \cdot 100$		
	-На од. прод.	грн/од		56	
9	Фондовіддача Виробничих фондів	Грн/грн	$ФВ = (Ц \times В) / ОФ$	1,29	
10	Фондоємкість	Грн/грн	$ФЄ = 1/ФВ$	0,78	

Таблиця 5.17. Карта бізнес-процесів виконання стартап проекту

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат
Розробка ідеї	Аналіз літератури, пошук патентів, наукових статей, пошук виробників, постачальників обладнання та сировини. Планування основних стадій процесу, визначення критичних точок та параметрів контролю.	Інформаційні Людські	До 3 місяців	-



## Продовження Таблиці 5.17.

Реалізація ідеї	Відбір кадрів та навчання. Навчання шляхом відвідування семінарів, відряджень до інших підприємств, сесій обговорень та знайомства з обладнанням тощо. Виконання технологічних обрахунків потужності виробництва, методів забезпечення виробництва необхідним на усіх етапах Розробка маркетингової стратегії.	Інформаційні Людські Технічні Фінансові	До 2 місяців	70000
-----------------	---	--	--------------	-------

## Продовження Таблиці 5.17.

Впровадження ідеї у виробництво	Встановлення обладнання. Пробний запуск станції. Моніторинг основних пераметрів очищення стічних вод та утворення біогазу.	Матеріальні Трудові Фінансові	До 6 місяців	883 700
Масова реалізація	Продаж технологій, пошук нових клієнтів та нарощування клієнтської бази.	Інформаційні Людські Трудові	-	100000

Таблиця 5.18. Системний аналіз бізнес-процесів стартап-проекту

№	Посада	Пошук патентів, статей, виробників обладнання	Планування технологічного процесу	Підбір та навчання кадрів	Виконання технологічних обрахунків	Обслуговування обладнання	Технологічний контроль	Контроль роботи бригади	Підтримання чистоти на підприємстві
1	Головний технолог	+	+	+	+		+		
2	Головний інженер	+	+		+	+			
3	Керівник бригади			+				+	
4	Технолог						+		
5	Лаборант						+		
6	Інженер-оператор					+			
7	Прибиральник								+

## Висновки до розділу

Втілення наведеного проаналізованого стартап проекту є перспективним з огляду на його конкурентоспроможність на ринку. Очищення промислових стічних вод буде поширюватись на пивоварних підприємствах з огляду на впровадження та контроль за виконанням законів та правил щодо скиду виробничих стічних вод у міські системи водовідведення та у природні водойми.

Було проведено первинний аналіз всіх факторів та показників, що мають вплив на проєкт, внутрішнього середовища, а також зовнішнього, було визначено, що основними перевагами, які має запропонована технологія є: Ефективне очищення висококонцентрованих стічних вод пивоварного заводу шляхом застосування комбінації аеробної та анаеробної технології очищення, а також отримання та використання продукту анаеробного зброджування – біогазу – на виробництві на власні потреби.

Першими недоліками, які можуть негативно вплинути на реалізацію є складність та необхідність контролю процесів у анаеробному реакторі, недостатня кількість кваліфікованих спеціалістів та наявність на багатьох пивоварних підприємствах вже інших простіших технологій.

Серед ключових факторів успіху за методом Шонфільда було визначено ефективність споруд та якісне регулярне технічне обслуговування.

Основні ризики, що можуть виникнути під час реалізації стартап-проекту та розроблено план управління ризиками, що можуть виникнути (Таблиці 6.8-6.10).

Було розраховано собівартість очищення 1 м<sup>3</sup> води, що отримана шляхом впровадження запропонованої технології та становить 4,17 грн.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 6. АВТОМАТИЗАЦІЯ

Для оптимізації процесу очищення міських стічних вод в аеротенку-витиснювачі, мають регулюватись наступні параметри:

- Концентрація розчиненого у воді кисню
- Концентрація забруднень у стічних водах, що поступають
- Витрата рециркуляційного активного мулу
- Навантаження на активний мул

### 6.1 Автоматичне регулювання

Стічні води поступають після первинних відстійників у аеротенк через клапан подачі стічної води, який розташований на вхідному отворі. Концентрація розчиненого кисню контролюється автоматично, таким чином можливо коригувати подачу повітря, що поступає через регулюючий клапан.

Аналізується інформація, що надходить від датчиків, за допомогою обчислювального пристрою, за заданим алгоритмом можна визначати кількість органічних забруднень, що надійшли, і приріст активного мулу в процесі очищення. Таким чином, на основі цих даних здійснюється регулюючий вплив на механізми подачі повітря і скидання надлишкового мулу від вторинного відстійника регуляцією магнітними пускачами.

Контроль навантаження на активний мул: витратомір для стічних вод (поз. 1-1); регулятор відношення EfC (поз. 1-2); датчик концентрації органічних забруднень (поз. 1-3) на трубопроводі подачі стічної води; витратомір рециркуляційного активного мулу (поз. 1-4); нефелометр для вимірювання концентрації активного мулу (поз. 1-5); магнітний пускач NS

(поз. 1-6) та сигнальна лампа (поз. 8- 1).

Сигнали від датчиків витрати стічної води FT (поз. 1-1) і концентрації органічних забруднень QY (поз. 1-3) надходять на регулятор відношень FfC (поз. 1-2). До нього також подаються сигнали від аналізаторів концентрації активного мулу QY (поз. 1-5) і витрат рециркуляційного активного мулу FRY (поз. 1-4). Регулятор відношень на основі отриманих даних діє на насос H1.

Контроль витрати надлишкового активного мулу: витратомір FRY (поз. 2-1); магнітний пускач NS (поз. 2-2) та регулятор відношення EfC (поз. 2-3). Регулятор відношень на основі отриманих даних діє на насос H2. Контроль рН в аеротенку: чутливий елемент рН-метра QE (поз. 4-1), нормувального перетворювача рНметра QT (поз. 4-2) та показувального і реєструвального приладу QIR (поз. 4-3). Контроль температури в аеротенку: термopара TE (поз. 5-1), нормуючий перетворювач сигналу MTM-400 (поз. 5-2), розташований по місцю, сигнал передається на вторинний пристрій зі станцією управління типу TIR (поз. 5-3).

## 6.2. Технологічна сигналізація та захист

Контури світлової та звукової сигналізації приєднані до контурів: рівень рН в аеротенку (контур 8), навантаження на активний мул (контур 4), регулювання режиму роботи аеротенку (контур-7). Система сигналізації починає діяти, якщо значення параметру буде відхилятися більше допустимих норм. Витрата рециркуляційного активного мулу: сигналізація за відсутності подачі рециркуляційного активного мулу в аеротенк. Час перебування стічних вод в аеротенку: реле часу KS (поз. 6-1), що передає сигнал на ключ управління HS (поз. 6-2) через магнітний пускач NS (поз. 6-3). У проекті було автоматизовано стадію аеробного біологічного очищення стічних вод міста, а саме роботу споруди – аеротенка-витиснювача. Проектом передбачено здійснення автоматичного регулювання, технологічного контролю, встановлення технологічної сигналізації (світлова і звукова) та захисту, можливе дистанційне регулювання виконавчими механізмами.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		107

### 6.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 6.1 Специфікація засобів автоматизації

№ позиції за схемою	Шифр	Найменування параметру, середовища та місце відбору сигналу	Місце установки	Найменування, технічна характеристика	Тип, марка моделі
1-1	FRY	Витрата стічної води	По місцю	Витратомір	EXO-P-02
1-2	FfC		На щиті	Регулятор відношення	
1-3	QY	Концентрація органічних забруднень	По місцю	Датчик органічних забруднень	Keyestudio- SCAN
1-4	FRY	Витрата рециркуляційног о активного мулу	По місцю	Витратомір	EXO-P-02
1-5	QY	Концентрація активного мулу	По місцю	Нефелометр	HFN-381
1-6	NS		По місцю	Магнітний пускач	ПМЕ-221
2-1	FRY	Витрата надлишкового активного мулу	По місцю	Витратомір	EXO-P-02
2-2	NS		По місцю	Магнітний пускач	ПМ 0-12- 01 C7

Продовження таблиці 6.1

2-3	FfC		На щиті	Регулятор відношення	
3-1	QRY	Концентрація розчиненого кисню в аеротенку	По місцю	Датчик розчиненого кисню	AZ-86021
3-2	QC		На щиті	Регулятор багатофункціональний програмний	РПБ-300
4-1	QE8	Показник рН	По місцю	Датчик рН-метра	
4-2	QI9		По місцю	рН-метр-мільвольтметра	ЄВ-85
4-3	QIRA		На щиті	Показуючий та реєструючий прилад	
5-1	TE	Температура	По місцю	Термопара	Термопара
5-2	TT		По місцю	Прилад дистанційної передачі	Нормуючий перетворювач
5-3	TIR		На щиті	Показуючий та реєструючий прилад	РМТ-49Ам/1
6-1	KS	Регулювання режиму роботи	На щиті	Реле часу	РЕВ-120
6-2	HS		На щиті	Ключ управління	
6-3	NS		По місцю	Магнітний пускач	ПМ 0-12-01 С7



## РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є одним з найбільш актуальних та важливих завдань у роботі промислового підприємства. Це система правових, санітарно-гігієнічних, технічних, економічних задач, що мають забезпечити безпечні умови праці. Очисні споруди несуть наступні шкідливі фактори та фактори небезпеки: висока вологість у приміщеннях; високий рівень шуму і вібрації; наявність рухомих частини робочого обладнання; високий та небезпечний рівень напруги в електричному колі; також у стічних водах та відходах може спостерігатись наявність патогенних мікроорганізмів, яєць гельмінтів, газоподібних токсичних речовин (сірковмісні речовини, вуглекислий газ).

Закон "Про охорону праці та здоров'я" формулює принципи сфери охорони праці:

- життя та здоров'я працівників є пріоритетом та відповідальністю власника, що відповідно має створити безпечні умови праці та забезпечити виконання вимог протипожежної безпеки;
- комплексне вирішення проблем безпеки та охорони праці з урахуванням економічної та соціальної політики та керівних принципів охорони навколишнього середовища.

Під час експлуатації підприємств та споруд з очистки стічних вод та утилізації відходів пивоварних заводів слід дотримуватися правил з техніки безпеки, що застосовуються до всіх виробничих приміщень, а також стандартних інструкцій з експлуатації систем.

Законодавство у сфері охорони праці складається з Конституції України, закону «Про охорону праці», а також із Норм і правил охорони праці. Згідно з законодавством України "Про охорону здоров'я працівників" мають проводитись інструктажі з охорони праці з кожним працівником, студентом,

що проходить на виробництві практику та з відвідувачами екскурсій на підприємство. Працівники, що обслуговують споруди систем водопостачання та водовідведення, повинні пройти медичний огляд, навчання, перевірку знань та інструктажі відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

У цьому розділі пропонуються заходи та інструменти для створення безпечних умов праці виходячи з проаналізованих існуючих ризиків на водоочисному підприємстві та його лабораторіях.

### 7.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 робота працівників в приміщеннях на очисних станціях відноситься до категорії середньої важкості. Це такі види робіт, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 робота в лабораторії відносяться до категорії легкої важкості: такі роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням [38]. Оптимальні параметри мікроклімату у виробничому приміщенні наведено у Таблиці 7.1.

Таблиця 7.1. Оптимальні параметри мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень [38].

Період року	Категорія робіт	Оптимальна температура, °C	Оптимальна вологість, %	Оптимальна швидкість руху повітря, м/с
Теплий	Легкі	21-23	40-60	0,1
	Середньої важкості	17-19		0,2
Холодний	Легкі	22-24		0,2
	Середньої важкості	20-22		0,3

В холодний період року оптимальні значення параметрів мікроклімату підтримуються шляхом використання системи центрального опалення. Для зменшення шкідливого впливу виробничих факторів передбачаються наступні заходи:

- Обладнання та робочі місця, де використовуються шкідливі речовини, оснащуються системами витяжної вентиляції. Таким чином у повітрі робочої зони забезпечується вміст шкідливих речовин нижчий ГДК, регламентованих державними стандартами і санітарними нормами.
- В робочих зонах, де наявний ризик потрапляння шкідливих речовин у повітря, передбачається встановлення газоаналізаторів типу СТГ-3.
- Встановлення аварійних вентиляцій на складах та у хлораторних [39].

## 7.2. Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 на очисній станції передбачається використання систем штучного комбінованого освітлення. Пропонується біля споруд очищення стічної води використовувати природне верхнє та штучне освітлення. Приміщення лабораторій передбачено забезпечити природнім боковим та штучним освітленням. На складах допоміжних речовин можливо встановити виключно штучне освітлення. Також передбачається використання сигнального, аварійного та евакуаційного штучного освітлення за використання ламп розжарювання типу Б-300, які контролюються щоквартально [40]. У цехах виконуються роботи з підрозділу зорових умов IVa. Відповідно до галузевих стандартів сигнальне, евакуаційне та аварійне освітлення забезпечується лампами розжарювання V-220-15 Норми освітленості приміщень цехів наведені у Таблиці 7.2.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 7.2. Норми освітленості виробничих приміщень [40]

Характеристика зорової роботи	Розряд роботи	Штучне освітлення, лк		КПО, %	
		Комбіноване	Загальне	Природне, бічне	Суміщене, верхнє і бічне
Середньої точності	IVa	750	300	1,5	0,9

Контроль та вимірювання освітленості має проводитись один раз на рік з використанням люксметра Ю-117. Додаткову перевірку передбачено після кожної заміни освітлювальних ламп [40].

### 7.3. Захист від виробничого шуму та вібрації

Згідно з ДСН 3.3.6.039-99 для зменшення шуму у виробничих приміщеннях передбачаються різні заходи: зменшення рівня шуму власне у джерела генерації; звукопоглинання та звукоізоляція; установка глушників; раціональне розміщення обладнання; використання засобів індивідуального захисту, таких як навушники, беруші [41]. Для вимірювання рівня шуму і вібрації згідно з ДСН 3.3.6.039-99 передбачено використання шумомірів і частотних аналізаторів.

Джерела шуму на водоочисній станції:

- Змішувачі
- Насосні станції
- Транспортери осаду
- Вентиляційні системи

Джерела вібрації:

- Насосні станції
- Решітки-дробарки
- Центрифуги

З метою зниження шуму та вібрації конструкції передбачається закривати кожухами та екранами зі звуконепроникного матеріалу. Вентиляційне обладнання пропонується розміщувати на технічному поверсі та оснащувати звукозахисною. Для зниження рівня вібрації під вібруюче устаткування ставляться сталі пружини - амортизатори вібрацій, або вібропригнічуючі підставки [42].

#### 7.4 Електробезпека

Згідно ГОСТ 12.1.038-82 виробничі приміщення очисних станцій відносяться до класу приміщень з підвищеною небезпекою. Електроустаткування встановлюється закритого типу. Для зниження ризику ураження струмом передбачені: застережна сигналізація, заземлення, ізоляція струмоведучих частин, захисне відключення, захисні пристрої блокування, знаки безпеки, попереджувальні знаки, розміщення струмоведучих проводів і частин обладнання на недоступній висоті [43]. Також передбачається захист обладнання станції від короткого замикання та перевантаження шляхом встановлення автоматичних вимикачів.

Корпуси пускової апаратури та електродвигунів мають бути надійно заземлені [44]. З метою зменшення накопичення статичної електрики, що виникає під час руху рідин трубопроводами та апаратами, необхідно передбачати відповідний захист згідно ГОСТ 12.1.018-93 (2001) - "Пожежовибухонебезпека статичної електрики. Загальні вимоги" для відводу статичної електрики. Всі пристрої захисту мають приєднуватись до спеціальних контурів заземлення. Також пульти та щити, на яких встановлюють засоби автоматизації, обов'язково підлягають заземленню.

На очисних спорудах необхідно облаштування захисту від прямих ударів блискавок згідно "Інструкції по влаштуванню блискавкозахисту будівель, споруд і промислових комунікацій" (СО 153 - 34.21.122 - 2003). Передбачається використання окремо встановлених на спорудах

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		114

громовідводів, блискавковловлюючих сіток, а також природніх громовідводів, що під'єднані до загального заземлюючого пристрою.

### 7.5 Пожежна безпека

На весь комплекс і на кожную очисну споруду має бути складений виробничий регламент і технологічні карти. На кожен об'єкт передбачена розробка інструкції щодо заходів пожежної безпеки. Проходи і сходи не повинні бути захащені будь-якими предметами, залиті водою. Сходи і площадки для обслуговування баків, ємностей та інших апаратів обов'язково повинні мати надійні поручні і огорожі [45]. Експлуатація всіх апаратів та механізмів, що застосовуються на станції очисних споруд, має здійснюватися виключно за відповідними інструкціями.

У всіх виробничих приміщеннях передбачається розміщення первинних засобів пожежогасіння та пожежного інвентарю. дозволяється для гасіння електроустаткування використовувати вуглекислотні та порошкові вогнегасники [45]. Для запобігання великих втрат згідно із законодавством, кожне підприємство повинно мати спеціальні системи попередження звуком, що реагують на дим. Території очисної станції та повинні міститися в чистоті, а в літню пору на усій вільній території має своєчасно проводитися покіс трави та ретельне прибирання території від горючих відходів. Важливим є проведення інструктажів для персоналу про поводження при ознаках пожежі, а також регулярна перевірка справності електричних приладів [46].

### 7.6. Безпека проведення технологічних процесів

Усі споруди водоочисної станції (аеротенки, пісковловлювачі, решітки тощо) мають огорожуватись, щоб мінімізувати вірогідність потрапляння у них працівників. Виходити за ці огорожі заборонено, також недопустимо ходити по бортах відстійників, трубопроводах, стінках каналів аеротенків. Для

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		115

переходу через відвідні дренажні, відкриті розвідні канали, що мають глибину 1 м і більше є необхідність облаштовувати містки шириною не менше 0,7 м, що мають поручні висотою від 1 м [47]. Також очищення водозливів, видалення плаваючих завислих речовин, очищення збірних лотків споруд слід виконувати, використовуючи при цьому відповідні пристосування й пристрої та обов'язково дотримуючись заходів, що виключають падіння працівників у воду. Заборонена ручна очистка мулососів, мулошкребів, відстійників.

### 7.7. Охорона навколишнього середовища

Забруднення природних водойм відбувається як природним, так і штучним шляхом. Останнє в основному відбувається за рахунок скиду стічних вод з промислових підприємств та населених пунктів. Стічні води можуть забруднювати поверхневі водойми, підводні об'єкти, що використовуються для питної води населення. Забруднення, що потрапляють у водойму, в залежності від їх кількості та складу можуть спричинювати різний вплив: фізичні властивості води можуть ставати відмінними від норми: змінюються прозорість та колір, з'являються сторонні запахи та присмаки; на поверхні водойми стають помітні плаваючі тверді речовини, а на дні утворюються осади [48]. Так само змінюється і хімічний склад води, вміст органічних та неорганічних речовин, токсичних речовин; вміст розчиненого кисню у воді також зазвичай зменшується внаслідок його споживання на окислення надлишкової органічної речовини; змінюється кількість та видова різноманітність бактерій, що потрапляють у водойму, з'являються патогенні види.

Забруднені водойми таким чином стають непридатними для пиття, технічного водопостачання. При моніторингу стану та для санітарного захисту водних об'єктів використовують гранично допустимі концентрації речовин, що впливають на якість води. ГДК передбачає забезпечення нормального

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		116

функціонування біологічних процесів, що формують якість води та при цьому не погіршують властивості живих організмів [48].

З метою запобігання забрудненню водних об'єктів необхідно постійно контролювати якість води в них. Поняття комплексного використання водних ресурсів передбачає такі основні напрямки:

- всебічну кількісну і якісну оцінку природних вод з урахуванням антропогенної діяльності в сучасних умовах і на перспективу;
- прогнозування зміни потреб у воді всіх галузей промисловості і сільського господарства, обґрунтування норм водоспоживання з урахуванням повторного або послідовного використання води, визначення обсягу безповоротних втрат;
- встановлення заходів з охорони природних вод від виснаження і забруднення, а також розробку заходів і пропозицій по очищенню, знешкодженню і використанню промислових, комунальних і сільськогосподарських стоків та утилізації осаду стічних вод;
- отримання економічного ефекту від реалізації запроектованих заходів.

Таким чином комплексне використання водних ресурсів згідно з приведеними вище принципами, у майбутньому можливо перехід до безвідходних підприємств або з мінімальним утворенням відходів, застосування технологій повторного використання води на підприємствах буде позитивно впливати на якість природних водних об'єктів. На практиці на сьогоднішній день можливо створювати локальні водоочисні споруди на підприємствах, модернізувати існуючі очисні станції таким чином, щоб у природних водоймах підтримувались санітарні норми, ГДК та мінімізувався антропогенний вплив на ці об'єкти.



## ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської дисертації було виконано ряд завдань для досягнення поставленої мети проекту:

1. На основі аналізу літературних джерел наведено характеристики складу та витрат стічних вод пивоварного заводу: найбільший показник забруднення ХСК = 2000-4000 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; БСК = 1200-3600 мг/дм<sup>3</sup>, ЗР = 1500-2000.
2. На основі аналізу літературних джерел та порівняння існуючих технологій технологію очищення стічних вод пивоварного заводу: для попереднього очищення стічних вод кількістю 7000 м<sup>3</sup>/добу обрано анаеробну-аеробну технологію очищення, що дозволяє досягти показників для скиду у каналізацію міста Миколаїв
3. Наведено та описано основні біохімічні процеси та реакції, які проходять під час аеробного та анаеробного очищення стічних вод.
4. Обрано та обґрунтовано розрахунками технологію очищення стічних вод міста Миколаїв: розраховані витрати і концентрації забруднень у суміші стічних вод:  $Q_{\text{сер.год}} = 3625 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $C_{\text{сум,ЗР}} = 305 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_{\text{сум,БСК}} = 367 \text{ мг/дм}^3$ ; визначений необхідний ступінь очищення суміші стічних вод міста та пивоварного заводу  $C_{\text{зр}} = 31,1 \text{ мг/дм}^3$  та  $\text{БСК}_{\text{повн}} = 3,25 \text{ мг/дм}^3$ , що говорить про необхідність біологічного доочищення у біологічних ставках; визначено точки та параметри контролю, розраховано та наведено матеріальний баланс. Спроектовано споруду стабілізації осадів – двосекційний трьохкоридорний аеробний стабілізатор з об'ємом секції 2432 м<sup>3</sup>, технологічну та апаратурну схеми очищення стічних вод.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		118

5. Розроблено стартап-проект технології очищення стічних вод пивоварного заводу, визначено собівартість очищення стічних вод пивоварного заводу, що становить 4,57 грн/м<sup>3</sup>. Вартість загальних витрат на запропоновану схему очищення стічних вод за попередніми розрахунками складає приблизно 14,5 млн. грн.
6. Запропоновано схему автоматизації очищення стічних вод у аеротенку, шляхом автоматичного контролю наступних параметрів: концентрація розчиненого у воді кисню, концентрація забруднень у стічних водах, що поступають, витрата рециркуляційного активного мулу, навантаження на активний мул.
7. Проаналізовано небезпечні виробничі фактори, які можуть виникнути на очисній станції, пов'язані, наприклад, з виробничим освітленням, електро безпекою, пожежною безпекою та інші, та запропоновані шляхи їх усунення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук В. А., Ковальчук О. В., Самелюк В. І. Біотехнологія очистки стічних вод підприємств харчової промисловості //Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2010. – № 93. – С. 182-187. – (Серия “Технические науки и архитектура”).
2. Савчук Л. В. Шляхи зменшення негативного впливу стічних вод пивзаводів на довкілля / Л. В. Савчук, О. Г. Курилець, Р. Р. Оленич // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2014. – № 787. – С. 95-99. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPX\\_2014\\_787\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPX_2014_787_20).
3. Укрупненные нормы расхода воды и количества сточных вод на единицу продукции для различных отраслей промышленности. – М.: Стройиздат, 1973. – С. 254, 279.
4. Старун В.Ю. Використання мікрроводоростей для очищення стічних вод пивоварних заводів «Біотехнологія XXI століття» Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції , м. Київ 23 квіт 2021 р. – с. 153
5. Воронов Ю.В. Биологическая очистка сточных вод пивоваренных заводов / Воронов Ю.В., Берцун С.П. // Вестник МГСУ. – 2014. - № 3. – С. 205-211.
6. Колотило Д. М. Технологічні процеси галузей промисловості / Д. М. Колотило, А. Т. Соколовський, С. В. Гарбуз та ін. – К.: КНЕУ, 2003. – 380 с.
7. Кунце В. Технология солода и пива. Пер. С нем. / В. Кунце. – С. Пб.: Профессия, 2001. – 912 с.
8. Ковалевская Л. П. Общая технология пищевых производств / Л. П. Ковалевская. – М.: Колос, 1993. – 384 с.
9. Geoffrey S. Simate, John Cluett, Sunny E. The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art, Desalination, Vol 273, 2011, с. – 235-247, ISSN 0011-9164, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.02.035>.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		120

10. Hay, J.X.W., Wu, T.Y., Juan, J.C. et al. Effect of adding brewery wastewater to pulp and paper mill effluent to enhance the photofermentation process: wastewater characteristics, biohydrogen production, overall performance, and kinetic modeling. *Environ Sci Pollut Res* 24, 10354–10363 (2017).  
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-8557-9>
11. Han Chen, Sheng Chang, Qingbin Guo, Youngseck Hong, Ping Wu, Brewery wastewater treatment using an anaerobic membrane bioreactor, *Biochemical Engineering Journal*, Vol 105, 2016, с. – 321-331, ISSN 1369-703X,  
<https://doi.org/10.1016/j.bej.2015.10.006>.
12. Корчик Н. М. Технологии очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности //Материалы 4-й международной конференции" 31 января - 1 февраля 2007 г., Харьков, Украина – 336 с
13. Лозовая Т.С., Казаринова Т.Ф Очистка сточных вод бродильных производств // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН №6 (44), 2005.
14. Тихомиров В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств / В.Г. Тихомиров. – М.: Колос, 1999. – 448 с.
15. Вайсер Т. Очистка сточных вод пивоваренных предприятий / Т. Вайсер, В. Хелльманн, М.В. Чеботаева // Пиво и напитки. – 2001. – № 4. – С. 24–25.
16. Decolorization of a baker's yeast plant by membrane processes / S.H. Mutlu, U. Yetis, T. Gurcan, L. Yilmaz // *Water res.* – 2002. – Vol. 36.– pp. 609–611.
17. Комаров В.И. Проблемы экологии в пищевой промышленности / В.И. Комаров, Т.А. Мануилова // Экология и промышленность России. – 2002. – № 6. – С. 4–8.
18. Способ и устройство для очистки сточных вод производства алкоголя / Г.И. Яковлев, А.И. Соклонеко, А.Ю. Шевченко и др. // Пат. 39014 Украина, МПК7 С 02 F 1/28, В 01 D 24/00. – № 2000127615; Заявл. 28/12/2000; Опубл. 15/05/2001.
19. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» / Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун–т міськ. госп–ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 121 с.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		121

20. Очистные сооружения пивоварни (станция очистки сточных вод от пивоварни) [Электронный ресурс] // ТОВ «Е.Т.Е». – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://ete.net.ua/ru/obektu/ochysni-sporudy-pyvovarni-stantsiia-ochyshchennia-stichnykh-vod-vid-pyvovarni/>.
21. Сейтвапова Л. И. Перспективы использования биофильтра в очистке сточных вод пивоваренной отрасли / Л. И. Сейтвапова, О. Б. Иванченко. // Пиво и Напитки. – 2013. – №1. – С. 36–38.
22. Воронов Ю.В., Берцун С.П. Биологическая очистка сточных вод пивоваренных заводов // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 205—211
23. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення м. Миколаєва, рішення виконкому миколаївської міської ради від 26 жовтня 2018 №1050
24. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація: Проектування Зовнішніх Мереж та Споруд.
25. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» Електронне видання. Уклад.: Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 58с.
26. Джумагулова Н. Т. ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА МИКРООРГАНИЗМОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ОЧИСТКУ СТОЧНЫХ ВОД / Н. Т. Джумагулова, И. Е. Гаврилов, Д. Д. Нгуен. // Инжиниринг георесурсов. – 2019. – С. 195–203.
27. Shchegolkova N.M., Krasnov G.S., Belova A.A., Dmitriev A.A., Kharitonov S.L., Klimina K.M., Melnikova N.V. and Kudryavtseva A.V. Microbial Community Structure of Activated Sludge in Treatment Plants with Different Wastewater Compositions. – 2016. – Front. Microbiol. 7:90. doi:10.3389/fmicb.2016.00090
28. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
29. Ручай, Н. С. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск : БГТУ, 2006. – 312 с.

30. Прикладная экобиотехнология [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов [и др.]. — 2-е изд. (эл.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 629 с.: ил., [4] с. цв. вкл. — (Учебник для высшей школы).
31. Grabińska-Łoniewska A. Denitrification unit biocenosis. / Water Research. – 1991; 25(12). pp. – 1565-1573. doi:10.1016/0043-1354(91)90189-W.
32. Aida AA, Kuroda K, Yamamoto M, Nakamura A, Hatamoto M, Yamaguchi T. Diversity Profile of Microbes Associated with Anaerobic Sulfur Oxidation in an Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor Treating Municipal Sewage. Microbes Environ. 2015;30(2):157-163. doi:10.1264/jsme2.ME14105
33. Abimbola M. Enitan Identification of Microbial Community in an Anaerobic Reactor Treating Brewery Wastewater / Abimbola M. Enitan, John O. Odiyo, Feroz M. Swalaha. – International Scholarly and Scientific Research & Innovation 11(11) 2017. – pp.782-786
34. Крусір Г. В. Дослідження режимів процесу анаеробного зброджування стічних вод м'ясопереробного підприємства у мезофільних умовах / Г. В. Крусір, О. О. Чернишова, В. М. Поліщук. // ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА. – 2016. – №2. – С. 112–117.
35. Ножевникова А. Н. Синтрофия и межвидовой перенос электронов в метаногенных микробных сообществах / А. Н. Ножевникова., Русскова Ю.И., Литти Ю.В., Паршина С.Н., Журавлева Е.А., Никитина А.А // МИКРОБИОЛОГИЯ. – 2020. – №2. – С. 131–151.
36. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Терміни та визначення: ДСН 3.3.6.042-99. – чинний від 1999-12-01. – К.: Міністерство охорони здоров'я України, 1999. – 19 с.
37. Жидецький В. Ц. Практивкум з охорони праці. Навчальний посібник / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук, Л.В. Туряб, Х.І. Лико. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
38. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
39. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		123

40. Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями: наказ Міністерства соціальної політики України від 14.02.2018 №207. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18> (дата звернення 02.06.2019).
41. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
42. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. «Защитное заземление, зануление»
43. 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.
44. Рябов И. В. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: Справочник. – М.: Химия. – 1970. – 336 с.
45. Медведев В. Т. Инженерная экология. - М.: Гардарики, 2002. – 244 с.
46. Артем'єва А.Ю., Гутова Л.О. Охорона водойм від забруднення стічними водами // Успіхи сучасного природознавства. - 2010. - № 8. - С. 42-42;

# ДОДАТОК А. Специфікація обладнання

Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6
ПЗ-1		Повітрозабірник, висота труби 4,5 м, діаметр труби 300 мм	1		За власним кресленням
Ф-2	КдМ-1000	Масляний фільтр попереднього очищення. Ефективність 80%	1		Збірний
В-3	Тп-178-1,6	Повітродувка. Продуктивність від 2 до 1000 м³/год. Стиснення повітря 0,163 МПа. Потужність електродвигуна 360 кВт.	1		Збірний
Р-4 Р-6 Р-8	ВЕЕ	Реактори з перемішуючим пристроєм – лопатевою мішалкою. Робочий об'єм 5м³. Потужність електродвигуна 250 кВт.	3		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Н-5 Н-7 Н-9 Н-13 Н-18	СМ-100-65 200/46	Насос відцентровий горизонтальний консольний з робочим колесом закритого типу	8		Збірний

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Н-23					
Н-26					
Н-28					
РД-10		Решітка-дробарка. Швидкість потоку рідини 0,8-1 м/с. Пропускна здатність 87 000 м <sup>3</sup> /добу. Кількість прозорів в решітці 21. Розмір прозорів 0,016 м.	1		Збірний
П-11		Пісковловлювачі. Середня швидкість руху 0,3 м/с.	1		Збірний
В-12		Первинний відстійник. Діаметр 40 м, глибина робочої частини 4 м. Тривалість відстоювання 820 с. Ефективність освітлення 55%.	3		Збірний
АР-14		Чоритьохкоридорний аеротенк-витиснювач з регенератором, 4 секції з робочою глибиною $h_p=4,4$ м; шириною коридора $B=6$ м. Типовий проект 902-2- 179. Загальний об'єм 25 347 м <sup>3</sup> .	1		Збірний
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ
					Арк.
					126

В-15		Вторинний відстійник. Діаметр 40 м, гідравлічна глибина 4 м.	3		Збірний
С-16		Біологічний ставок, глибина 1 м, площа 0,4 га.			
Р-19		Реактор для змішування очищеної води з розчином хлору.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КР-20		Контактний резервуар. Продуктивність 97 тис. м³/добу. Глибина 4 м, ширина 6 м та довжина 24 м.	1		Збірний
АС-21		Аеробний стабілізатор. ТП 902-2-192. Робочий об'єм секції, м³ – 2432; Довжина секції, м – 42; Ширина коридору м – 4,5 ; Робоча глибина, м - 4,4; Число коридорів, шт - 3;	1		Збірний
МУ-22		Мулоущільнювач. Тривалість ущільнення 10 годин, вологість ущільненого осаду 97%.	2		Типовий проект 902-5-16.86
Р-24		Реактор для дегельмінтизації осаду.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т

					ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

		Механічне перемішування осаду, тепловий агент – насичена водяна пара.			
ММ-25		Аварійний муловий майданчик, вологість осаду 70-80%.	2		
ПМ-27		Пісковий майданчик для підсушування піщаної пульпи. Навантаження 3 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> .	1		
Р-29		Реактор для змішування осаду із коагулянтом. Механічне перемішування.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
ФП-30		Стрічковий фільтр-прес з потужністю 3 кВт, шириною стрічок 900 мм, швидкість стрічок 7 м/хв.	8		Збірний
КП-1.1 КП-2.1 КП-2.2	ОБМ- 160	Манометр Діаметр корпуса: 63 мм. Клас точності: 2,5, діапазон вимірювання 0- 1,0МПа, Різьба штуцера М12х1,5, радіальне виконання	3		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-3.1	РС-28	Датчик вимірювання тиску. Мінімальна ширина діапазона 1,5	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ББЕ.БЕ0120.МД.ПЗ
					Арк. 128

		кПа. Вихідний сигнал: (4÷20)мА			
КП-30.1	МІДА	Датчик вимірювання тиску. Діапазон вимірювання: 0-6 МПа.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-19.1 КП-4.1	ЕЕ820	Датчик для вимірювання концентрації розчину. Вихідний сигнал - 4...20мА. Робоча температура - - 20...+60	2		
КП-14.1	FYA 600	Датчик для вимірювання концентрації кисню. Робоча температура - 20...+500С. Розміри: висота 43 мм х Ø 29.3 мм	1		
КП-14.2	ОВП	Датчик для вимірювання рН. Діапазон вимірювання: 2-12. Температурний діапазон: 0...110 °С	1		Твердий полімерний електроліт
КП-14.3 КП-24.1	ТКП- 160Сг- М2	Термометр манометричний, конденсаційний. Межі вимірювань 0...120°С. Клас точності 1.5.	3		Неірж. сталь 12Х18Н10Т