

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

**Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Євгеній Кузьмінський
«__» _____ 2021 р.

Дипломний проєкт

**на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
на тему: «Біотехнологія очищення стічних вод пивзаводу»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи БЕ-71

Горват Василина Василівна _____

Керівник:

доцент, к.т.н.

Козар Марина Юріївна _____

Консультант з проєктування:

проф., д.т.н.

Саблій Лариса Андріївна _____

Рецензент:

ст. викладач, к.б.н.

Ліновицька Віта Михайлівна _____

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

Студентка _____

Київ - 2021

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ
(підпис) (ім'я, прізвище)

«__» _____ 2021р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Горват Василю Василю**

1. Тема проєкту «Біотехнологія очищення стічних вод пивзаводу»
керівник проєкту Козар Марина Юріївна к. т. н., доцент,
затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту:

Розрахункова витрата стічних вод 8000 м³ /добу; промислове підприємство – пивзавод; температура суміші СВ, що надходять на очисні споруди: середньорічна 20 °С, середньо зимова 14,5 °С, середньомісячна за літній період 25,5 °С, мінімальна середньомісячна 12,5 °С. Характеристика річки, в яку скидаються СВ: розрахункова витрата при 95% забезпеченості 17 м³/с; швидкість течії при розрахунковій витраті 1,7 м/с; середня глибина річки становить 2,9 м; коефіцієнт звивистості 1,9; вид водокористування – комунально-побутове; концентрація кисню у воді влітку 7 мг/дм³; концентрація завислих речовин 21 мг/дм³; БСКповн 5 мг/дм³; температура води влітку

16,5 °C; відстань по фарватеру річки до найближчого пункту водокористування – 2200 м.

4. Зміст пояснювальної записки:

Характеристика стічних вод виробництва пива; обґрунтування технології очищення стічних вод пивзаводу, характеристика анаеробного гранульованого активного мулу та аеробного активного мулу; біохімічні основи технологічного процесу очищення води; розрахунок показників стічних вод пивзаводу; технологічна частина: вибір, розрахунок і характеристика обладнання для очищення стічних вод пивоварного заводу; охорона праці та довкілля.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

Технологічна схема біотехнології очищення стічних вод пивзаводу (A1);
апаратурна схема біотехнології очищення стічних вод пивзаводу (A1);
креслення аеротенк-витиснювач (A1).

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічна частина дипломного проекту	д.т.н., проф. Саблій Л.А.		

7. Дата видачі завдання _____

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ		
2	Огляд літератури. Обґрунтування та вибір технолої очищення стічних вод пивзаводу		
3	Розгляд біохімічних основ технологічного процесу очищення стічних вод		
4	Опис технологічної частини		
5	Розрахунок та вибір технологічного обладнання		
6	Проектування технологічної апаратурної схем, виконання креслення основної споруди біологічного очищення – аеротенка-витиснювача		
7	Опис заходів щодо охорони праці та охорони довкілля		
8	Оформлення пояснювальної записки		

Студентка

_____ Васирина ГОРВАТ
(підпис)

Керівник проекту

_____ Марина КОЗАР
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки, яка нараховує 73 аркуші, три креслення формату А1 та 32 літературні джерела. До пояснювальної записки входять 5 розділів, 7 таблиць, 6 рисунків, висновки, список використаних джерел і додаток.

У дипломному проєкті на основі літературних джерел було наведено умови утворення та характеристику стічних вод пивзаводу. Здійснено пошук та аналіз існуючих технологій очищення стічних вод пивоварних заводів. В результаті було обрано ефективну технологію, яка забезпечить доведення показників забруднюючих речовин до скиду у річку Тисмениця.

За обраною технологією було спроектовано технологічну та апаратурну схеми. Розглянуто характеристику біологічного агента – анаеробний та анаеробний активний мул.

Розраховано необхідний ступінь очищення стічних вод пивоварного заводу. Наведено технологічні розрахунки основної очисної споруди біологічного очищення – аеротенка-витиснювача. За результатами розрахунків виконано графічну частину проєкту, яка включає в себе три креслення формату А1, а саме технологічну схему біологічного очищення стічних вод пивзаводу, апаратурну схему згідно обраної технології та креслення основної споруди – аеротенка-витиснювача.

У дипломному проєкті розраховано матеріальний баланс, наведено контроль виробництва, основна сировина і матеріали, які використовуються під час біологічного очищення, а також заходи з охорони праці та охорони довкілля.

Ключові слова: пивзавод, стічна вода, активний мул, аеротенк-витиснювач, аерація.

ABSTRACT

The diploma project consists of an explanatory note, which has 73 sheets, three drawings of A1 format and 32 literary sources. The explanatory note includes 5 sections, 7 tables, 6 figures, conclusions, a list of sources used and an appendix.

In the thesis project, on the basis of literary sources, the conditions for the formation and characteristics of the brewery's wastewater were given. A search and analysis of existing technologies for treating wastewater from breweries was carried out. As a result, an effective technology was selected that will ensure the leveling of the indicators of pollutants to be discharged into the Tysmenytsya River.

Technological and hardware schemes were designed according to the selected technology. The characteristic of a biological agent - anaerobic and anaerobic activated sludge is considered.

The required degree of purification of the brewery wastewater has been calculated. The technological calculations of the main biological treatment plant - the aeration tank-displacer are presented. Based on the results of the calculations, the graphic part of the project was completed, which includes three drawings of the A1 format, namely, the technological scheme of the biological treatment of wastewater of the brewery, the hardware scheme according to the selected technology and the drawing of the main structure - the vitisnuvac aeration tank.

In the diploma project, the material balance is calculated, production control, the main raw materials and materials used in biological treatment, as well as measures for labor protection and environmental protection are given.

Key words: brewery, waste water, activated sludge, aeration tank-displacer, aeration.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ.....	11
1.1 Утворення стічних вод пивзаводу	11
1.2 Характеристика стічних вод пивзаводу	13
1.3 Технології очистки стічних вод пивоварного заводу	15
1.4 Вибір технології очищення стічних вод пивзаводу.....	25
1.5 Характеристика біологічного агента	27
РОЗДІЛ 2 БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	30
2.1. Схема перебігу процесів	30
2.2. Характеристика кінцевого продукту	32
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	34
3.1 Сировина та матеріали	34
3.2 Опис технологічного процесу	35
3.3 Контроль виробництва	41
3.4 Матеріальний баланс.....	46
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ.....	47
4.1 Розрахункові витрати стічних вод.....	47
4.2 Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки Тисмениця	48
4.3 Необхідний ступінь очищення стічних вод	49
4.4 Розрахунок аеротанка	51

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>		<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Горбат В. В.</i>						
<i>Конс.</i>							<i>7</i>	<i>73</i>
						<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71</i>		
<i>Керідн.</i>		<i>Козар М. Ю.</i>						
<i>Затверд.</i>								

4.5 Розрахунок вторинних відстійників після аеротенка	56
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	58
5.1 Охорона праці.....	58
5.2 Охорона довкілля	60
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
Додаток А	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

БСК – біологічне споживання кисню;

ХСК – хімічне споживання кисню;

ЗР – завислі речовини;

ПАР – поверхнево активні речовини.

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Перелік умовних скорочень та термінів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Горбат В. В.</i>						
<i>Конс.</i>							9	73
						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71</i>		
<i>Керівн.</i>		<i>Козар М. Ю.</i>						
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

Однією з провідних галузей народного господарства України є виробництво харчових продуктів та напоїв. Ця галузь характеризується високим рівнем споживання води і утворенням великої кількості сильно забруднених багатокомпонентних стоків, які погано піддаються деструкції.

Проблема забруднених водних ресурсів є особливо актуальною. Через брак коштів підприємства можуть нехтувати якісним очищенням стічних вод і не проводити модернізацію технологій очищення. Погано очищення стічна вода може призвести до утворення патогенних мікроорганізмів, що пригнічують розвиток водних форм життя.

Тому надзвичайно актуальним для України є розробка та застосування сучасних технологій для збереження водних джерел від забруднення і виснаження.

Метою дипломного проєкту є обґрунтування та вибір біотехнології очищення стічних вод пивзаводу до норм скиду в річку Тисмениця.

Завдання дипломного проєкту:

- на основі літературних джерел охарактеризувати склад стічних вод пивзаводу;
- провести аналіз і підібрати ефективну технологію очищення стічних вод пивзаводу;
- розрахувати основні очисні споруди біологічного очищення;
- запроєктувати та накреслити технологічну та апаратурну схему очищення стічних вод пивзаводу;
- виконати креслення споруди – аеротенка-витиснювача.

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Горбат В. В.</i>			<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Конс.</i>							<i>10</i>	<i>73</i>
						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71</i>		
<i>Керіdn.</i>		<i>Козар М. Ю.</i>						
<i>Затверд.</i>								

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

1.1 Утворення стічних вод пивзаводу

Пивоварна промисловість є важливою частиною економіки країни. Але під час виробничих процесів витрачається велика кількість води, а потім скидається близько 70% у вигляді стічних вод [1].

Виробництво пива складається з таких етапів: затирання солоду, варка сусла, бродіння і дозрівання пива.

Спочатку солод перемелюють і змішують з водою. Ферменти починають перетворювати крохмаль, з якого на 70% складається зерно, в солодовий цукор. Щоб прискорити процес ферментації, солодовий затор поступово нагрівають. В результаті майже весь крохмаль розщеплюється на цукор і декстрини, які в процесі затирання розчиняються у воді.

Новоутворена маса фільтрується і утворюється сусло, що представляє собою розчин цукристих речовин, які перейшли в нього з солоду. Отримане рідке сусло потрібно прокип'ятити - так воно стане стерилізованим. В процесі кип'ятіння додають різні сорти хмелю. Зварене сусло проціджують від залишків хмелю і дають. Осад видаляють на центрифугі і охолоджують сусло. Після охолодження додають дріжджі. В процесі бродіння цукор, який вже міститься в суслі, зброджується за допомогою дріжджів, перетворюється в етанол і вуглекислоту. Після цього пиво повинно добродити і дозріти, щоб освітитись і насититись вуглекислотою. Потім пиво фільтрується - стає прозорим, набуває блиску, з нього видаляються залишки дріжджів і мутних частинок [2].

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Горбат В. В.			Характеристика сировини, біологічного агента. Обґрунтування технології		Літ.	Арк.
Канс.								Аркушів
							11	73
Керіdn.		Козар М. Ю.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71	
Затверд.								

Для виробництва пива потрібна велика кількість води в якості основної сировини. Зазвичай вода, необхідна для приготування пива, в декілька разів перевищує фактично приготований об'єм. Наприклад, для виробництва 1 гектолітра прозорого пива потрібно близько 6,0 гектолітра води. Промисловість по виробництву пива використовує великі об'єми води для двох різних цілей: в якості основного інгредієнта самого пива і як частина процесу пивоваріння для охолодження, виробництва пари, упаковки, миття підлог, очищення варильного цеху під час і після закінчення кожної партії [3].

Побічні продукти стічної води, такі як надлишки відпрацьованого дріжджового зерна, отримані на двох основних стадіях виробництва пива (пивоваріння та упаковка), є основними джерелами забруднення навколишнього середовища при змішуванні зі стічними водами [1].

При варінні пива, воду використовують для охолодження сусла в холодильниках, гідравлічне видалення солодової і хмелевої дробини та на обслуговування холодно-компресорної станції [4]. Стоки пивзаводів утворюються також від пророщування, миття і змочування сировини, миття технологічного обладнання, котлів у яких вариться сусло, чанів для бродіння, пляшок, бочок, трубопроводів, підлог, тощо. Найзабрудненішими є стічні води, які утворюються при змочуванні і митті зерна, від відпрацьованого хмелю, від маси сусла після фільтрування і відмивання відпрацьованих дріжджів. Органічні речовини (білки і вуглеводи), які знаходяться в стоках, швидко згнивають, утворюючи органічні кислоти (оцтову, масляну, молочну) і реакція середовища змінюється на кислу [4, 5].

Згідно з даними, наведеними в літературі [4], на пивоварних заводах з оборотним і послідовним використанням води для виробництва 1 дал. пива витрачають: 0,9 м³ оборотної, послідовно і повторно використаної води, а також 0,16 м³ води з природних джерел, з якої 0,1 м³ іде для технічних потреб, а 0,06 м³ – це питна вода. Попри це при виробництві 1 дал. пива формується 0,148 м³

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

стоків, з них $0,08 \text{ м}^3$ виробничих і $0,018 \text{ м}^3$ побутових, а безповоротне використання і втрати води становлять $0,12 \text{ м}^3$. На рис. 1.1 зображено споживання води при виробництві пива. [4].

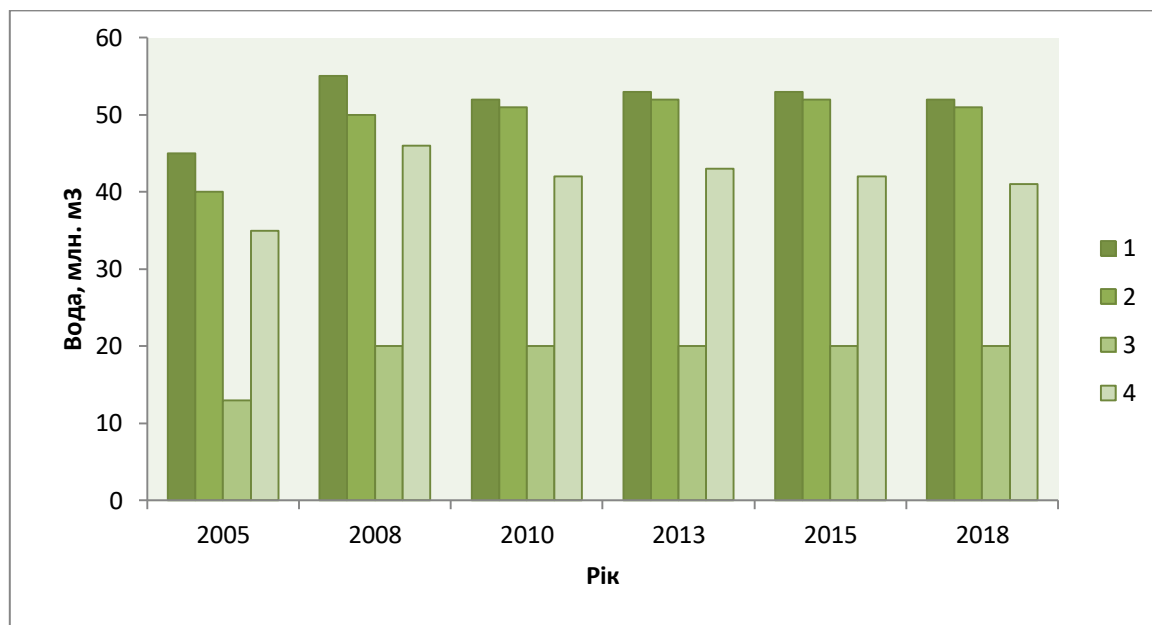


Рисунок 1.1 – Споживання та відведення води при виробництві пива за різні роки: 1 – споживання води; 2 – кількість стічних вод; 3 – кількість повністю або частково очищених стічних вод; 4 – безповоротні втрати води [4].

З цього можемо зробити висновок, що пивна галузь характеризується високим споживанням води і великими її втратами.

1.2 Характеристика стічних вод пивзаводу

Стічні води пивзаводу характеризуються (табл 1.1) високим значенням ХСК і БСК через присутність органічних компонентів. Стічні води мають такий приблизний склад забруднюючих компонентів: залишки готового продукту, ячмінної дробини, паростки солоду, частинки хмелю. Найбільш забруднені стічні води утворюються від замочування зерна, екстракції хмелю та відмивання дріжджів. У стічних водах присутні цукри, розчинний крохмаль, етанол, леткі

жирні кислоти і т. д. Тверді частинки стоків складаються з відпрацьованого зерна та дріжджів, кизельгура, і «гарячого» осаду. Температура стічних вод пивоварного заводу зазвичай становить від 25 °С до 38 °С. Рівень рН різний і залежить від кількості та типу хімікатів забруднюючих речовин, що використовуються при очищенні і дезінфекції (наприклад, їдкий натр, фосфорна кислота, азотна кислота і т. д.). Рівні присутності азоту (N) і фосфору (P) також залежать від поводження з сировиною і кількості дріжджів, присутніх в стічних водах [1, 6].

Таблиця 1.1 – Характеристика стічних вод пивзаводу [1]

Параметр	Значення
рН	3-12
Температура, °С	25-38
БСК _{повн} , мг О ₂ /дм ³	1200-3600
ХСК, мг О ₂ /дм ³	2000-6000
Завислі речовини, мг/дм ³	500-2000
ПАР, мг/дм ³	21
Фосфати, мг/дм ³	14
Нітрати, мг/дм ³	10
Амонійний азот, мг/дм ³	15

Склад пивоварних стоків може значно коливатися, оскільки він залежить від різних процесів, що відбуваються на пивоварному заводі, але кількість стічних вод, що утворюються, залежить від споживання води під час процесу [6].

1.3 Технології очистки стічних вод пивоварного заводу

Існують такі методи очищення стічних вод, запропоновані для пивзаводів.

1. Попередня механічна очистка, під час якої відбувається затримка сміття на решітках, видалення піску і первинне відстоювання.

2. Попередня фізико-хімічна обробка, що включає нейтралізацію стоків і дозування реагентів, флотація і утилізація шламу;

3. Біологічна обробка стічних вод:

- аеробна обробка (BIOMAR OSB) [7];

- анаеробна обробка (BIOMAR ASB) [7];

- анаеробно-аеробне очищення (BIOMAR ASB-OSB) [7];

Споруди механічного очищення включають: решітки із зазорами 10 – 20 мм, пісковловлювачі і відстійники. Механічне очищення засноване на відстоюванні стічної води. Це найбільш простий метод виділення грубодисперсних частинок. Відстроюванням виділяються домішки, які осаджуються. Для пивзаводу це залишки рослинної сировини.

Таким чином, застосування тільки механічних способів очищення не є достатньо ефективним для стічних вод пивзаводу. Використання їх для попереднього етапу перед фізико-хімічними способами або біологічними є доцільним.

Попереднє очищення стічної води можна здійснити такими фізико - хімічними методами: коагуляцією, флокуляцією, електрокоагуляцією та ін.; доочищення-мембранними методами: ультрафільтрацією, зворотнім осмосом. Ефективно очистити стічні води від завислих речовин можна, застосовуючи технологію з методом флотації (рис 1.2).

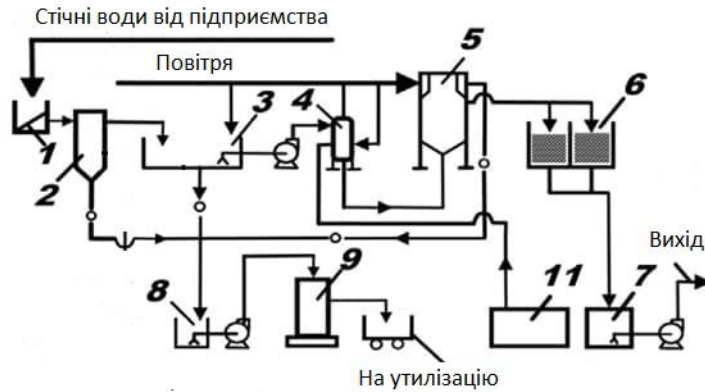


Рисунок 1.2 – Технологічна схема очищення стічних вод пивзаводу [8]:

- 1 – решітка; 2 – відстійник; 3 – усереднювач; 4 – змішувач;
 5 – електрофлотокоагулятор; 6 – фільтри; 7 – резервуар чистої води;
 8 – бак осаду; 9 – фільтр-прес; 11 – реагентне господарство.

Стічні води пивоварного заводу, перед скидом у водойму, очищаються від грубих відходів на локальних вловлювачах - механічних решітках (1). Дрібнодисперсні органічні й мінеральні речовини збираються у відстійниках (2). Далі стічна вода пивзаводу поступає в усереднювач (3), звідки насосом перекачуються в електрофлотокоагулятор колонного типу (5), де відбувається багатоступеневе очищення стічної води, а також фільтрація (6). Очищена стічна вода направляється до резервуара чистої води (7). Перед електрофлотокоагулятором стічна вода насичується киснем і змішуються із сорбентом – бентонітовою глиною концентрацією 30 % – в змішувачі (4). Бентонітова глина піддається обробці акустичними коливаннями з частотою 20 кГц для збільшення її сорбційної здатності. Підготовка її до використання здійснюється на обладнанні реагентного господарства.

Після електрофлотокоагулятора очищена вода поступає на фільтри з гравійним і піщаним завантаженням. У фільтрах передбачені елементи біологічного очищення, що дозволяє знизити БСК_{повн} стічної води після

основного очищення. Флотоконденсат після електрофлотокоагулятора (5) і осад після відстійників (2) піддається обезводненню на фільтр-пресі (9). Обезводнений осад вивозиться на майданчики, а потім із іншими твердими відходами підприємства – на утилізацію [8].

Недоліком цієї технології є те що методом флотації не можна вирішити в повній мірі проблему очищення стічних вод пивзаводу від колоїдних і розчинених органічних забруднень, яких в стоках досить багато.

Недоліком також є те що при використанні фізико-хімічних методів утворюються велика (до 10% об'єму стічних вод) кількість флотаційних шламів, які легко згнивають і потребують стабілізації та зневоднення [9].

Після даної технології очищення у стічних водах можуть знаходитися різноманітні віруси, бактерії, збудники інфекційних хвороб [10].

Розглянемо технології біологічного очищення стічних вод пивзаводу.

Стічні води з пивзаводів вимагають ефективних технологічних схем очищення із застосуванням установок біологічного очищення стоків. Інтенсивно розвиваються методи анаеробного і аеробного біологічного очищення. Ці технології знаходять застосування у виробництві напоїв, молочній, пивоварній, фармацевтичній галузях, і багато інших.

На рис. 1.3 наведена схема установки для біологічного очищення стічних вод, в якій використовуються аеротенки [11]. Попереднє механічне очищення стічної води здійснюється на решітках, пісколовках.

Технологія біологічного очищення стічних вод в аеротенку [12].

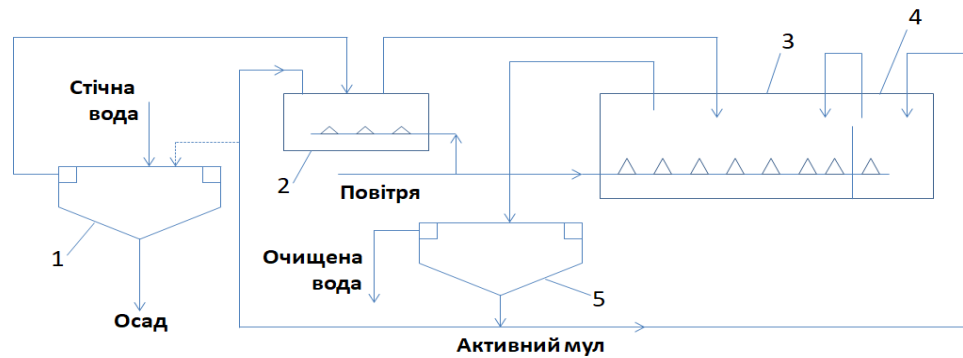


Рисунок 1.3 – Схема біологічного очищення стічних вод пивзаводу в аеротенку [12]: 1 – первинний відстійник; 2 - предаератор; 3 – аеротенк; 4 - регенератор; 5 - вторинний відстійник.

Технологія працює таким чином. Стічну воду пивзаводу, яка пройшла механічне очищення на решітках, пісколовках подають у первинний відстійник, де з води видаляються частинки завислих речовин. Для кращого осадження сюди подається частина аеробного надлишкового мулу. Після освітлення вода надходить до предаератора 2. Сюди ж подають частину надлишкового мулу із вторинного відстійника. У предаераторі стічні води пивзаводу попередньо аеруються повітрям протягом 15—20 хв.

Із предаератора стічна вода подається в аеротенк, через який циркулює активний мул. Аеротенк ділиться на дві частини: регенератор (25 % від загального об'єму) й аеротенк, в якому відбувається основний процес аеробного очищення. Наявність регенератора дає можливість очищати концентровані стічні води пивзаводу і збільшити продуктивність агрегату.

Потім стічна вода з мулом поступає надходить до вторинного відстійника, де мул відокремлюється від води. Більша частина мулу повертається до аеротенка, а його надлишок спрямовують у предаератор.

Осад з первинних відстійників обробляють анаеробно в метантенках, потім його зневоднюють на мулових майданчиках або вакуум-фільтрах [11, 12].

Стічні води пивоварного заводу мають високий вміст органічних забруднень, які є ідеальним субстратом для біологічного очищення. Для ефективного очищення стічних вод до норм скиду в річку Тисмениця недостатньо одно стадійне очищення оскільки показники БСК, ХСК, а також значення нітратів та амонійного азоту не відповідають нормам скиду у водойму. Тобто потрібна зона нітрифікації та денітрифікації. Також обслуговування аеротенку створює більші енергетичні затрати, так як потрібно подавати достатню кількість повітря.

Технологія анаеробно-аеробного біологічного очищення [13].

В даний час застосовуються методи анаеробно-аеробного очищення. Одним з таких методів є очищення стічних вод пивзаводу на ASB-реакторі (метан-реактор) і подальша доочищення на OSB-реакторі (аеротенк). Під анаеробними процесами маються на увазі процеси обробки стічної води підприємства в безкисневих умовах. В основі анаеробного очищення від органічних забруднень лежить процес метанового бродіння - процес перетворення речовин в біогаз.

Для того щоб якість стічної води відповідала нормативним вимогам по допустимих концентраціях забруднень у стічній воді пивоварного заводу, що скидає стоки у природну водойму, потрібно, щоб підприємство мало споруди повного біологічного очищення стічних вод.

Порівнявши анаеробний та аеробний метод очищення (табл. 1.2) [14] можна зрозуміти, що для отримання очищеної стічної води, що відповідає за своїми якостями нормативам ГДК (гранично допустимих концентрацій) необхідно застосовувати комбінацію цих двох методів.

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика анаеробного та аеробного методів очищення стічних вод [14]

Анаеробна система: BIOMAR ASB	Аеробна система: BIOMAR OSB
Використовується тільки при високій концентрації забруднень ($XCK > 1500 \text{ мг/дм}^3$)	Використовується при менших концентраціях забруднень в стічних водах
Використовується при наявності теплої води ($T > 25^\circ\text{C}$)	Може використовуватися при наявності холодної води
Не допускається наявність токсичних речовин в стічних водах	При певних умовах допускається наявність токсичних речовин
Для лужної стічної води потрібна попередня нейтралізація	Для лужної стічної води не потрібна попередня нейтралізація
Активний мул може зберігати життєздатність без надходження «свіжих» стічних вод	Без постійного надходження «свіжих» стічних вод активний мул загине
Необхідне подальше аеробне доочищення для досягнення ГДК	Необхідно декілька стадії аеробного очищення для досягнення ГДК
Немає значного видалення азоту (N) і фосфору (P)	Можлива інтеграція видалення азоту (N) і фосфору (P)
Невелика кількість надлишкового мулу	Велика кількість надлишкового мулу, необхідно зневоднення і знешкодження мулу
Невелика потребу в електроенергії	Висока потреба в електроенергії, в тому числі на аерацію
Потрібні великі площі	Очисні споруди компактні
Великі капіталовкладення	Менші капіталовкладення
Нижчі експлуатаційні витрати	Вищі експлуатаційні витрати

Робота очисних споруд BIOMAR ASB-OSB (анаеробно-аеробний метод), що працюють в автоматичному режимі, складається з наступних етапів (рис. 1.4).

Стічні води збираються в накопичувачах, які перебувають у різних місцях на території пивзаводу. Кожен обладнаний фільтром для очищення стічної води від механічних частинок. Вимірювання рН проводять після того, як об'єдналися

два потоки стічних вод пивзаводу. Для видалення сміття, вода подається насосами на дві решітки, а потім до первинного відстійника. Особливо важливо видалити з води залишки дріжджів, силікатних гелів і частки паперу для того, щоб вони не накопичувалися на наступних стадіях очищення [13].

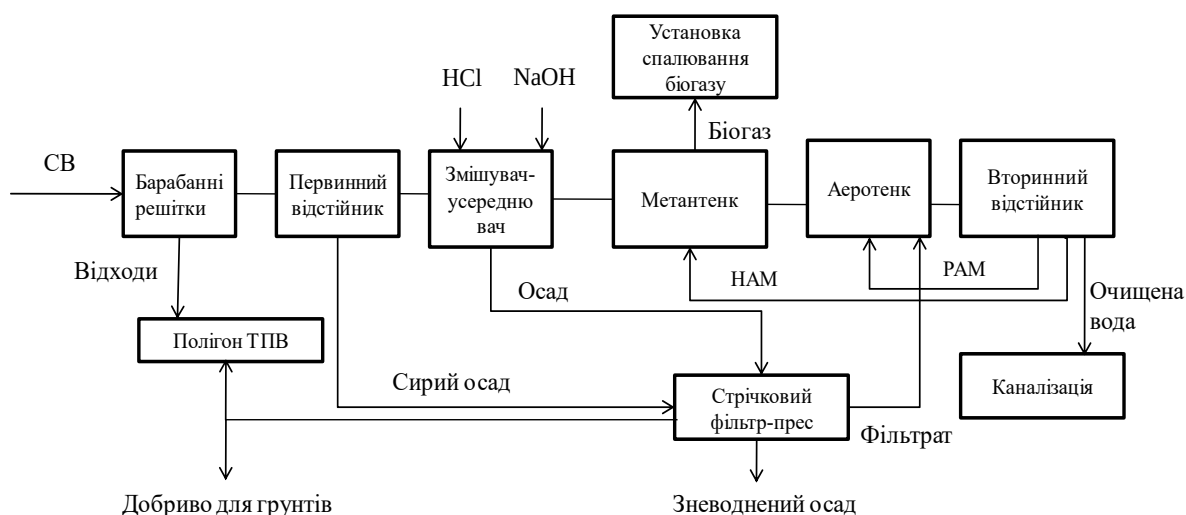


Рисунок 1.4 – Технологічна схема очисних споруд ASB-OSB [14]

Стічні води пивзаводу, що пройшли стадію механічного очищення, потрапляють до первинного відстійника, а потім до змішувача-усреднювача, який також виконує роль накопичувача. Тут відбувається попереднє підкислення стічної води, для знижується значення рН і утворюються органічні кислоти.

Два паралельних змішувача-усреднювача і два метан-реактора BIOMAR ASB дозволяють очистити стічну воду підприємства. До того, як стічна вода потрапляє в метан-реактор, проводиться її нейтралізація шляхом додавання соляної кислоти або каустичної соди. Також в стічну воду можна додавати поживні речовини.

Заключне аеробне очищення стічної води відбувається слідом за анаеробною стадією. Аеротенк розділяється на дві частини (каскади), повітря в реактор подається дрібнопухирцевими аераторами.

Первинний осад, а також аеробний та анаеробний надлишковий активний мул збираються в накопичувачах і згущуються під дією сили тяжіння, потім отриманий осад направляється на зневоднення на центрифугі [14].

Недоліками даної технології є аналогічно до попередньої те, що для ефективної очистки в аеротенку потрібна велика кількість повітря для аерації. До того ж сама технологія займає досить велику площу, що також створює певні незручності.

Технологія біологічного очищення в анаеробному UASB-реакторі та аеротенку.

Проаналізувавши існуючі технології очищення стічних вод, запропоновано технологію (рис. 1.5), яка дозволить якісно очистити стічну воду пивзаводу від завислих речовин та органічних забруднень, знизить показники БСК та ХСК до допустимих значень скиду у природну водойму.

Так як виробництво пива носить сезонний характер, тобто залежить від пори року і максимальний обсяг виробництва продукту припадає на літній період, то дана технологія дозволяє ефективно очистити стічну воду навіть при максимальному виробничому навантаженні.

Механічна очистка на решітках та пісколовках є обов'язковим етапом очищення. На решітках (1) затримуються і видаляються великі частинки (шматки поліетилену, папір інші матеріалів, що беруть участь у виробництві). Ці відходи мають бути подрібнені та відвезені на сміттєспалювальний завод або поховані на полігонах [15].

Із пісковловлювача стічна вода надходить в усереднювач (3) для вирівнювання коливань витрати і показників забруднюючих речовин. Після цієї стадії стічна вода насосом перекачується на анаеробне біологічне очищення в UASB – реактор (4), який представляє собою реактор із висхідним потоком стічних вод через шар анаеробного гранульованого активного мулу [17]. Анаеробні мікроорганізми перетворюють органічні забруднення в «біогаз», який містить метан та вуглекислий газ [18]. З анаеробного реактора стічна вода надходить на аеротенк-витиснювач (5). Завдяки подачі повітря відбувається аеробне очищення стічних вод за рахунок аеробного активного мулу. Повітря подається з аераторів на дні споруди. Речовини, що не видалились на попередніх стадіях очищення переходять в активний мул. Аеробні мікроорганізми починають розмножуватись. Відбувається приріст біомаси. Частина аеробного активного мулу (рециркуляційний активний мул) направляється знову в аеротенк, а інша частина (аеробний надлишковий активний мул) – на зневоднення [19]. Далі стічні води самочинно надходять у вторинні відстійники (6), де відбувається остаточне розділення води і аеробного надлишкового активного мулу, який для стабілізації направляється в аеробний стабілізатор (10) [15].

Для скиду очищеної стічної води у річку Тисмениця потрібне її знезараження. Стічна вода поступає до змішувача (7), куди подається знезаражуючий реагент. Після знезараження очищена стічна вода направляється до контактного резервуару (9), і йде на скид у річку Тисмениця [15].

Стабілізований активний мул з аеробного стабілізатора направляється у дегельмінтизатор (13), де відбувається повне знешкодження яєць гельмінтів парою. Потім осад промивається в камері промивки осаду (14) і поступає до осадощільнювача (15), а після цього направляється у вакуум-фільтр для механічного зневоднення осаду (17), після якого кек прямує на вивезення, а фільтрат перекачується в голову очисних споруд. Також є аварійні мулові

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

майданчики для відведення частини осаду після аеробного стабілізатора у випадку аварій (17) [15].

1.4 Вибір технології очищення стічних вод пивзаводу

Проаналізувавши вибрані з літературних джерел технології фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод, обрано технологію біологічного очищення стічних вод, представлену на рисунку 1.5. Обрана технологія дозволяє ефективно очистити стічні води пивзаводу з мінімальною шкодою навколишньому середовищу.

Перевагами обраної технології є використання UASB - реактора, який є досить продуктивним, приріст активного мулу є невеликим, а також час обробки стічної води значно менший порівняно з іншими анаеробними біореакторами. В UASB - реакторі синтезується біогаз. Це є перевагою, оскільки ним можна користуватись для нагрівання теплоносія та опалення приміщень. Це в свою чергу економить затрати на електроенергію.

Технологія дозволяє ефективно очистити стічну воду пивоварного заводу від органічних та завислих речовин. Характеристики стічної води знижуються до норм скиду в річку Тисмениця. На відміну від інших наведених технологій біологічного очищення, вибрана технологія дозволяє здійснити глибоке очищення стічної води, при цьому очисні споруди займають меншу площу і мають менші витрати на будівництво та експлуатацію.

Характеристики стічних вод пивоварного заводу з використанням обраної технології до очистки та після наведені в таблиці 1.3.

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Характеристика стічних вод до та після очищення за технологією біологічного очищення.

Показник	До очищення	Після механічного та анаеробного очищення	Після біологічного очищення
Завислі речовини, мг/дм ³	1392	139	15
pH	6,5-7	6,5-7	6,5-7,5
ПАР, мг/дм ³	21	10	0,5
ХСК, мг O ₂ /дм ³	4187	418	40
БСК _{повн} , мг O ₂ /дм ³	2596	292	15
Фосфати, мг/дм ³	14	10	0,2
Нітрати, мг/дм ³	10	5	0,5
Амонійний азот, мг/дм ³	15	5	0,5

Після механічного та анаеробного очищення забруднення стічних вод пивзаводу знижується на 80-90% [18]. Біологічне очищення дозволяє не тільки усунути будь-які забруднюючі речовини, а й дає можливість повторного використання ресурсу, отримання біогазу. Відходи можуть ефективно застосовуватися в сільськогосподарській промисловості, як добрива.

Перевагами біологічного методу очищення є можливість забезпечити видалення близько 90 % органічних забруднювачів, що знаходяться у стічній воді пивзаводу. У випадку анаеробного очищення зменшуються витрати на устаткування і супутні експлуатаційні витрати, так як не потрібна штучна аерація води, а процеси здійснюються в без кисневих умовах. Біологічний метод очищення стічної води є повністю безпечним і екологічним. Ускладнення

полягає тільки в постійному контролі вмісту біогенних елементів (фосфор, нітроген), завислих речовин, коливання рН у стічній воді пивзаводу.

1.5 Характеристика біологічного агента

Біологічним агентом в анаеробному UASB – реакторі є анаеробний гранульований активний мул. Мікроорганізми метанового біоценозу під час очищення стічних вод здатні до агрегації. Вони утворюють щільні гранули розміром 1 - 4 мм, які легко осідають [20]. Гранули можуть мати різну форму: сферичну, дископодібну, круглу або неправильну. Їх щільність коливається в межах 1040-1080 кг/м³. Гранули складаються з різних груп бактерій метанового біоценозу: кислотогени, синтрофи, метаногени, сульфатредуктори. Мікроскопічні дослідження показують, що переважають нитчасті бактерії роду *Methanothrix*. Між ними у вільній формі знаходиться багато морфологічно різноманітних форм бактерій. Серед них синіотрофні бактерії (*Syntrobacter*, *Syntrophomonas*) і метаногени, що використовують водень (*Methanobrevibacter*, *Methanobacter*). Гранули анаеробного активного мулу мають, чорне забарвлення. Це зумовлено тим, що на нитках метанотрікса осідає сульфід заліза за рахунок адгезії. Вважається що саме сульфід заліза ініціює грануло утворення [20].

Головну роль в анаеробній деградації органічних речовин до метану грають метанові археї родів *Methanosaeta* (*Methanothrix*), *Methanomicrobium*, *Methanosarcina* та інші. При їх відсутності або малій кількості анаеробне розкладання закінчується на стадії кислотогенного і ацетогенного бродіння. Це призводить до накопичення летких жирних кислот, в основному масляної, пропіонової і оцтової, зниження рН і зупинки процесу [21].

Біологічним агентом аеробного очищення стічних вод в аеротенку є активний мул. На зовнішній вигляд активний мул – це дрібні пластівці (флокули, зооглея) розміром до 2-3 мм і більше. Як домінуючі в аеробному

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

активному мулі описуються капсульні бактерії *Zoogloea ramigera*. Це грамнегативні паличкоподібні монотрихи, які не утворюють спор, формують капсули. Оптимальна температура для штамів *Zoogloea ramigera* становить 28 °С і значення рН 7,0. *Zoogloea ramigera* - аероби, але з'ясовано, що вони досить довгий час можуть знаходитись в анаеробних умовах. За формою зооглея може бути кулястою, гроздевидною, деревовидної (з широкими лопастями) формою. Розвиток і характер зооглеї залежить від складу стічних вод і параметрів процесу очищення [20].

Колір пластівців аеробного активного мулу від буро-жовтого до темно-коричневого. Активний мул має землистий запах через присутність актиноміцетів. Аереція забезпечує підтримання пластівців аеробного активного мулу в завислому стані. Пластівці складаються з бактеріальних клітин розташованих багат шарово, укладених в слиз. Слиз – це позаклітинні полімери, які представлені нуклеїновими кислотами, протеїнами, полісахаридами. Завдяки реакційно здатним групам (карбоксильним гідроксильним, сульфгідрильним) цих сполук відбувається фізико-хімічна взаємодія пластівців активного мулу з розчиненими і нерозчиненими забруднюючими речовинами і швидке видалення забруднень із стічних вод. Сумарна поверхня пластівців активного мулу досягає 100 м² на 1 г сухої речовини, завдяки цьому він має високу сорбційну здатність.

Окрім *Zoogloea ramigera*, в складі активного мулу знаходяться представники родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* та ін. Більшість бактерій, які беруть участь в очищенні стічної води - це гетеротрофи, переважно представники водної біоти і невелика частина мешканців кишкового тракту тварин і людини. При цьому патогенні мікроорганізми не витримують конкуренції, не знаходять для себе сприятливих умов і гинуть [20].

До складу аеробного активного мулу входять різні види бактерій, інфузорії, коловертки, черви. При дослідженні активного мулу автори [22] виявили, що переважають наступні види мікроорганізмів:

- найпростіші (*Amaeba*) - голі амеби. Нижчі їх форми не мають скелета і представляють собою голу цитоплазму;
- інфузорії (*Vorticellacovallaria*) – поодинокі інфузорії. Відносяться до найбільш високоорганізованих представників найпростіших, органами їх руху є війки - короткі волосоподібні вирости плазми [22];
- коловертки (*Rotariarotatoria*) - мікроскопічні багатоклітинні тварини. У більшості коловерток чітко можна виділити головний відділ, тулуб і ногу [20, 22];
- гриби - складають велику групу організмів з особливою біологічною організацією. Тіло гриба складається з гіфів - тонких ниток, що утворюють міцелій. Гіфи - це жорсткі трубочки, які заповнені багатоядерною цитоплазмою [20, 22];
- бактерії - нитчасті бактерії, представляють собою довгі нитки із з'єднаних разом клітин паличкоподібної форми, які покриті чохлом. Нитки клітини розмножуються простим поділом в межах. Бактерії грають основную роль в процесах вилучення і окиснення органічних і деяких неорганічних речовин при очищенні стічної води [22].

РОЗДІЛ 2 БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Схема перебігу процесів

На першій стадії біологічного очищення видалення забруднень із стічних води відбувається в анаеробному UASB – реакторі. Анаеробне очищення відбувається без доступу кисню.

Зброджування відбувається за такою схемою:



Анаеробний розпад органічних речовин, при метаногенезі здійснюється як багатоступінчастий процес. У ньому беруть участь мінімум чотири види мікроорганізмів: бродильними, гідролітики, метаногени і ацетогени. У анаеробній фауні між цими мікроорганізмами виникають складні і тісні взаємозв'язки, Метаногени, використовують речовини, які виробляються первинними анаеробами і визначають швидкість реакцій, які здійснюють ці бактерії [17].

Біохімічний процес в аеротенку протікає у два етапи. На першому відбувається сорбція та агрегація забруднюючих речовин стічних вод аеробним активним мулом із вищою швидкістю, ніж наступне їх окислення і мінералізація легкоокиснювальних речовин за інтенсивного споживання кисню. З часом швидкість сорбції і окиснення стає рівною, а кількість сорбованих активним мулом забруднюючих речовин досягає максимуму, і стічна вода звільняється від більшості забруднюючих речовин [17, 23].

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Біохімічні основи технологічного процесу	Літ.		Арк.	Аркушів
Розроб.		Горбат В. В.						30	73
Конс.									
Керіdn.		Козар М. Ю.							
Затверд.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71			

На другому етапі швидкість окиснення навпаки перевищує швидкість сорбції. Внутрішньоклітинне ферментативне окиснення сорбованих забруднень закінчується і відновлюється здатність аеробного активного мулу до видалення і окиснення органічних забруднюючих речовин із стічних вод. Перший етап називають стадією біосорбції забруднюючих речовин, а другу - стадією окиснення сорбованих забруднень або стадією регенерації аеробного активного мулу [24].

Біохімічна активність мулу залежить від багатьох факторів і в першу чергу від фази росту і розвитку мікроорганізмів. Хоча аеробний активний мул – це складне угруповання різноманітних мікроорганізмів, але встановлено, що йому властиві закономірності розвитку чистої культури [20].

Мікроорганізми аеробного активного мулу, окиснюють органічні речовини, використовуючи їх як джерело субстрату і енергії [15].

Процес руйнування складних органічних сполук відбувається в певній послідовності і в присутності каталізаторів цих реакцій - ферментів, які виділяють клітини бактерій. Процес біологічного окислення речовин складається з безлічі ступенів і починається з розщеплення органічної речовини з виділенням активного водню. У клітині хімічні речовини піддаються різним процесам, таким як анаболізм та катаболізм. У процесі біологічного очищення стічних вод бактерії аеробного активного мулу використовують органічні речовини для отримання енергії і для синтезу власної бактеріальної маси. Сумарні реакції біохімічного окислення у присутності кисню можна схематично представити в наступному вигляді (рис.2.1).

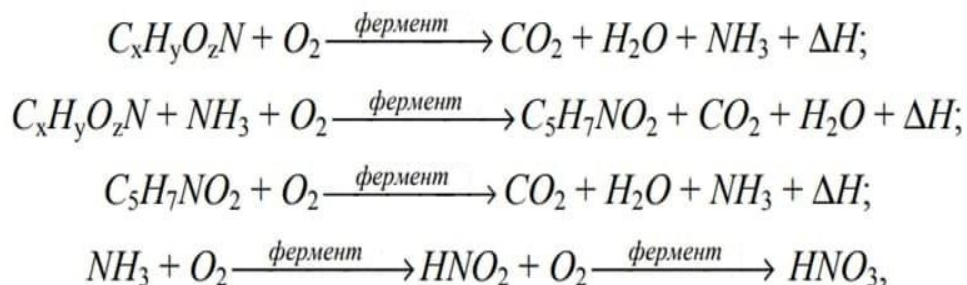


Рисунок 2.1 – Реакції біохімічного окислення в аеробних умовах: $C_xH_yO_zN$ - всі органічні речовини стічних вод; $C_5H_7NO_2$ - умовна формула клітинної речовини бактерій; ΔH – енергія.

Перша реакція показує окиснення сполуки за для забезпечення потреб клітини в енергії. Друга реакція відповідно для синтезу клітинної речовини. Витрачений кисень для цих реакцій складає БСК_{повн}. У випадку, коли продовжується окиснення, тоді клітинна речовина починає перетворюватись, як це показано в наступних реакціях [23, 24]. В результаті зі стічної води видаляються органічні речовини і збільшується біомаса активного мулу.

2.2. Характеристика кінцевого продукту

Після закінчення процесу аеробно-анаеробного біологічного очищення на пивоварному заводі кінцевим продуктом буде стічна вода яка повинна відповідати необхідному ступеню очищення та гранично допустимим показникам очищених стічних вод для скиду водойму річки Тисмениця (табл. 2.1) відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 № 465 Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами.

Таблиця 2.1 – Характеристика стічних вод при скиданні в річку

Тисмениця [25]

Показник якості, мг/дм ³	Необхідний ступінь очищення та допустимі значення
Азот амонійний	0,5
БСК _{повн}	187
Водневий показник (рН)*	6.5 – 7.5
Завислі речовини	66
Нітрати	0,5
ПАР	1
Температура**	40
Фосфати	0,5
ХСК	60

* - рН та співвідношення – величина безрозмірна.

** - одиниці вимірювання температури – °С.

Органолептичні показники, такі як інтенсивність запаху та присмаку не повинні перевищувати 2 балів. Очищена стічна вода має бути прозорою, без забарвлення у стовпчику 20 см.

Отже, маючи показники зазначені вище, очищена стічна вода може бути скинута в річку Тисмениця.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Сировина та матеріали

Таблиця 3.1 – Характеристика сировини та напівпродуктів

Назва	НТД, за яким сировина перевіряється	Показники, що перевіряються
Основна сировина		
Стічні води пивоварного заводу	ДБН В.2.5-75:2013	Витрата стічних вод ЗР = 1392 мг/дм ³ БСК _{повн} = 2596 мг О ₂ /дм ³ ХСК = 4187 мг/дм ³ ПАР = 21 мг/дм ³ рН = 6.5 – 9.0 Фосфати = 14 мг/дм ³
Допоміжна сировина		
Сульфат алюмінію (III)	ТУ ВУ 400258949.011-2017	Порошок білого кольору
Поліакриламід	ТУ 6-16-2531-81	Дрібно гранульований порошок білого кольору
Напівпродукти		
Осад	ДСТУ 7369:2013	рН, наявність патогенних мікроорганізмів та яєць гельмінтів
Пісок	ДСТУ Б.В.2.7-32-95	-

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Гарбат В. В.</i>			<i>Технологічна частина</i>		
<i>Конс.</i>							
<i>Керівн.</i>		<i>Козар М. Ю.</i>					
<i>Затверд.</i>							
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Аркушів</i>
						<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71</i>	

3.2 Опис технологічного процесу

ДР1. Підготовка аераційного повітря

ДР 1.1. Забір повітря

Повітря готують таким чином: атмосферне повітря забирають виносними трубами. Точка забору більше 4 м від рівня землі.

ДР 1.2. Фільтрування повітря

Фільтрування повітря здійснюється через волокнистий фільтр. Пил та механічні частинки затримуються на фільтруючому матеріалі на тканині Петрянова. Максимальний діаметр частинок, тих що затримуються, близько 15 мкм. Мінімально та максимально допустима температура становить -20 С та +60 С відповідно. Ефективність очищення дорівнює 80%.

ДР 1.3. Компресування повітря

Компресують повітря повітродувками з продуктивністю 150 м³/хв.. повітря стискається до 2,5 кПа. На цій стадії здійснюється технологічний контроль тиску кожної години за допомогою технічного манометру. Повітря подається на стадію ТП 6.2 та ПВ 9.1.

ДР 2 Приготування хлорної води

Стічні води знезаражують хлором. Хлор знаходиться в балонах у вигляді газу. Перед використанням його очищають на фільтрі від пилу. Очищений хлор подається через редукційний клапан, за допомогою якого підтримується також постійний тиск (0,01-0,02 МПа) перед вимірювачем витрати [15].

На даній стадії здійснюється технологічний контроль концентрації розчиненого газу хлору у водному розчині. Приготований розчин відкачується до ТП 8.

ДР 3. Підготовка розчинів коагулянту і флокулянту

ДР 3.1 Приготування р-ну сульфат алюмінію (Ш)

У якості коагулянту при обробці ущільненого осаду використовують сульфат алюмінію (Ш) з концентрацією 120 мг/дм³. Здійснюється технологічний та хімічний контроль.

ДР 3.2 Приготування р-ну поліакриламід

Також для підсилення і покращення процесу коагуляції у воду крім коагулянту додають флокулянт поліакриламід з концентрацією 1,5 мг/дм³. Здійснюється технологічний і хімічний контроль за якістю і концентрацією розчинів.

ДР 4. Підготовка пари на технічні потреби

Пар використовують для сушки подрібнених відходів, а також для обеззараження осадів у камері дегельмінтизації. Для отримання самої пари передбачено котельні (Ко-13). Здійснюється технологічний контроль.

ТП 5 Механічна очистка

ТП 5.1 Очищення на решітках

На решітках (Р-14) відділяються крупні частинки. Отримані відходи скидаються у відкидний лоток і відправляються далі на утилізацію. Швидкість руху рідини у апараті становить близько 0,8 - 1,0 м/с. Період роботи до 12 годин. Встановлюють типові решітки механічного очищення РМУ-2. Кількість прозорів в решітці – 21 з розміром 16 мм.

На цій стадії періодично здійснюється технологічний контроль. На виході відводиться стічна вода, а відходи направляються на утилізацію [19].

ТП 5.2 Очищення на пісковловлювачах

Для видалення піску та інших нерозчинних забруднень із стічних вод встановлюють пісковловлювачі (П-15). Швидкість руху води в горизонтальних пісколовках $V = 0,12 - 0,3$ м/с, гідравлічна крупність затриманих частинок $U_0 = 17-25$ мм/с. Під дією сили тяжіння частинки осідають на дно. Осілий пісок

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

видаляється механічно скребковим механізмом в бункер осаду. Систематично бункер очищають від піску 2 рази на добу гідроелеватором [16]. Пісок вивозиться на піскові майданчики ЗВ 11.

ТП 5.3 Усереднення стічної води

Так як витрата стічної води пивзаводу, а також концентрації забруднюючих речовин нерівномірні, потрібно встановлювати учереднювач (У-27) для усереднення цих показників. Стічна вода від пісковловлювачів (П-15) поступає на усереднювач.

На цій стадії здійснюється технологічний та хімічний контроль.

ТП 6 Біологічне очищення

ТП 6.1 Анаеробне очищення в UASB-реакторі

Після механічного очищення стічна вода поступає далі по системі і надходить в анаеробний біореактор типу UASB (Р-18), який має циліндричну форму. В анаеробних умовах з концентрацією кисню 0,1-0,2 мг/дм³ здійснюється деструкція органічних речовин. Сприяють цьому процесу анаеробні мікроорганізми. Реактор знаходиться під тиском. Газ, що утворився (250-600 м³ на 1 т органічних забруднень) в процесі подається для накопичення в газгольдерах (Г-33) до ПВ 10.1, Анаеробний надлишковий мул направляється в аеробний стабілізатор (АС-24) до стадії ПВ 9.1 [18].

На даній стадії проводиться контроль тиску та технологічний контроль.

ТП 6.2 Аеробне очищення в аеротенку

Після UASB-реактора стічна вода надходить в аеротенк-витиснювач (АВ-19) з регенерацією. Сюди ж підводиться повітря для аерації від ДР 1.3 та рециркуляційний активний мул від ТП 7. Прийнято двохкоридорний аеротенк-витиснювач з двома секціями, з робочою глибиною Н = 3,2 м; шириною секцій В = 4,5 довжиною секції - 39,3 м за типовим проєктом ТП 902-2-195 з дрібнобульбашковою системою аерації. Доза активного мулу – 3 г/дм³, фактичне значення мулового індексу – 88 см³/г, середня тривалість перебування

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стічних вод в аеротенку – 4 год, загальна витрата повітря на аерацію – 7501 м³/год. Аеробний надлишковий активний мул направляється в аеробний стабілізатор до стадії ПВ 9.1.

На цій стадії двічі на добу контролюються інтенсивність аерації, рН стічної води, здійснюється технічний та хімічний контроль.

ТП 7 Відстоювання у вторинних відстійниках

Для відділення аеробного надлишкового активного мулу від стічної води використовують вторинні відстійники (В-20). Від ТП 6.2 вода надходить у зону освітлення. Частинки, гідравлічна крупність яких перевершує швидкість висхідного вертикального потоку, випадають в осад. Швидкість висхідного потоку дорівнює 0,5–0,7 мм/с. Освітлена вода збирається в периферійному лотку [15].

Для даної технологічної схеми використовуються 3 вторинних відстійники радіального типу ТП 902-2-87/76 з діаметром 18 м. Відстоювання відбувається 1,5 години. Рециркуляційний активний мул подається на аеротенк до ТП 6.2. Аеробний надлишковий активний мул направляється в аеробний стабілізатор до стадії ПВ 9.1.

ТП 8 Знезараження очищеної стічної води

Хлорна вода від ДР 2 подається до змішувача (З-22) для знезараження очищеної стічної води. При розчиненні хлору у воді утворюється хлористоводнева та гіпохлоридна кислоти. Остання вмістить атом кисню, який легко віддає у вигляді бірадикалу, тому він дуже активний. Знезараження відбувається 1,5 години, при концентрації хлору 1,5 г/м³. Потім стічна вода подається в контактний резервуар (КР-23). Очищена та знезаражена вода скидається у водойму [15].

ПВ 9 Обробка надлишкового активного мулу

ПВ 9.1 Стабілізація в аеробному стабілізаторі

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стабілізація надлишкового активного мулу з вторинного ТП 7 відстійника. Біохімічний процес здійснюється в спорудах – аеробних стабілізаторах (АС-24). Сюди ж подається підготовлене повітря від ДР 1.3. Інтенсивність аерації становить не менше $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Витрата повітря на аеробну стабілізацію приймається 1-2 $\text{м}^3/\text{год}$ на 1 м^3 місткості стабілізатора. [15].

ПВ 9.2 Дегельмінтизація

Для видалення яєць гельмінтів застосовують дегельмінтизацію. Процес відувається в камері дегельмінтизації (КД-25). Обробку здійснюють при температурі $65 \pm 1^\circ\text{C}$, протягом 20 хвилин парою з котельні. Здійснюється контроль температури [23].

ПВ 9.3 Промивка осаду

Промивка осаду відбувається очищеною стічною водою, що надходить від ТП8. Промивається протягом 30 хвилин [15]. Здійснюється технічний контроль напору очищеної води.

ПВ 9.4 Ущільнення осаду

Ущільнення осаду здійснюється у вертикальних мулоущільнювачах (Му-27). Мулова вода поступає на решітки (Р-14) «у голову» споруд до ТП 5.1.

ПВ 9.5 Реагентна обробка

Осади обробляються в камері реакції КР-29 реагентами від ДР 3 - сульфат алюмінію (ІІІ) та поліакриламід. Коагулянт забезпечує адгезію колоїдних та тонко дисперсних частинок. Руйнуються гідратні оболонки і змінюється форма зв'язку вологи з частинками осаду. Завдяки цьому зменшується питомий опір осадів фільтрації до показників, при яких забезпечується стабільна робота зневоднюючого обладнання. При використанні розчину коагулянтів рН має становити 6,5-8.

ПВ 9.6 Зневоднення на вакуум-фільтрах

Зневоднення осаду відбувається на вакуум-фільтрах (ВФ-31). Підводиться стиснене повітря від ДР 1.3. Спочатку здійснюється фільтрування, потім зневоднення і видалення відходів на полігон. Утворений фільтрат надходить до стадії ТП 5.1, а утворений осад йде на майданчики для збереження або на полігон. Робочий тиск 0,16 МПа. Здійснюється технічний контроль [15].

ПВ 10 Утилізація біогазу

ПВ 10.1 Збір газу у газгольдер

На виході з UASB-реактора утворюється газ (250-600 м³ на 1 т органічних забруднень), який накопичується у газгольдерах [18]. Приймається газ мокрими газгольдерами, які складаються з резервуара, що заповнений водою і дзвона, що переміщається. Вага дзвону врівноважується протитиском газу. Через це при зміні об'єму газу під дзвоном тиск в газгольдері і газової мережі залишається сталим. Для подальшого використання біогаз може переходити на стадію очистки, для подальшого використання [15].

ЗВ 11. Підсушування на піскових майданчиках

Піщана пульпа із стадії ТП 5.2 відводиться та підсушується на піскових майданчиках. Дренажна вода насосом перекачується до ТП 5.1, а пісок йде на вивезення [19].

ЗВ 12. Зневоднення на аварійних мулових майданчиках

За ДБН В.2.5-75:13 на мулові майданчики відводиться 20% річної кількості осаду. У разі несправності вакуум-фільтру осад відводять для підсушування та зберігання на аварійні мулові майданчики [19]. По мірі накопичення осади вивозяться, а дренажна вода насосом перекачується до ТП 5.1.

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Контроль виробництва

Для забезпечення дотримання заданих параметрів у процесі біологічного очищення стічних вод пивоварного заводу передбачені контрольні точки, які наведені у таблиці 3.2. Здійснюється відбір проб та проводиться їх аналіз на певними типами приладів.

Таблиця 3.2 – Точки і параметри контролю виробництва

№№	Назва стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Методи контролю	Метод контролю параметра, тип приладу
1	Підготовка повітря	Тиск	1 раз за добу	0,1 МПа - 0,35 МПа	Кт	Манометр МТТ-10
2	Підготовка хлорної води	Масова концентрація хлору	1 раз на годину	0,3-0,5 мг/дм ³	Кх	Концентратор КХВ-014
		Тиск	1 раз на годину	0,01-0,02 МПа	Кт	Манометр МТТ-10
3	Підготовка р-ну коагулянту та флокулянту	Масова концентрація сірчаноокислого алюмінію	1 раз на годину	120 мг/дм ³	Кх	Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS
		Масова концентрація поліакриламідру	1 раз на годину	1,5	Кх	Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS

Продовження таблиці 3.2

4	Підготовка пари	Тиск	1 раз за добу	0,3МПа	Кт	Манометр МТТ-10
		Температура	1 раз за добу	120 С		Термометр ТКП-160Сг-М2
5	СВ від заводу	Витрата СВ	1 раз за добу	8000 м ³ /добу	Кт	Витратомір ЕТО-С-02
		Температура	1 раз на 2 год.	30 С		Термометр ТКП-160Сг-М2
		рН	1 раз на 2 год.	6,5-7	Кх	рН-метр рН-101П
		ЗР	1 раз на 2 год.	1392 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		БСК _{повн}	1 раз на 2 тижні	4187 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		ХСК	1 раз на 2 тижні	2596 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		ПАР	1 раз на 2 тижні	21 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		Фосфати	1 раз на 2 тижні	14 мг/дм ³		Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS
		Нітрати	1 раз на 2 тижні	10 мг/дм ³		Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS
		Амонійний азот	1 раз на 2 тижні	15 мг/дм ³		Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS
6	Очищення на решітках	Температура	1 раз на день	25 С	Кт	Термометр ТКП-160Сг-М2
		рН	1 раз на день.	6,5-7	Кх	рН-метр рН-101П

Продовження таблиці 3.2

7	Очищення на пісכולовках	Концентрація піску та мінеральних домішок	1 раз на добу	0,8%	Кх	За методикою КНД 211.14.024-95
8	Усереднення стічних вод	pH	1 раз на 2 год.	6,5-7	Кх	pH-метр pH-101П
		Витрата СВ	1 раз за добу	8000 м ³ /добу	Кт	Витратомір ЕТО-С-02
9	Очищення в UASB - реакторі	Концентрація ЗР	1 раз на добу	70 мг/дм ³	Кх	За методикою КНД 211.14.024-95
		БСК _{повн}	2 рази на тижні	292 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		ХСК	2 рази на тижні	418 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		pH	1 раз на день.	6,5-7	Кх	pH-метр pH-101П
		Температура	1 раз на добу	36 С	Кт	Термометр ТКП-160Сг-М2
10	Очищення в аеротенку	Концентрація ЗР	1 раз на добу	75 мг/дм ³	Кх	За методикою КНД 211.14.024-95
		БСК _{повн}	2 рази на тижні	68 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		Концентрація кисню	1 раз на добу	2 мг/дм ³		Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS

Продовження таблиці 3.2

11	Очищення у вторинному відстійнику	Концентрація ЗР	1 раз на добу	14 мг/дм ³	Кх	За методикою КНД 211.14.024-95
		БСК _{повн}	2 рзи на тиждень	15 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		ХСК	2 рзи на тиждень	40 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
12	Після знезараження СВ	Фосфати	1 раз на 2 тижні	0,5 мг/дм ³	Кх	Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS
		Нітрати	1 раз на 2 тижні	0,5 мг/дм ³		Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS
		Амонійний азот	1 раз на 2 тижні	0,5 мг/дм ³		Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS
		БСК _{повн}	1 раз на 2 тижні	15 мг/дм ³		За методикою КНД 211.14.024-95
		pH	1 раз на день.	6,5-7		pH-метр pH-10-1П
		Колі – індекс	1 раз на добу	3	Кмб	ДСТУ ISO 9308-3-2001
13	Аеробна стабілізація	Температура	1 раз на добу	36 С	Кт	Термометр ТКП-160Сг-М2
		Вологість осаду	1 раз на добу	97,8%	Кт	SONO-VARIO

Продовження таблиці 3.2

14	Дегельмінтизація осаду	Наявність яєць гельмінтів	1 раз на тижні	відсутні	Кмб	Методика мікробіологічного контролю
15	Ущільнення осаду	Вологість осаду	1 раз на тижні	96%	Кт	SONO-VARIO
16	Зневоднення осаду	Вологість осаду	1 раз на тижні	65%	Кт	SONO-VARIO

3.4 Матеріальний баланс

Таблиця 3.3 – Матеріальний баланс виробництва (стадії)

Використано				Отримано			
Стадія	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість		Стадія	Назва кінцевого продукту або напівпродукту, відходів та втрат	Кількість	
		кг	м ³			кг	м ³
Механічне очищення	Неочищена стічна вода		8000	Механічне очищення	Стічна вода після механічного очищення		7998
					Вода з піском		2
Біологічне очищення	Стічна вода після механічного очищення		7998	Біологічне очищення	Очищена стічна вода		6878
	Очищена стічна вода		6878		Вода з НАМ		1120
	Хлорна вода		0,015		Очищена стічна вода		6878,015
	Всього:		22876,015		Всього:		22876,015

РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

4.1 Розрахункові витрати стічних вод

Середня витрата стічних вод пивоварного підприємства за добу складає:

$$Q_{\text{сер. доб}} = 8000 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Середньогодинна витрата:

$$Q_{\text{сер. год}} = \frac{Q_{\text{сер. доб}}}{24} = \frac{8000}{24} = 333 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Середньосекундна витрата :

$$Q_{\text{сер. с.}} = \frac{Q_{\text{сер. доб}}}{24 \cdot 3600} = \frac{8000}{24 \cdot 3600} = 0,0926 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Середньосекундна витрата в дм³ становить:

$$q_{\text{сер. с.}} = Q_{\text{сер. с.}} \cdot 1000 = 0,926 \cdot 1000 = 92,6 \text{ дм}^3/\text{с.}$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод пивзаводу:

$$q_{\text{max. с.}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сер. с.}} = 1,6 \cdot 92,6 = 148 \text{ дм}^3/\text{с.},$$

$$q_{\text{min. с.}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сер. с.}} = 0,584 \cdot 92,6 = 54 \text{ дм}^3/\text{с.},$$

де $q_{\text{сер. с.}}$ – середньосекундна витрата стічних вод, м³/доб;

$K_{\text{max}}=1,616$, $K_{\text{min}}=0,584$ – коефіцієнти нерівномірності водовідведення.

Визначено методом інтерполяції при середньосекундній витраті стічних вод пивзаводу 92,6 дм³/с [26, 27].

Максимальна середньогодинна витрата стічних вод заводу:

$$Q_{\text{max}} = 3,6 \cdot q_{\text{max. с.}} = 3,6 \cdot 148 = 532 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розрахунок та вибір обладнання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Горбат В. В.</i>						
<i>Конс.</i>							47	73
<i>Керідн.</i>		<i>Козар М. Ю.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71</i>		
<i>Затверд.</i>								

4.2 Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки

Тисмениця

За методом Фролова-Родзілера розраховується необхідний ступінь очищення [27]. Річка Тисмениця відноситься до комунально-побутового водовикористання. У розрахунковому створі за течією річки Тисмениця на 2,2 км від найближчого пункту водокористування показники якості води повинні бути наступними:

- завислі речовини $< 0,75 \text{ мг/дм}^3$;
- БСК_{повн} $\leq 6 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$;
- розчинений кисень $\geq 4 \text{ мг/дм}^3$.

Змішування стічної води з водою річки Тисмениця характеризується коефіцієнтом дифузії:

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{1,7 \cdot 2,9}{200} = 0,025,$$

де V_{cp} - середня швидкість течії річки Тисмениця між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання $V_{cp} = 1,7 \text{ м/с}$);

H_{cp} - середня глибина річки, м (згідно завдання $H_{cp} = 2,9 \text{ м}$).

Гідравлічні умови змішування стічної води з водою річки Тисмениця враховує такий коефіцієнт:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{сер.с.}}} = 1,9 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,025}{0,0926}} = 1,2$$

де φ - коефіцієнт звивистості річки, який дорівнює відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічної води до розрахункового створу до відстані між цими точками по прямій (за завданням $\varphi = 1,9$);

ξ – коефіцієнт, який залежить від місця і конструкції випуску стічної води підприємства у річку (приймається береговий випуск – 1);

$Q_{\text{сеп.с.}}$ - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у річку Тисмениця, м³/с.

Коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки Тисмениця:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} \right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-1,2 \sqrt[3]{2200}}}{1 + \left(\frac{17}{0,0926} \right) e^{-1,2 \sqrt[3]{2200}}} = 0,99$$

де L - відстань по фарватеру річки Тисмениця від місця випуску стічної води до розрахункового створу, м (згідно завдання $L=2200$ м);

Q - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, м³/с (згідно завдання $Q = 17$ м³/с);

$Q_{\text{сеп.с.}}$ - середньосекундна витрата стічних вод підприємства, що скидаються у водойму, м³/с. (з розділу 4.1) [26].

4.3 Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично - допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у річку Тисмениця:

$$C_{\text{зр}}^{\text{дон}} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} + 1 \right) + C_{\text{ф}} = 0,25 \cdot \left(\frac{0,99 \cdot 17}{0,0926} + 1 \right) + 21 = 66,6 \text{ мг} / \text{дм}^3,$$

де p - приріст концентрації завислих речовин у річці Тисмениця після випуску стічних вод, мг/дм³ (0,25 мг/м³);

$C_{\text{ф}}$ - фоновая концентрація завислих речовин у воді річки Тисмениця до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання 21 мг/дм³).

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

$$\begin{aligned} C_{\text{БСК}}^{\text{дон}} &= \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} \cdot \left(\frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k \cdot t}} - C_{\text{БСК}}^{\text{ф}} \right) + \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k \cdot t}} = \\ &= \frac{0,99 \cdot 17}{0,0926} \cdot \left(\frac{6}{10^{-0,085 \cdot 0,01}} - 5 \right) + \frac{6}{10^{-0,085 \cdot 0,01}} = 187 \text{ мг} / \text{дм}^3, \end{aligned}$$

де $C_{БСК}^{доп}$ - значення БСК_{повн}, яке має бути досягнуто в процесі очищення стічних вод підприємства, мг/дм³;

$C_{БСК}''$ - гранично - допустиме значення БСК_{повн} у розрахунковому створі річки Тисмениця, 6 мг/дм³ (визначається з виду водокористування);

$C_{БСК}^{\phi}$ - фонове значення БСК_{повн} у воді річки Тисмениця до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання = 5 мг/дм³);

K – коефіцієнт швидкості споживання кисню у суміші річкової і стічних вод. Цей показник залежить від температури влітку таким чином:

$T, ^\circ C$	12	15	18	20	22	24
$K=$	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12

Температура води річки Тисмениця влітку $T = 16,5 ^\circ C$, звідси $k = 0,085$ (визначено методом інтерполяції) [27].

t - тривалість руху води від місця випуску до розрахункового створу:

$$t = \frac{L}{V_{cp} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{2200}{1,7 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,01 \text{ доб},$$

де L - відстань по фарватеру річки Тисмениця від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м (згідно завдання $L = 2200$ м);

V_{cp} - середня швидкість течії води в річці Тисмениця між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання $V_{cp} = 1,7$ м/с).

Допустиме значення БСК_{повн} стічної води, що скидається у річку, можна розрахувати за розчиненим киснем у воді, без урахування поверхневої аерації річки. Необхідна концентрація розчиненого кисню у воді річки Тисмениця влітку буде забезпечена, якщо БСК_{повн} стічних вод підприємства не перевищуватиме значення:

$$C_{БСК}^{O_2} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{сер.с.}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{БСК}^{\phi} - O_{min}) - \frac{O_{min}}{0,4} =$$

$$= \frac{0,99 \cdot 17}{0,4 \cdot 0,0926} \cdot (7 - 0,4 \cdot 5 - 4) - \frac{4}{0,4} = 444 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{БСК}^{O_2}$ - БСК_{повн} стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм³;

O_{ϕ} – фонові концентрації розчиненого кисню у воді річки Тисмениця до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання $O_{\phi} = 7$ мг/дм³);

$O_{\min}$ - найменша концентрація розчиненого кисню, яка має бути забезпечена в річці 4, мг/дм³;

$C_{БСК}^{\phi}$ - фонові значення БСК_{повн} у воді річки Тисмениця до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання $C_{БСК}^{\phi} = 5$ мг/дм³).

Повне біологічне очищення забезпечує такі значення: БСК_{повн}=15 мг/дм³, $C_{зр}$ =15 мг/дм³. Розрахований необхідний ступінь очищення стічних вод становить:

- концентрації завислих речовин - 66,6 мг/дм³;
- БСК_{повн} приймаємо найменше з двох отриманих у попередніх розрахунках - 187 мг/дм³.

Значення свідчать про достатність повного біологічного очищення [26].

4.4 Розрахунок аеротанка

Для того щоб розрахувати основну споруду – аеротенк потрібно знати показники БСК_{повн}, ХСК та ЗР після анаеробного біологічного очищення в UASB – реакторі. На основі літературних джерел [15, 18, 19] з'ясовано, що анаеробний реактор забезпечує зниження показників на 80-90%. Отже на біологічне очищення в аеротенк надходить стічна вода з такими показниками: БСК_{повн} = 292 мг/дм³, ХСК = 418 мг/дм³, ЗР = 139 мг/дм³.

Оскільки стічні води, що надходять в аеротенк мають значення БСК_{повн} = 292 мг/дм³, тобто БСК_{повн} < 500 мг/дм³, то відповідно до ДБН В.2.5 – 75:2013, при концентрації приймаємо аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу, так як БСК_{повн} > 150 мг/дм³.

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Дозу активного мулу в зоні аерації приймаємо в межах 2 - 4,5 г/дм³, а значення мулового індексу 70-100 см³/г. Для прийнятих значень визначаємо ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{3}{\frac{1000}{85} - 3} = 0,34,$$

де $a_a = 3$ г/дм³ – доза мулу;

$J = 85$ см³/г – муловий індекс.

Доза активного мулу в регенераторі:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) = 3 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,34} + 1 \right) = 7,42 / \text{дм}^3.$$

Концентрація органічних забруднень за БСК_{повн} в стічних водах та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1 + R} = \frac{292 + 15 \cdot 0,34}{1 + 0,34} = 221 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{\text{БСК}}^a = 292$ мг/дм³ – показник БСК_{повн} стічних вод, що надходять в аеротенк після анаеробного очищення в UASB-реакторі;

$C_{\text{БСК}}^k = 15$ мг/дм³ – показник БСК_{повн} в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм³.

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^k} = \frac{2,5}{\sqrt{3}} \cdot \lg \frac{221}{15} = 1,62 \text{ год}.$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом :

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

$$85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 7,4} = 15,9 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}},$$

де $\rho_{\text{max}} = 85$ мг/(г·год) – максимальна швидкість окиснення стічних вод [27];

C_o – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яку приймаємо 2 мг/дм³;

K_L - константа, що характеризує властивості органічних забруднень і складає 33 мг·БПК_{повн}/дм³ [27];

K_o – константа, що характеризує вплив кисню, становить 0,625 мгO₂/дм³ [27];

ϕ - коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає 0,07 дм³/г [27].

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{БСК}^a - C_{БСК}^k}{a_p(1-S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{сер.p}} = \frac{292-15}{7,4(1-0,3) \cdot 15,9 \cdot 0,34} \cdot \frac{15}{20} = 7,4 \text{ год},$$

де S – зольність активного мулу, приймається 0,3 [27]; $T_{сер.p}$ – середньорічна температура стічних вод, становить 20 °С (за завданням).

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 7,4 - 1,6 = 5,8 \text{ год}.$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор:

$$t_{сер} = (1+R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1+0,34) \cdot 1,6 + 5,8 \cdot 0,34 = 4 \text{ год}.$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор:

$$a_{сер} = \frac{a_a(1+R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{сер}} = \frac{3 \cdot (1+0,34) \cdot 1,6 + 7,4 \cdot 0,34 \cdot 5,8}{4} = 5,2 \text{ г/дм}^3.$$

Навантаження на активний мул при прийнятих значеннях складає:

$$q_M = \frac{24 \cdot (C_{БСК}^a - C_{БСК}^k)}{a_{сер} \cdot (1-S) \cdot t_{сер}} = \frac{24 \cdot (292-15)}{5,2 \cdot (1-0,3) \cdot 4} = 456 \text{ мг/(г} \cdot \text{добу)}$$

Визначаємо фактичне значення мулового індексу, згідно [27] з урахуванням навантаження на активний мул визначається. $I_\phi = 88 \text{ см}^3/\text{г}$.

Ступінь рециркуляції при фактичному значенні мулового індексу становить:

$$R^{\phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{3}{\frac{1000}{88} - 3} = 0,36.$$

Розрахунок завершено, тому що отримане значення R_{ϕ} не перевищує попереднього.

Визначаємо робочий об'єм аеротенка та регенератора:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\text{ср.год}} = (1 + 0,36) \cdot 1,6 \cdot 532 = 1157 \text{ м}^3,$$

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\text{ср.год}} = 5,8 \cdot 0,36 \cdot 532 = 1110 \text{ м}^3,$$

де $Q_{\text{ср.год}}$ – середньогодинна витрата стічних вод, 532 м³/год.

Загальний об'єм:

$$W = W_a + W_p = 1157 + 1110 = 2267 \text{ м}^3.$$

Об'єм однієї секції становить:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{2267}{2} = 1133,5 \text{ м}^3.$$

Приймаємо двохкоридорний аеротенк з 2 секціями, з робочою глибиною $H = 3,2$ м; шириною секцій $B = 4,5$ за типовим проектом ТП 902-2-195 [28].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{2267}{4,5 \cdot 3,2 \cdot 2 \cdot 2} = 39,3 \text{ м},$$

де $N = 2$ – кількість секцій аеротенка, шт;

$n_k = 2$ – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{1110}{2267} \cdot 100 = 48\%.$$

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$P = 0,8 \cdot C_{зр}^{к, \phi} + K_{\Pi} \cdot C_{БСК}^a = 0,8 \cdot 139 + 0,3 \cdot 292 = 198 \text{ мг} / \text{дм}^3,$$

де $C_{зр}^{к, \phi} = 139$ мг/дм³ – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк після анаеробного очищення в UASB-реакторі;

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\Pi} = 0,3$ - коефіцієнт приросту активного мулу.

Аеротенк має систему аерації. Приймається дрібнобульбашкова система аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію:

$$q_{нов} = \frac{q_o \cdot (C_{БСК}^a - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (292 - 15)}{1,68 \cdot 2,17 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot (10,42 - 2)} = 14,1 \text{ м}^3 / \text{м}^3,$$

де $q_o = 1,1 \text{ мг/дм}^3$ – при повному біологічному очищенні прийнята питома витрата кисню повітря;

$K_1 = 1,68$ – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка ($f_{a.з}/f_a$) [27];

$K_2 = 2,17$ – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів [27];

$K_3 = 0,7$ – коефіцієнт якості стічної води пивзаводу [27];

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

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

C_a – розчинність кисню повітря у воді, що визначається в залежності від глибини занурення аераторів (h_a):

$$C_a = (1 + \frac{h_a}{20,6}) \cdot C_T = (1 + \frac{3,2}{20,6}) \cdot 9,02 = 10,42 \text{ мг/дм}^3,$$

де C_T – розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного тиску, становить $9,02 \text{ мг/дм}^3$ [26];

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

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{нов} \cdot H}{t_{cee}} = \frac{14,1 \cdot 3,2}{4} = 11,28 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де $H = 3,2$ – глибина аеротенка, м.

В регенераторах приймаємо кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде дорівнювати:

в аеротенку:

$$I_a = 0,67 \cdot I = 0,67 \cdot 11,28 = 7,5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

у регенераторі:

$$I_p = 1,33 \cdot I = 1,33 \cdot 11,28 = 15 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{год}.$$

Отримані значення знаходяться в межах $I_a^{\min} < I_a$, $I_p < I_a^{\max}$. Згідно [27] приймаємо $I_a^{\min} = 3,9 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$, $I_a^{\max} = 20 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Загальну витрату повітря, що подається в аеротенк, визначаємо за середньою витратою стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{\text{пов}}^{\text{ср}} = q_{\text{нов}} \cdot Q_{\text{ср.год}} = 141 \cdot 532 = 7501 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Повітродувки підбираємо за каталогом, відповідно до загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

4.5 Розрахунок вторинних відстійників після аеротенка

Розраховуємо вторинні радіальні відстійники після аеротенка за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H_{\text{з.в.}}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\text{м}}^{\phi} \cdot a_a)^{0,5-0,01 \cdot a_t}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,4^{0,8}}{(0,1 \cdot 88 \cdot 3)^{0,5-0,01 \cdot 10}} = 1,3 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{год}$$

де $K_{\text{відст.}}$ – коефіцієнт використання об'єму відстійників, для радіальних приймаємо – 0,4 [15];

$H_{\text{з.в.}} = 3,4 \text{ м}$ – глибина зони відстоювання;

$J_{\text{м}}^{\phi} = 88 \text{ см}^3 / \text{г}$ – фактичне значення мулового індексу;

$a_a = 3 \text{ г} / \text{дм}^3$ – концентрація активного мулу в аеротенку;

$a_t = 10 \text{ мг} / \text{дм}^3$ – концентрація активного мулу у воді після відстоювання,

Загальна площа поверхні вторинних відстійників:

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{відст..} = \frac{Q_{max}}{q} = \frac{532}{1,3} = 409 \text{ м}^2,$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод, 532 м³/год.

Приймаємо не менше трьох вторинних радіальних відстійників, усі відстійники робочі. Розрахунковий об'єм збільшується в 1,2...1,3 рази при трьох відстійниках:

$$N = \frac{F_{відст..} \cdot 4 \cdot K}{\pi \cdot D^2} = \frac{409 \cdot 4 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 18^2} = 2,2 \text{ шт.}$$

Отже, обираємо 3 вторинних радіальних відстійники за ТП 902-2-87/76 з діаметром 18 м.

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Охорона праці

Згідно зі ст. 15 Закону «Про охорону праці» служба охорони праці обов'язково повинна бути створена на підприємстві з кількістю працівників більше 50 осіб відповідно до Типового положення про службу охорони праці. Також має бути розроблено Положення про службу охорони праці даного підприємства, визначено структуру такої служби, її чисельність, функції основні завдання, та права її працівників [29].

Роботодавець зобов'язується затвердити документи, які передбачені ст. 13 Закону «Про охорону праці». Ці документи встановлюють правила виконання роботи і поведінки працівника на робочому місці, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках та на території підприємства. На підставі положень законодавства з охорони праці, типових інструкцій та технологічної документації підприємства з урахуванням конкретних умов праці на ньому розробляють інструкції та документацію з охорони праці, керівниками структурних підрозділів [30].

Експлуатація обладнання на очисних станціях відбувається згідно з наказом державного комітету України по житлово-комунальному господарству №30 Про затвердження Правил технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України.

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Горбат В. В.			Охорона праці та довкілля		Літ.	Арк.	Аркушів	
Конс.								58	73	
							КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71			
Керівн.		Козар М. Ю.								
Затверд.										

Згідно зі ст. 29 КЗпП роботодавець зобов'язується перед початком роботи проінформувати нового працівника про умови праці, на його робочому місці. При прийнятті на роботу працівники повинні пройти вступний інструктаж на робочому місці. Також інструктаж має проводитись раз на квартал чи на півріччя (роботи підвищеної небезпеки) або позапланово при зміні роботи обладнання.

Згідно зі ст. 18 Закону «Про охорону праці» працівники, що працюють в умовах з підвищеної небезпеки, повинні щороку проходити навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Згідно зі ст. 169 КЗпП роботодавець зобов'язується організовувати при прийнятті на роботу медогляд працівників. Працівники що працюють в шкідливих або небезпечних умовах повинні проходити плановий медогляд.

Згідно зі ст. 164 КЗпП при роботі в шкідливих і небезпечних умовах праці або несприятливих температурних режимах має безкоштовно видаватися спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту.

Згідно зі ст. 22 Закону «Про охорону праці» роботодавець зобов'язується організувати розслідування та вести облік професійних захворювань, аварій, нещасних випадків у порядку, встановленому постановою КМУ від 30.11.2011 р. № 1232.

Щоб запобігти виникненню аварійних ситуацій та попередити нещасні випадки необхідно виконувати наступні заходи:

- Проводити перевірки стану охорони праці та промислової безпеки в структурних підрозділах службою охорони праці підприємства;
- Проводити інструктажі з питань охорони праці з працівникам щодо безпечного виконання роботи та експлуатації обладнання підвищеної небезпеки;
- посилити контроль за підготовкою та організацією безпечного проведення робіт підвищеної небезпеки, в тому числі ремонтних,

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

газонебезпечних, вогневих робіт, станом повітряного середовища, за технічним обслуговуванням тощо;

- забезпечити газоаналізаторами або лампами ЛБВК для перевірки повітряного середовища, наявності та справності вентиляційних систем і технологічного обладнання [29].

5.2 Охорона довкілля

Охорона довкілля на підприємстві регулюється вимогами Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23 травня 2017 року № 2059-VIII. Особливістю захисту навколишнього середовища на підприємстві є те, що потрібно вживати низку заходів для запобігання негативному впливу підприємства на навколишнє середовище, забезпечуючи тим самим сприятливі та безпечні умови праці. З метою захисту навколишнього середовища компанія вживає заходів щодо зниження рівня забруднення, що генерується на виробництві [31].

Усі норми та правила охорони навколишнього середовища та охорони праці повинні бути визначені та зафіксовані в конкретних документах. Екопаспорт містить загальну інформацію про компанію, використовувану сировину, опис плану виробничого процесу, план очищення стічних вод та скидання повітря, характеристики забруднюючих речовин після обробки; дані про тверді відходи та інші відходи, та відповідну інформацію, щоб забезпечити отримання найбільшої інформації про доступність у світі технології найкращих показників охорони природи.

Щоб запобігти шкідливому впливу на навколишнє середовище необхідно здійснювати такі заходи відповідно до закону України від 25.06.1991 № 1264-XII Про охорону навколишнього природного середовища:

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- видавати необхідні дозволи (дозвіл на викид небезпечних речовин, список викидів з фіксованим джерелом, список корпоративних промислових та побутових відходів, паспорт та реєстраційну картку для кожного виду відходів);
- контролювати кількість та склад забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, а також рівень викидів енергії (вібрація, шум, електромагнітне та теплове випромінювання) та проводити постійний облік;
- дотримуватись гігієни та гігієнічних норм, на які впливають відповідні норми;
- сплачувати штрафи за забруднення навколишнього середовища;
- організувати облік, збір та безпечне зберігання промислових відходів на спеціально відведених та обладнаних майданчиках;
- визначати склад та характер утворених відходів, а також ступінь їх шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людей;
- відповідно до угоди, передавати промислові відходи іншим компаніям та мінімізувати вивезення відходів у навколишнє середовище [32].

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ВИСНОВКИ

1. Наведено характеристику та етапи утворення стічних вод пивзаводу з'ясовано, що пивоварні стоки характеризуються високим значення БСК і ХСК.
2. Проаналізовано існуючі технології та вибрано анаеробно-аеробну технологію біологічного очищення стічних вод пивзаводу з UASB – реактором та аеротенком-витиснювачем.
3. Обчислено розрахункові витрати і необхідний ступінь очищення стічних вод заводу. За результатами розрахунків з'ясовано, що технологія дозволяє очистити стічні води до необхідних значень скиду у річку Тисмениця і доочищення не потрібне.
4. Розраховано та спроектовано основну очисну споруду, а саме двохкоридорний аеротенк-витиснювач з 2 секціями з робочою глибиною $H = 3,2$ м; шириною секцій $B = 4,5$ м; довжиною секції - 39,3 м за типовим проектом ТП 902-2-195 з дрібнобульбашковою системою аерації. Загальна витрата повітря становить $7501 \text{ м}^3/\text{год}$, а також прийнято 3 вторинних радіальних відстійники ТП 902-2-87/76 з діаметром 18 м.
5. Накреслено технологічну та апаратурну схеми анаеробно – аеробного біологічного очищення стічних вод заводу, а також креслення споруди – аеротенка - витиснювача.
6. Наведено заходи щодо охорони праці та навколишнього природного середовища при експлуатації споруд очищення стічних вод пивзаводу.

					ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Горбат В. В.			Висновки	Літ.	Арк.	Акресл.	
Конс.							62	73	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71			
Керівн.		Козар М. Ю.							
Затверд.									

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Microalgae Brewery Wastewater Treatment: Potentials, Benefits and the Challenges / [D. Amenorfenyo, X. Huang, Y. Zhang та ін.]. // Int J Environ Res Public Health. – 2019. – №16.
2. Гарбуз С. А. Технология производства пива / С. А. Гарбуз. // Наука, техника и образование. – 2014. – №6. – С. 14–17.
3. Characterization of Brewery Wastewater Composition / [M. Abimbola, J. Adeyemo, S. Kumari та ін.]. // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering. – 2015. – №9. – С. 1073–1076.
4. Савчук Л. В. Шляхи зменшення негативного впливу стічних вод пивзаводів на довкілля / Л. В. Савчук, О. Г. Курилець, Р. Р. Оленич. – 2019. – С. 95–99.
5. Передзимірська Л. М. Кавітаційне очищення природних і стічних вод від органічних та біологічних забруднень : дис. канд. техн. наук : 21.06.01 / Передзимірська Л. М. – Львів, 2015. – 200 с.
6. Brewery and Winery Wastewater Treatment: Some Focal Points of Design and Operation / [A. Brito, J. Peixoto, J. Oliveira та ін.] // Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry / [A. Brito, J. Peixoto, J. Oliveira та ін.], 2007. – С. 109–131.
7. Очистные сооружения пивоваренных заводов [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vo-da.ru/articles/ochistnye-sooruzeniya-pivzavodov/metodyi-ochistki>

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разроб.</i>		<i>Горбат В. В.</i>			<i>Список використаних джерел</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Конс.</i>							<i>Акрушів</i>
							<i>63</i>
							<i>73</i>
<i>Керівн.</i>		<i>Козар М. Ю.</i>				<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71</i>	
<i>Затверд.</i>							

8. Угляр Ю. М. Электрофлотокоагуляційне очищення стічних вод підприємства / Ю. М. Угляр, І. Д. Борщисин, У. В. Хром'як. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – №2. – С. 30–33.

9. Романовська, Л. А. Порівняння фізико-хімічних та біологічних методів очищення стічних вод / Л. А. Романовська, Л. А. Саблій // Екологічні біотехнології та біоенергетика : матеріали науково-практичного семінару присвяченого 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ, 14 грудня 2018 р.). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 78–83.

10. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2013. – 291 с.

11. Липунов И.Н. Основы химии и микробиологии природных и сточных вод / И.Н. Липунов. – Екатеринбург: УГЛТА, 1995. – 212 с.

12. Апостолюк С. О. Промислова екологія / С. О. Апостолюк, В. С. Джигирей, І. А. Соколовський. – Київ: «ЗНАННЯ», 2012. – 430 с.

13. Кузнецов А. Е. Анаэробно-аэробная технология очистки сточных вод для пивоваренных предприятий / А. Е. Кузнецов, А. В. Синицын. // Пиво и напитки. – 2005. – №5. – С. 18–21.

14. Воронов Ю. В. Биологическая очистка сточных вод пивоваренных заводов / Ю. В. Воронов, С. П. Берцун. // Безопасность строительных систем. Экологические проблемы в строительстве. Геоэкология. – 2014. – №3. – С. 205–211.

15. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод / А. В. Ковальчук - Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня». - 2002. - 622 с.

16. 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.

17. Пляцук Л. Д. Екологічна біотехнологія: принципи створення біотехнологічних виробництв : навчальний посібник / Л. Д. Пляцук, Є. Ю. Черниш. – Суми : Сумський державний університет. – 2018. – 293 с.

18. МИФТАХОВА Ю. А. АНАЭРОБНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПИВОВАРЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ / Ю. А. МИФТАХОВА, Н. А. ПЕТРОВА. // ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина». – 2011. – №2. – С. 179–182.

19. Луканин В. А. Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод: учеб. пособие / А.В. Луканин. – Москва: Университет машиностроения. – 2014. – С. 47-55.

20. Ручай С. Н, Маркевич. М. Р. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск : БГТУ, 2006. – С. 312.

21. Methanogens: biochemical background and biotechnological applications / F.Enzmann, F. Mayer, M. Rother, D. Holtmann. // AMB Express. – 2018. – №1. – С. 22.

22. Джумагулова Н. Т. ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА МИКРООРГАНИЗМОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ОЧИСТКУ СТОЧНЫХ ВОД / Н. Т. Джумагулова, И. Е. Гаврилов, Д. Д. Нгуен. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.. – 2019. – №9. – С. 195–203.

23. Гудков А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод: Учебное пособие. / А. Г. Гудков. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.

24. Липунов И.Н. Основы химии и микробиологии природных и сточных вод / И.Н. Липунов. – Екатеринбург: УГЛТА, 1995. -212 с.

25. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 № 465; Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами.

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

26. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» напряму підготовки 6.051401 - біотехнологія. Електронне видання. Уклад.: Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.–58с.

27. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування

28. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981.-639

29. Охорона праці на підприємстві: що потрібно знати? [Електронний ресурс] // Управління Держпраці України. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://te.dsp.gov.ua/ohorona-pratsi-na-pidpryyemstvi-shho-potribno-znaty/#>.

30. Документи з охорони праці [Електронний ресурс] // Служба охорони праці. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sop.com.ua/rubric/2>.

31. Постанова від 05.03.1998 № 188/98-ВР Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки

32. Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII Про охорону навколишнього природного середовища

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Позиція	Позна-чення, марка	Найменування	Кіль-кість	Маса, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6
ПЗ-1		Повітрозабірник, висота труби 6 м.	1		Збірний
Ф-2	ФЯР	Масляний фільтр Рекка для попереднього очищення газоподібних речовин з пропускною здатністю 10000 м ³ /год.	1		Збірний
К-3	900 -31 - 2	Компресор повітряний. Продуктивність 10000 м ³ /год. Тиск на виході 0,163 МПа. Потужність електродвигуна 3500кВт.	1		Збірний
Д-5 Д-11	ДК-35	Ваговий дозатор для сипких речовин.	2		Збірний
Д-6 Д-12 Д-30 Д-28	ДК-38	Об'ємний дозатор для та рідких речовин.	4		Нержавіюч асталь 14Х19Н11Т

					<i>ЕКБ.БЕ7103.ДП.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Додаток А</i>		
Розроб.	Горбат В. В.						
Конс.							
Керівн.	Козар М. Ю.						
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						67	73
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71</i>		

1	2	3	4	5	6
P-7 P-10	BEE	Реактор для приготування коагулянту або флокулянту, з турбінною мішалкою інтенсивністю обертів 240 об/хв. Об'єм 7 м ³ . Коефіцієнт заповнення 0,7.	2		Нержавіюча сталь 14X19H11T
P-4	EGE-24	Ректор змішувач для розчинення газ-хлору Обладнаний кільцевим барботером. Об'єм 5 м ³ . Коефіцієнт заповнення 0,7.	1		Нержавіюча сталь 14X19H11T
P-18	UASB	UASB-реактор. Збір газу в верхній частині реактора. Швидкість висхідного потоку 0,5-2 м/год. Діапазон ГПК 1000 - 50000 мг / л	1		Нержавіюча сталь 14X19H11T
Ко-13	GBS	Котельня для приготування пари	1		
P-14	PMY-2	Решітка продуктивністю 250-500 кг/год. Потужність електродвигуна 320 Вт.	1		Збірний

1	2	3	4	5	6
П-15	ТП 902-2-27	Пісковловлювач. Продуктивність 100 -5000 м ³ /добу.	1		Залізобетон
В-20	ТП 902-2-87/76	Радіальний відстійник. Діаметр 18 м, глибина 3,4, об'єм зони відстоювання 788 м ³	5		Залізобетон
АВ-19	ТП 902-2-195	Двохкоридорний двохсекційний аеротенк-витиснювач з робочою глибиною Н = 3,2 м; шириною секцій В = 4,5 довжиною секції - 39,3 м з дрібнобульбашковою системою аерації. Загальна витрата повітря становить 7501 м ³ /год.	1		Залізобетон
З-22	MS-16	Динамічний змішувач. Робочий діапазон тиску 0-250 бар, максимальний тиск 300 бар, електроживлення, напруга/частота – 220 В/50Гц.	1		

1	2	3	4	5	6
КР-23	ТП 902-3-21	Контактний резервуар, пропускною здатністю 10000 м3/добу.	1		Нержавіюча сталь 14Х19Н11Т
АС-24	ТП 902-3-058.87	Аеробний стабілізатор для обробки НАМ, кількість відділень - 2, довжина зони аерації 30 м .	1		Нержавіюча сталь 14Х19Н11Т
КД-25	RSD-2	Реактор для дегельмінтизації осаду. Підігрів змішувиком. Об'єм 2000м ³ .	1		Збірний
ПО-26	RST-2	Камера для промивки осаду з висхідним потоком води. Об'єм 2000 м ³	1		Збірний
Му-27	МЗГІ	Мулоущільнювач вертикального типу для згущення осаду. Діаметр 4 м.	1		Нержавіюча сталь 14Х19Н11Т
ВФ-33	БШУ-40-3-10	Барабанний вакуум фільтр з ножовим зніманням осаду. Площа фільтрувальної поверхні 50 м ² . Продуктивність 510 м3/год.	1		Нержавіюча сталь AISI 304

1	2	3	4	5	6
Г-33	VPS	Газгольдер - сосуд для автономної газифікації Робочий тиск, 1,48 МПа. Робоча температура середовища - 40, +40 С	1		Покриття епоксидне полімерне покриття згідно з ГОСТ 9.602-2005
АМ-37		Аварійний муловий майданчик.	1		Збірний
ПМ-35		Пісковий майданчик.	1		Збірний
Н-8 Н-9 Н-17 Н-21 Н-32 Н-34 Н-36 Н-38	СМ 200 - 45 - 100/56	Насос для транспортування рідини, відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу.	8		Збірний
КП-2.1 КП-2.2 КП-3 КП-4.1 КП-13.1 КП-33.1	«Сафір М» мод. 5464	Манометр МТТ-10. Верхня межа вимірювання $\Delta P_{max} = 0,63$ МПа; робоча температура -5...80°C; клас точності 0,25; похибка $\pm 0,5\%$.	6	4,4 кг	Неірж. сталь 12Х18Н10Т

1	2	3	4	5	6
КП-14.3 КП-16.3	ЕТО-С-02	Витратомір ЕТО-С-02 коріюлісового типу для вимірювання витрат розчинів. Робоча температура -50...350°C, робочий тиск середовища 0...10 МПа, габаритні розміри 320x357x95 мм, споживана потужність до 7 Вт.	1		
КП-13.2 КП-14.1 КП-18.1 КП-24.1 КП-25 КП-26	ТКП-160СТ-М2	Термометр манометричний, конденсаційний. Межі вимірювань 0...120°C. Клас точності 1.5.	6		Збірний
КП-14.2 КП-16.2 КП-18.3 КП-22.2	рН-101П	рН-метр. Складається з датчика рН і двох функціональних блоків – блоку вхідних сигналів (БВС) і блоку управління і вихідних сигналів (БУВС). Діапазон вимірювання рН 0...14; діапазон робочих температур 0...120°C; похибка $\pm 0,01$.	4		

1	2	3	4	5	6
КП-4.2 КП-7 КП-10 КП-15 КП-16.1 КП-18.2 КП-19.3 КП-22.3 КП-33.2	DIMF-2.0 TVS	Вимірювач концентрацій DIMF-2.0 TVS. Межа вимірювання 0 – 3 г/дм ³ .	9		
КП-24.2 КП-27 КП-39 КП-31	SONO- VARIO	SONO-VARIO універсальний датчик для вимірювання вологості	4		Сталь V2A. 4301
КП-23		Вимірювання колі-індекса			ДСТУ ISO 9308-3-2001
КП-18.4 КП-18.5 КП-18.6 КП-19.1 КП-19.2 КП-20.1 КП-20.2 КП-20.3 КП-22.1		Вимірювання показників ЗР, БСК _{повн} , ХСК	9		За методикою КНД 211.14.024- 95