

**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: «Біологічне очищення стічних вод Андрушівського
маслосирзаводу Житомирської області з використанням анаеробного
та аеробного процесів»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи БЕ-71

Романюк Анастасія Вікторівна _____

Керівник:

проф., д.т.н.

Саблій Лариса Андріївна _____

Рецензент:

доц. кафедри промислової біотехнології, к.б.н., доц.

Орябінська Лариса Борисівна _____

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

Студентка _____

Київ – 2021 року

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

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра 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

Романюк Анастасії Вікторівні

1. Тема проєкту «Біологічне очищення стічних вод Андрушівського маслосирзаводу Житомирської області з використанням анаеробного та аеробного процесів»

керівник проєкту Саблій Лариса Андріївна, д.т.н., професор,

затверджені наказом по університету від,

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту: розрахункова витрата стічних вод 35000 м³/добу; середньорічна температура СВ, що надходять на очисні споруди 21 °С. Характеристика річки, в яку скидаються стічні води: розрахункова витрата 95% забезпеченості 18 м³/с; швидкість течії при розрахунковій витраті 1,8 м/с; середня глибина річки 3,0 м; коефіцієнт звивистості 1,8; вид водокористування: комунально – побутове; відстань по фарватеру річки до найближчого пункту водокористування – 2,0 км; концентрація кисню в воді влітку 7,5 мг/дм³; температура води влітку 17 °С; концентрація завислих речовин 20 мг/ дм³; БПК_{повн} 4,0 мг/ дм³.

4. Зміст пояснювальної записки: Перелік скорочень; Вступ; Розділ 1. Характеристика сировини, біологічного агента, обґрунтування технології

біологічного очищення стічних вод андрушівського маслосирзаводу житомирської області; 1.1. Характеристика стічних вод маслосирзаводу; 1.2. Обґрунтування вибору технології біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу; 1.3. Аналіз технологій очищення стічних вод маслосирзаводів; 1.4. Вибір технології очищення стічних вод маслосирзаводу; 1.5. Характеристика біологічних агентів – активного мулу та гранульованого анаеробного мулу; 1.5.1. Активний мул; 1.5.2. Гранульований анаеробний мул; Розділ 2. Біохімічні основи технологічного процесу біологічного очищення стічних вод з використанням анаеробного та аеробного процесів; 2.1. Біохімічні процеси при анаеробній очистці стічних вод; 2.2. Біохімічні процеси при аеробній очистці стічних вод; 2.3. Характеристика очищеної стічної води; Розділ 3. Технологічна схема біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу; 3.1. Сировина та матеріали технологічної схеми біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу; 3.2. Опис технологічної схеми біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу з використанням анаеробного і аеробного процесів; 3.3. Контроль процесів біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу; 3.4. Матеріальний баланс очищення стічних вод маслосирзаводу; Розділ 4. Розрахунки, вибір та характеристика обладнання; 4.1. Розрахункові витрати стічних вод маслосирзаводу; 4.2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод маслосирзаводу; 4.3. Вибір анаеробного біореактора та його характеристика; 4.4 Розрахунок аеротенка; 4.5. Розрахунок вторинних відстійників; Розділ 5. Безпека праці та охорона навколишнього середовища на очисній станції для біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу; 5.1. Безпека праці; 5.2. Охорона навколишнього середовища; Висновки; Список використаної літератури; Додаток А.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема (А1), апаратурна схема (А1), аеротенк-витиснювач (А1).

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічна частина дипломного проекту			

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	01.05.2021	
2	Розділ 1	10.05.2021	
3	Розділ 2	15.05.2021	
4	Розділ 3	20.05.2021	
5	Розділ 4	25.05.2021	
6	Розділ 5	30.05.2021	
7	Висновки	30.05.2021	
8	Креслення А1	30.05.2021	

Студент

_____ Анастасія РОМАНЮК
(підпис)

Керівник проекту

_____ Лариса САБЛІЙ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт містить: 86 сторінок, 9 рисунків, 7 таблиць, 3 аркуші креслень А1, 28 використаних джерел та додатку.

Стічні води маслосирзаводу відносяться до категорії висококонцентрованих за органічними забруднювачами, тому виникає завдання у виборі та обґрунтуванні ефективної технології очистки стічних вод Андрушівського маслосирзаводу.

У роботі наведена характеристика складу стічних вод маслосирзаводу, обґрунтовано вибір біологічної очистки стічних вод з використанням анаеробного та аеробного процесів, розглянуті біохімічні процеси з використанням біологічних агентів – активного та гранульованого мулу.

Представлений матеріальний баланс та контроль процесу очищення стічних вод маслосирзаводу, а також розрахунки гранично-допустимих концентрацій забруднювачів та основних очисних споруд – аеротенка та вторинного відстійника. На основі прийнятої технології виконані креслення апаратурної та технологічної схем і аеротенка-витиснювача. Приведені заходи щодо безпеки праці на очисній станції та охорони довкілля.

Ключові слова: стічна вода, біологічна очистка, маслосирзавод, органічні забруднюючі речовини, гранульований анаеробний мул, UASB-реактор, аеротенк-витиснювач.

ABSTRACT

The diploma project contains: 86 pages, 9 figures, 7 tables, 3 sheets of drawings A1, 28 used sources and an appendix.

The wastewater of the dairy plant belongs to the category of highly concentrated organic pollutants, so there is a problem in the selection and justification of effective wastewater treatment technology of Andrushivskiy Dairy Plant.

The paper characterizes the composition of wastewater from the dairy plant, substantiates the choice of biological wastewater treatment using anaerobic and aerobic processes, considers biochemical processes using biological agents – activated and granular sludge.

The material balance and control of the wastewater treatment process of the dairy plant are presented, as well as the calculations of the maximum permissible concentrations of pollutants and the main treatment facilities – aeration tank and secondary settling tank. On the basis of the accepted technology drawings of the hardware and technological schemes and the aeration tank-displacer are executed. Measures on occupational safety at the treatment plant and environmental protection are given.

Key words: wastewater, biological treatment, dairy plant, organic pollutants, granular anaerobic sludge, UASB-reactor, aeration tank-displacer.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД АНДРУШІВСЬКОГО МАСЛОСИРЗВОДУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ	12
1.1. Характеристика стічних вод маслосирзаводу.....	12
1.2. Обґрунтування вибору технології біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу	19
1.3. Аналіз технологій очищення стічних вод маслосирзаводів	23
1.4. Вибір технології очищення стічних вод маслосирзаводу	30
1.5. Характеристика біологічних агентів – активного мулу та гранульованого анаеробного мулу.....	32
1.5.1. Активний мул	32
1.5.2. Гранульований анаеробний мул	35
РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЕРОБНОГО ТА АЕРОБНОГО ПРОЦЕСІВ.....	37
2.1. Біохімічні процеси при анаеробній очистці стічних вод	37
2.2. Біохімічні процеси при аеробній очистці стічних вод	42
2.3. Характеристика очищеної стічної води	44
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МАСЛОСИРЗАВОДУ	45
3.1. Сировина та матеріали технологічної схеми біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу	45

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>	<i>Романюк А.В.</i>				<i>Зміст</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Конс.</i>									7	86
<i>Керівн.</i>	<i>Саблії Л.А.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>					
<i>Затверд.</i>										

3.2. Опис технологічної схеми біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу з використанням анаеробного і аеробного процесів	47
3.3. Контроль процесів біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу	54
3.4. Матеріальний баланс очищення стічних вод маслосирзаводу	59
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ, ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	60
4.1. Розрахункові витрати стічних вод маслосирзаводу	60
4.2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод маслосирзаводу	61
4.3. Вибір анаеробного біореактора та його характеристика	64
4.4. Розрахунок аеротенка	66
4.5. Розрахунок вторинних відстійників	71
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОЧИСНІЙ СТАНЦІЇ ДЛЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МАСЛОСИРЗАВОДУ	72
5.1. Безпека праці	72
5.2. Охорона навколишнього середовища	76
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
ДОДАТОК А	82

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ТОВ — товариство з обмеженою відповідальністю.

СВ — стічні води.

ЗР — завислі речовини.

ПАР — поверхнево-активні речовини.

БСК — біологічне споживання кисню.

БСК_{повн} — повне біологічне споживання кисню.

ХСК — хімічне споживання кисню.

АМ — активний мул.

РАМ — рециркуляційний активний мул.

ГДС — гранично допустимий скид.

ПАА — поліакриламід.

ПЕУ — правила улаштування електроустановок.

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>			
<i>З.м.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.В.</i>			<i>Перелік скорочень</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Канс.</i>							9	86
<i>Керіdn.</i>		<i>Садлії Л.А.</i>			<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>			
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

Велике значення в забрудненні гідросфери мають підприємства переробної промисловості, зокрема харчової. Всі без винятку виробництва продуктів харчування потребують високого рівня споживання води. Тому утворюється велика кількість стічних вод, які є висококонцентрованими за органічними забрудненнями – продуктами переробки рослинної і тваринної сировини. Молочна промисловість в даному аспекті займає одне з провідних місць.

Підприємства, що переробляють продукцію сільського господарства, як правило, мають примітивні системи очистки стічних вод, а в багатьох випадках взагалі їх відсутність. Через що відбувається неконтрольований скид забруднених стоків у навколишнє середовище. З розвитком високоефективних та економних технологій, які використовуються на молокопереробних підприємствах, кількість води, яка споживається у виробничому циклі, зменшується. Тому концентрація забруднювальних речовин та кількість висококонцентрованих стічних вод збільшується. У зв'язку з цим питання організації ефективної очистки стічних вод молокопереробної промисловості стає досить актуальним.

Забруднення виробничих стічних вод підприємств молочної промисловості складаються з втрат молока і молочної продукції, відходів виробництва, реагентів, застосовуваних при мийці тари, устаткування, підлог і панелей приміщень. Стічні води маслосирзаводу містять високі концентрації органічних забруднень (жири, білки, лактоза), а також неорганічні сполуки і миючі речовини.

З 1990 року стічні води ТОВ „Андрушівський маслосирзавод” приймаються на очисні споруди повної біологічної очистки Андрушівського

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.В.</i>			<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрюшів</i>
<i>Канс.</i>							10	86
<i>Керівн.</i>		<i>Саблії Л.А.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>		
<i>Затверд.</i>								

спиртового заводу. Проектом передбачалось попереднє очищення їх на очисних спорудах маслосирзаводу. Однак на теперішній час ці споруди не можуть забезпечити задовільну якість очищення, що призводить до неякісної роботи очисних споруд спиртового заводу.

Метою дипломного проекту є обґрунтування та вибір ефективної технології біологічної очистки стічних вод Андрушівського маслосирзаводу та проектування очисних споруд з використанням анаеробного і аеробного процесів.

Завдання, які необхідно вирішити для виконання поставленої мети:

– провести аналіз літературних джерел щодо технологій біологічного очищення стічних вод молокопереробних підприємств та навести характеристику складу стічних вод маслосирзаводу;

– описати відомі технології очистки стічних вод маслосирзаводу та обґрунтувати вибір найбільш ефективної технології очищення стічних вод заводу до вимог їх скиду у річку Гуйва;

– дати характеристику активного та гранульованого анаеробного мулу і очищеної води;

– розглянути основні біохімічні процеси, які відбуваються в анаеробних та аеробних умовах біологічного очищення стічних вод;

– виконати розрахунок показників стічних вод маслосирзаводу та гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин перед скидом у річку Гуйва;

– розрахувати очисні споруди за обраною технологією очистки стічних вод маслосирзаводу;

– навести основні заходи з охорони праці і захисту довкілля під час виконання технологічного процесу;

– розробити та виконати креслення технологічної та апаратурної схеми за прийнятою технологією очищення стічних вод маслосирзаводу та аеротенка на А1.

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД АНДРУШІВСЬКОГО МАСЛОСИРЗВОДУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Характеристика стічних вод маслосирзаводу

Молочна промисловість включає підприємства: молокоприймальні пункти, молочні сепараторні відділення, пристанційні і пришосейні молочні заводи, маслоробні заводи, сироварні заводи, міські молочні заводи згущеного і сухого молока. На всіх зазначених підприємствах основною сировиною є незбиране молоко.

Прийом і охолодження молока відбувається на молокоприймальних пунктах. Охоложене молоко направляється для переробки на молочні заводи. Сепарація прийнятого молока відбувається на сепараторних відділеннях. Отримані вершки від сепарації охолоджуються і направляються на маслоробні і сироварні заводи для переробки; знежирене молоко пастеризується і охолоджується; потім йде на приготування знежиреного сиру.

На маслосирзаводах молоко сепарується; отримані від сепараторів і привізні вершки нормалізуються, пастеризуються, охолоджуються і переробляються в вершкове масло та сир. Сироватка, що виходить при виробленні сиру, переробляється в молочний цукор [1].

Кількість стічних вод залежить від профілю виробництва, наявності оборотних систем водопостачання і становить від 1,0 до 6,0 дм³ на 1 дм³ переробленого молока. Витрата стічних вод, що скидаються підприємствами, становить 80-85% від витрати споживаної свіжої води.

Основні типи стічних вод маслосирзаводів:

– промислові виробничі стічні води. Містять велику кількість органічних

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>			
<i>З.м.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.В.</i>			<i>Характеристика сировини, біологічного агенту, обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод Андрушівського маслосирзаводу Житомирської області</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Канс.</i>							12	86
<i>Керівн.</i>		<i>Садлії Л.А.</i>			<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>			
<i>Затверд.</i>								

речовин, таких як білки, жири, і неорганічних сполук.

– технічні виробничі стічні води. Містять в собі конденсат від вакуум-випарних апаратів, перші змивні води та ін. Період скидання у таких вод - непостійний.

– господарсько-побутові стічні води. Являють собою воду від допоміжних приміщень, а також столових і санвузлів. Складають приблизно 10% від загальної кількості стічних вод [2].

Виробничі стічні води забруднені головним чином втратами і відходами молока і молочних продуктів (органічні забруднення) та мінеральними речовинами у вигляді частинок піску і глини, що змивається, з робочих поверхонь обладнання і приміщень. Також у стічних водах маслосирзаводів завжди містяться такі складові молока, як органічні кислоти, вітаміни та ферменти. Крім того, сполуки азоту, фосфору, солі калію, марганцю, вітаміни А, С, Д, В, В₂ та ферменти [3]. Склад даних стічних вод та концентрації основних забруднень наведений у табл. 1.1.1.

Таблиця 1.1.1 – Концентрація забруднюючих речовин в стічних водах маслосирзаводів [3]

Показники	Значення показників
Завислі речовини, мг/дм ³	300-400
БСКповн, мг/дм ³	2400
ХСК, мг/дм ³	3000
Жири, мг/дм ³	до 100
Нітроген загальний, мг/дм ³	60
Нітроген амонійний, мг/дм ³	60-90
Хлориди, мг/дм ³	150-200
Азот загальний, мг/дм ³	60-90
Фосфор (в перерахунку на P ₂ O ₅), мг/дм ³	8-16
pH	4,5-6,2

Виробництво масла та сиру відносять до періодичних технологічних процесів. З огляду на цей факт, а також особливості експлуатації устаткування, можна пояснити нерівномірність за кількісним і якісним складом стоків молочних виробництв. Тільки від однієї періодичної мийки обладнання вміст забруднюючих речовин в стоках може зростати до чотирьох разів у порівнянні з середніми показниками. Для молокопереробних підприємств характерна нерівномірність відведення стічних вод: для маслозаводів – 1,9-2,0, для виробництва казеїну – 2,1.

Свіжі виробничі стоки молокопереробних підприємств мають білий або жовтуватий колір. Температура стічних вод підприємств молочної промисловості коливається від 16 до 33 °С. Висока температура стоку обумовлена використанням гарячої води для миття обладнання та прибирання приміщень. Середньомісячна температура стічних вод, що скидаються маслосирзаводами становить взимку 17-18 °С, влітку – 22-25 °С.

Величина рН стічних вод в значній мірі визначається технологією виробництва та асортиментом продукції, що випускається. Для виробництв, не пов'язаних з процесами молочнокислого бродіння (маслоробні цехи), рН стоку близький до нейтрального (6,8-7,4).

Стічні води казеїнового виробництва мають низькі рН – 4,7-4,95, так як технологія їх виробництва пов'язана з утворенням побічного продукту – молочної сироватки. Наприклад, сирна молочна сироватка утворюється в результаті технологічного процесу виробництва сиру кислотним способом, який ґрунтується на сквашуванні молока молочнокислими мікроорганізмами і вимагає проведення послідовного ряду певних технологічних етапів, представлених на рис. 1.1.1. При надходженні таких стічних вод спостерігається загибель активного мулу в аеротенках, порушення режиму аеробного процесу, який потрібно відновлювати з новим мулом [4].

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14



Рисунок 1.1.1 – Етапи виробництва творогу кислотним способом [4]

Коливання рН часто викликаються скиданням в каналізацію різних видів миючих реагентів, що застосовують при митті обладнання. При використанні миючих засобів на основі органічних кислот відбувається швидкий гідроліз органічних речовин з молока і молочних продуктів, через що показник рН стічних вод знижується до 2,0-3,0. Різке короткочасне підвищення рН загального стоку до 10-10,5 може бути пояснено залповим скиданням лужних миючих розчинів, які в основному застосовують на молочних заводах.

Тривале перебування стічних вод в анаеробних умовах (в каналізаційній мережі, відстійниках) обумовлює загнивання і закисання рідини в результаті молочнокислого бродіння, що призводить до осадження казеїну та інших протеїнових речовин, рН стічних вод при цьому знижується до 4,5.

Завислі речовини стічних вод молочних заводів представлені частинками твердих продуктів переробки молока (шматочки сиру, молочні плівки, сирне зерно та ін.) та іншими домішками (грунт, пісок), що потрапляють в каналізацію при митті технологічного обладнання, тари, приміщень. Основна частина суспензій (до 90%) є органічними речовинами, як правило, білкового походження. Концентрація завислих речовин коливається в широких межах в

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

залежності від технологічного циклу виробництва (до 2900 мг/дм³) та змінюється по годинах доби; найбільша кількість суспензії надходить в початковий період мийки обладнання [5].

Однією з найбільш важливих проблем при очищенні стічних вод маслосирзаводів є наявність в них жирів. Жири молока являють собою дрібні кульки, оточені гідратованою білковою оболонкою, які вкрай повільно спливають при відстоюванні стічних вод. При виробництві високожирної продукції (вершків, масла) з молока витягуються великі кульки жиру, відбувається їх злипання і укрупнення, а також руйнування білкової оболонки. Тому жирові домішки, що містяться в стічних водах таких виробництв, істотно відрізняються за видом і концентрацією від подібних забруднень стічних вод інших молокопереробних заводів.

Виділення жирових домішок з стічних вод від виробництва високожирної продукції (вершкового масла), наприклад шляхом відстоювання рідини, відбувається значно швидше і ефективніше, ніж з стічних вод інших виробництв. Жири, що присутні в стоках у вигляді частинок колоїдних розчинів, являють собою дрібні крапельки рідини, що мають практично таку ж щільність, як і водне середовище. Їх наявність суттєво збільшує значення показників ХСК і БСК [5].

Наявність жирів призводить до порушення процесу біологічного очищення, оскільки при розкладанні жирів утворюються жирні кислоти і змінюється реакція середовища до рН 4,5-5. В результаті в активному мулі розвиваються переважно нитчасті форми бактерій, значно збільшується муловий індекс і посилюється винос мулу з відстійників. Концентрація жирів і жироподібних речовин в стічних водах заводів і цехів, спеціалізованих на випуску високожирної продукції, становить 200-400 мг/дм³.

Стічні води підприємств молочної промисловості характеризуються високою концентрацією органічних речовин, що знаходяться в основному в розчиненому і колоїдному стані. На маслосирзаводах найвищі (у порівнянні з

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

іншими харчовими галузями) значення БСК. Вони складають від 1200 до 2400 мг/дм³.

Значення ХСК стічних вод також коливаються в широких межах, найбільші для казеїнового виробництва, сироробних заводів та маслозаводів – 3000 мг/дм³ [3]. Аварійні скиди продукту в мережу водовідведення ще більше збільшують ХСК стоків – до 10000 мг/дм³.

Присутність у стічних водах сульфатів, хлоридів, сполук фосфору та азоту пояснюється досить великим їх вмістом у молоці, а для казеїнового виробництва, також застосуванням у промивних процесах миючих засобів (фосфати, хлориди).

У стічних водах молокопереробних заводів азот міститься в основному у вигляді аміногруп білкових сполук. У невеликих кількостях в стоки потрапляє також азот амонійних солей з аміачних компресорів. Вміст загального азоту в стічних водах маслоробних заводів становить 50-60 мг/дм³, або 4,2-6% від БСК_{повн.}, сироробних заводів – 90 мг/дм³, або 3,7% від БСК_{повн.}. Концентрація фосфору дорівнює 0,6-0,7% від БСК_{повн.} [4].

Концентрації солей азоту і фосфору є достатніми для нормального протікання процесу біологічної очистки стічних вод підприємств молочної промисловості і розмноження бактерій, які беруть участь в окисненні забруднень цих стоків.

Наявність хлоридів в стічних водах молочних заводів обумовлено застосуванням у виробництві кухонної солі, попаданням в каналізацію розсолів, присутністю хлоридів у свіжій воді, молоці, миючих розчинах. Концентрація хлоридів у стічних водах молочних заводів досягає 800-1000 мг/дм³ і становить в середньому 150-200 мг/дм³.

Внаслідок коливань витрат стічних вод, а також в залежності від типу встановленого обладнання, прогресивності технологічних процесів і умов експлуатації концентрація забруднень в стічних водах змінюється у великих межах на різних заводах навіть того ж профілю.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

На всіх молочних підприємствах, як правило, передбачається влаштування двох самостійних мереж каналізації: для виробничих забруднених і побутових стоків та для незабруднених і зливових стічних вод.

Незабруднені стічні води від холодильної, вакуум-випарної і паросилової установок слід використовувати в циркуляційній системі водопостачання. Незабруднені води від охолоджувачів молока слід повторно використовувати для виробничих та господарських потреб (прибирання приміщень, миття території, обмивання автомашин, гаряче водопостачання). Доведення втрат виробництва і кількості стічних вод до можливого мінімуму, а також максимальне використання всіх відходів виробництва має дуже велике значення в молокопереробній промисловості [1].

З наведеної характеристики якісного складу виробничих стічних вод молочної галузі видно, що стічні води є висококонцентрованими в основному за органічними забрудненнями і жирами. Попадання таких стічних вод в технологічний ланцюжок біологічного блоку очисних споруд призводить до негативних наслідків. Залпові скиди стоків призводять до зміни якісного та кількісного складу активного мулу (зокрема, до зростання популяції вкрай небажаних нитчастих бактерій), а також до порушення роботи вторинних відстійників через погіршення седиментаційних властивостей активного мулу [4].

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

1.2. Обґрунтування вибору технології біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу

За вимогами до якості очищення стічних вод і їх місця скидання, підприємства з переробки молока можна розділити на дві групи:

- підприємства, що здійснюють скид очищених стічних вод в міську систему водовідведення;
- підприємства, що здійснюють скид очищених стічних вод у природну водойму.

У зв'язку з цим застосовуються різні технологічні рішення очищення: локальна очистка для першої групи і повний цикл очищення – для другої.

Як правило, стічні води підприємств молочної промисловості після локальної очистки скидаються в каналізаційну мережу населеного пункту. Однак при відсутності такої можливості або економічної недоцільності подачі промислових стоків на міські очисні споруди виникає необхідність в будівництві власних очисних споруд [6].

Андрушівський маслосирзавод розміщений у невеликому населеному пункті без будь-яких міських очисних споруд (крім наявних очисних станцій на певних підприємствах), тому необхідна глибока очистка стічних вод з наступним скиданням у природну водойму – річку Гуйва.

Порівняльна характеристика методів очищення стічних вод представлена в таблиці 1.2.1 [7].

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

Таблиця 1.2.1 – Аналіз методів очистки СВ

Вид, назва	Характеристика	Недоліки
Механічні методи		
Механічні методи	Засновані на процесах проціджування, відстоювання і фільтрування. Проціджування ведуть через решітки або сита. Для відстоювання використовують пісколовки або відстійники різних конструкцій. Фільтрування здійснюють з використанням апаратів періодичної і безперервної дії.	Нерівномірність надходження стоків (для усунення використовують резервуари-усреднювачі). Необхідність доочистки.
Нано- та ультрафільтрація	Дозволяють затримувати тонкодисперсні і колоїдні домішки, макромолекули, одноклітинні мікроорганізми, цисти, бактерії і віруси.	Дороге обладнання та матеріали.
Фізико-хімічні методи		
Флотація	Заснована на видаленні завислих або колоїдних частинок з рідини в результаті їх прилипання до бульбашок диспергованого повітря, або того, що утворюється в цій рідині. Частинки, які прикріпилися до бульбашок спливають на поверхню, утворюючи шар піни, в якому сконцентровані забруднюючі речовини. Піна видаляється з поверхні рідини, що очищається різними пристроями.	Утворення великої кількості легкозагниваючих осадів, що вимагають стабілізації і зневоднення. Застосування для молочної промисловості доцільно тільки при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.
Імпелерна, пневматична флотація	Здійснюється за допомогою імпелерного типу машин, що представляють собою резервуар, в нижній частині якого розташована турбіна – імпелер, поєднана приводом з електродвигуном, що знаходиться над флотаційною машиною. При пневматичній флотації в рідину вводять під напором повітря з диспергуванням його пористими матеріалами. Забезпечують ефективність очищення вод, що містять жир до 90-95%, завислі речовини – 90-96%.	Утворення повітряних бульбашок великих розмірів, що погіршують якість очищення.
Напірна флотація	Полягає в насиченні стічної води газом (повітрям) під надлишковим тиском з наступним зниженням тиску до атмосферного.	Ефективність очищення жировмісних стічних вод не перевищує 50-60%.

Арк.

ЕКБ.БЕ7116.ДП

20

Зм. Арк. № докум. Підпис Дат

Продовження таблиці 1.2.1

Вид, назва	Характеристика	Недоліки
Коагуляція	Реагентна обробка коагулянтами, яка веде до агрегації колоїдних частинок з їх подальшим відстоюванням. Ефективність вилучення жиру при цьому підвищується до 90%. Як коагулянти використовуються сірчаноокислий алюміній, сірчаноокисле і хлорне залізо.	Значні експлуатаційні витрати і витрати дорогих реагентів, збільшення капітальних витрат на будівництво, складність дозування реагентів, утворення великої кількості осаду високої вологості, труднощі зневоднення осаду.
Електрофлотація	Виділення з рідини зважених часток шляхом їх флотації газовими бульбашками, які отримуються при електролізі води. Перевага полягає в генерації газових бульбашок розміром 10-200 мкм, причому на частку бульбашок розміром 25-40 мкм припадає понад 50%. Поверхня бульбашок малого розміру має велику вільну поверхневу енергію, що підвищує ефект очищення.	Не забезпечують ефективного зниження підвищених концентрацій сполук азоту, розчинених органічних домішок; для зливу в природні водойми потрібне доочищення біологічними методами.
Електрокоагуляція	Заснована на електролітичному розчиненні металевих електродів з утворенням нерозчинних гідроксидів металу, які мають підвищену адсорбційну активність до колоїдних і зважених часток, включаючи радіонукліди. В результаті приблизно в 10 разів зменшується кількість осаду.	При очищенні стічної води відбувається утворення хлоридів, що вимагає включення в схему очищення вузла дехлорування обробленої стічної води.
Біологічні методи		
Аеробні	Здійснюються при забезпеченні водних біоценозів киснем. Кисень використовується для окиснення забруднень з отриманням мінеральних сполук і біомаси.	Досить тривалий час обробки і значний приріст надлишкового активного мулу.
Анаеробні	При використанні не потрібна аерація води киснем, кількість надлишкового мулу незначна. Органічні речовини в процесі очищення на анаеробних очисних спорудах в повному обсязі перетворюються на біогаз. Менша частина утворює біомасу – від 5 до 15% від загальної кількості забруднень. Вихід біогазу становить 0,5 м ³ метану на 1 кг органічних забруднень	При малому вмісті органічних речовин в стічних водах не відбувається повного окиснення.

На підставі даних таблиці 1.2.1 можна зробити висновок, що найбільш економічно ефективними та екологічно прийнятними для очищення висококонцентрованих стічних вод молочної промисловості можна вважати біологічні методи, особливо анаеробний, або комбіновані методи очищення.

Для маслосирзаводу характерні не тільки значні коливання витрати стічної води, а й високі концентрації органічних забруднюючих речовин. Усе це ускладнює очищення стічних вод на традиційних біологічних очисних спорудах та вимагає розробки принципово нових технологічних схем. Для вирішення цієї проблеми пропонується використовувати в основному біологічні методи очищення, оскільки відношення БСК₅/ХСК стічних вод молокопереробних заводів становить 0,63, співвідношення БСК:N:P=100:5:0,9, і свідчить про те, що майже всі речовини органічного походження можуть бути перетворені живими організмами метаболічно [8].

При особливо жорстких вимогах до якості очищених стічних вод, особливо при їх скиданні в поверхневі водойми, ефективним є поєднання анаеробного і аеробного біологічного очищення.

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.3. Аналіз технологій очищення стічних вод маслосирзаводів

Стічні води молочних підприємств очищують за допомогою фізико-хімічних і біологічних методів. Однак, через високі витрати на реагенти і недосить ефективне зниження ХСК при більшості фізико-хімічних процесів, як правило, краще використовувати біологічні методи, або комбіновані методи очищення.

Схема технології очищення рідких відходів маслосирзаводу, яка зображена на рис. 1.3.1, починається з локальної обробки стічних вод, після чого їх дозують в усереднювач, де перемішують з низькоконцентрованими стічними водами. Усереднювач забезпечує вирівнювання коливань витрати і концентрації забруднювальних речовин рідких відходів. Далі стічні води подають у змішувач, куди дозують реагенти. Забруднювальні речовини відокремлюють у відстійнику, де ХСК та БСК_{повн} зменшуються приблизно на 50%, а концентрація завислих речовин – на 70-80 %. Після цього передбачене двоступеневе очищення в аеробних умовах. Активний мул містить усі види мікроорганізмів, необхідних для мінералізування забруднювальних речовин. Доочищення стічних вод від залишкових концентрацій органічних сполук, а також фінішне фільтрування виконують на напірних фільтрах [9].

Для очищення застосовуються методи коагулювання, флокулювання, електролізу та окиснювання (з використанням природних матеріалів, які містять кальцій). Поєднання таких технологій дозволило значно знизити солевміст очищеної води порівняно зі звичайною реагентною обробкою, мінімізувати витрати реагентів та досягти ефективності очищення 85-90 % за ХСК.

Проте дана технологія є досить дороговартісною, оскільки потрібні великі затрати на реагенти, незважаючи на застосування природних матеріалів; складність їх дозування та утворення великої кількості вологого осаду.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

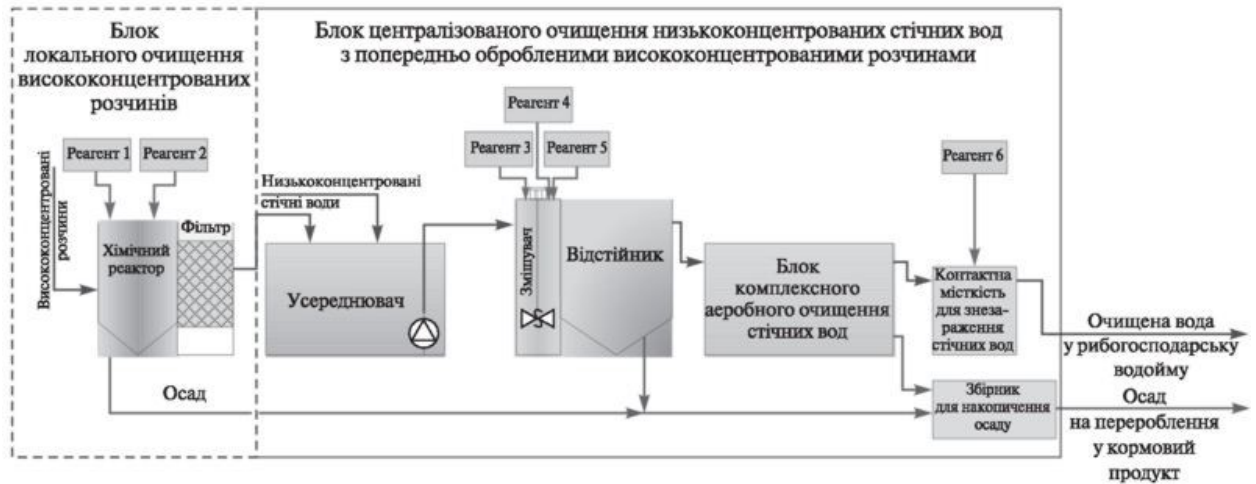


Рисунок 1.3.1 – Схема технології очищення стічних вод маслосирзаводу з використанням реакгентної обробки та біологічної очистки [9]

У другій технології запропонована двоступенева схема біологічної очистки з використанням на першому етапі флотаційного аеротенка, на другому – аеротенка-витіснювача (рис. 1.3.2). Дана технологія дозволяє проводити очищення виробничих стоків до концентрацій забруднень по БСК_{повн} – 15-20 мг О₂/дм³, завислих речовинах – 10 мг/дм³.

Основними елементами даної схеми очищення стічних вод є споруди механічної очистки, аерований усереднювач, флотаційний аеротенк-освітлювач 1-го ступеня з регенератором, аеротенк-витіснювач 2-го ступеня, вторинний відстійник і компресорні установки.

По зовнішніх мережах стічна вода надходить на споруди механічної очистки, призначені для видалення великих домішок. Далі стоки подаються в аерований усереднювач, де за рахунок аерації стоку відбувається окиснення органічних забруднень і виключається можливість закисання стоку.

Після проходження усереднювача неосвітлені стічні води подаються в флотаційний аеротенк-освітлювач (ФАО) 1-го ступеня, де відбуваються процеси біологічної очистки стоків за допомогою активного мулу, а також флотаційного поділу завислих домішок, активного мулу і біологічно очищеної стічної води.

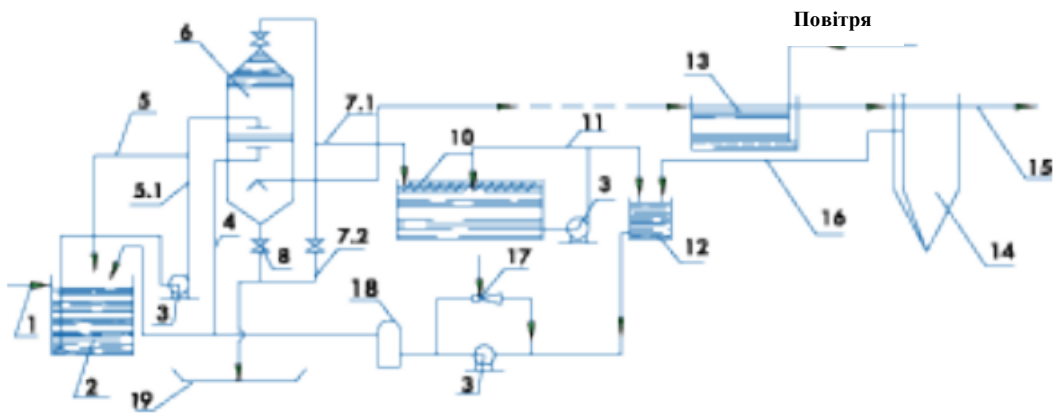


Рисунок 1.3.2 – Двоступенева схема біологічної очистки стічних вод
маслосирзаводу [10]:

1 – трубопровід стічних вод; 2 – усереднювач; 3 – насос; 4 – трубопровід подачі рециркуляційного мулу; 5 – напірні трубопроводи подачі води в усереднювач; 5.1 – напірний трубопровід подачі в флотаційний аеротенк-освітлювач; 6 – флотаційний аеротенк-освітлювач; 7.1 – трубопровід для відведення зфлотованого мулу; 7.2 – трубопровід надлишкового мулу; 8 – трубопровід для відведення осаду; 9 – регенератор; 10 – струменевий аератор; 11 – трубопровід рециркуляційного мулу; 12 – приймальна камера; 13 – аеротенк-витиснювач 2-го ступеня; 14 – вторинний відстійник 2-го ступеня; 15 – трубопровід очищеної води; 16 – трубопровід надлишкового мулу; 17 – ежектор; 18 – напірний бак; 19 – мулові майданчики (можливе розширення цеху механічного зневоднення, наприклад, встановлення жировловлювача).

Перевагою ФАО є поєднання в ньому кількох функцій: біологічної очистки, освітлення стічних вод і ущільнення надлишкового мулу [10]. Процес флотації здійснюється подачею в ФАО регенованого зворотного активного мулу з регенератора, обладнаного системою струменевої аерації. Рециркуляційна рідина перед подачею в ФАО надходить в напірний бак. Тривалість насичення і місткість напірного бака визначається з урахуванням рекомендованого часу – 3 хв.

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

Далі стічні води послідовно переходять в аеротенк-витиснювач, який працює на виносі мулу з очищеною стічною водою з ФАО, і вторинний відстійник.

Рециркуляційний мул з регенераторів і надлишковий мул після вторинного відстійника надходять в приймальну камеру. Утворений надлишковий мул з вологістю 92-94% і осад досить добре віддають вологу, що дозволяє підсушувати їх на мулових майданчиках без попередньої стабілізації, після чого осад може бути використаний в якості добрива [10].

Основними недоліками є висока витрата електроенергії на аерацію, високий приріст надлишкової біомаси, а також нестабільність системи до залпових та аварійних скидів легкоокиснюваних забруднень і перерв в подачі стічних вод.

Сучасні схеми біологічного очищення води з високим ХСК ($> 2000-3000$ мг/дм³) передбачають двостадійний анаеробно-аеробний процес видалення забруднень. У такому процесі основна частина забруднень видаляється високопродуктивним анаеробним шляхом, а решта – аеробно і на стадіях фінішної (третинної очистки) до необхідних природоохоронних норм, як зображено на рис. 1.3.3.

Стоки з високою концентрацією забруднень направляються без розведення в анаеробний біореактор, де піддаються біоконверсії; після анаеробного розкладання залишки забруднень, що містяться в муловій воді, окиснюються аеробно в аеротенках. Анаеробно-аеробна схема дозволяє зменшити забрудненість стічних вод на 98,0-99,8%. При необхідності подальше їх доочищення проводиться в біологічних ставках або інших спорудах третинної очистки, після чого стічні води можна скидати у відкриті водойми [11].

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

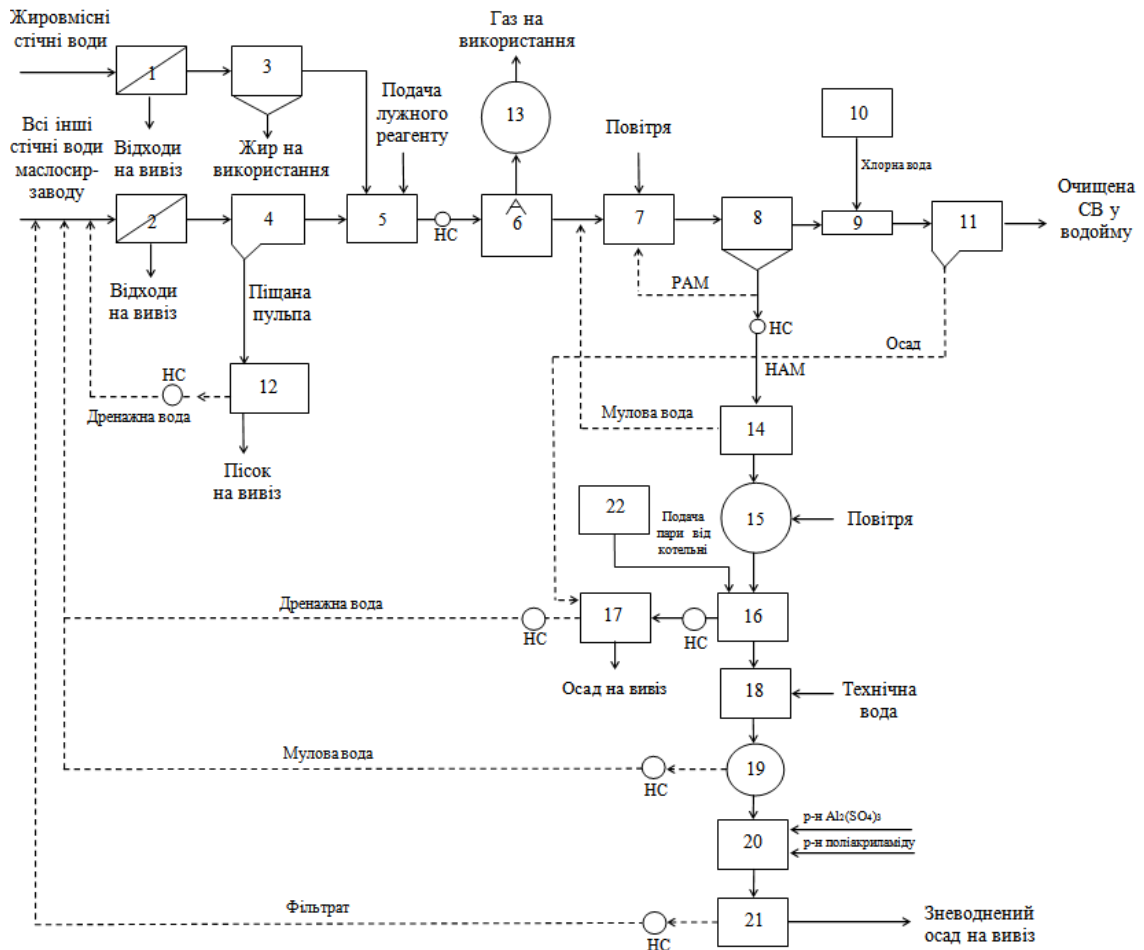


Рисунок 1.3.3 – Схема технології анаеробно-аеробного очищення стічних вод маслосирзаводу:

1, 2 – решітки; 3 – жироловка; 4 – пісковловлювач; 5 – усереднювач; 6 – UASB-реактор; 7 – аеротенк; 8 – вторинний відстійник; 9 – змішувач СВ з хлором; 10 – хлораторна; 11 – контактний резервуар; 12 – піскові майданчики; 13 – газгольдер; 14 – ущільнювач осаду; 15 – аеробний стабілізатор; 16 – камера термічної дегельмінтизації; 17 – аварійні мулові майданчики; 18 – камера промивки осаду; 19 – осадоущільнювач; 20 – камера реакції; 21 – вакуум-фільтр; 22 – котельня; СВ – стічні води; НС – насосна станція; НАМ – надлишковий активний мул; РАМ – рециркулюючий активний мул.

Для механічного очищення стічних вод маслосирзаводу передбачають установку решіток, пісковловлювачів, жироловок, усереднювачів та відстійників. Жироловки влаштовують, як правило, на випусках з цехів, що виготовляють високожирну продукцію (масло, вершки, сметану).

Застосування жироловок горизонтального типу для стічних вод молочних заводів малоефективне, тому що ступінь зниження ними концентрації жирів складає всього 30-35%. Існує жироловка з реактивним водорозподільником (рис. 1.3.4) [12].

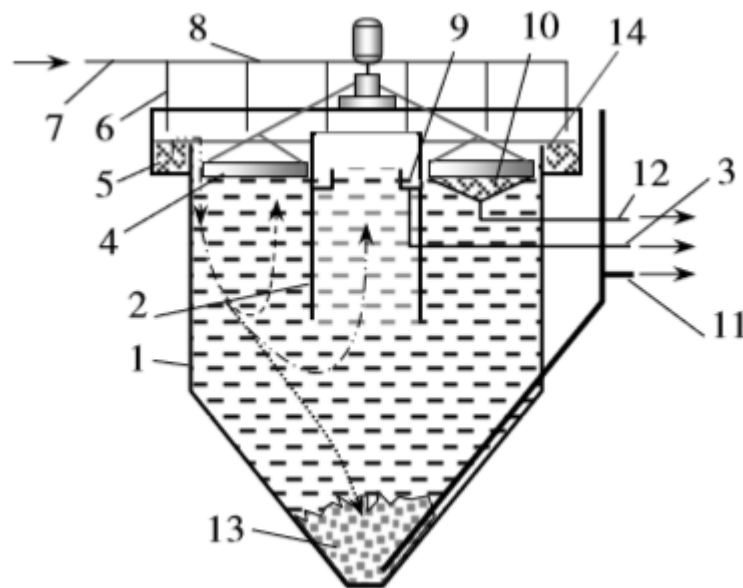


Рисунок 1.3.4 – Схема жироловки з реактивним водорозподільником [12]:

1 – корпус; 2 – центральна камера; 3 – відвід очищеної води; 4 – гребок для згрібання жиру; 5 – периферійний лоток; 6 – патрубки; 7 – трубопровід подачі стічних вод; 8 – обертовий реактивний водорозподільник; 9 – збірний лоток очищеної води; 10 – лоток жиромаси; 11 – мулова труба; 12 – труба видалення жиромаси; 13 – осадова частина; 14 – кільцевий водозлив.

У цій споруді завдяки рівномірному розподілу стічних вод на вході, природній аерації рідини, що відбувається при падінні потоку із сопел реактивного розподільника, а також спадному рухові рідини у відстійній зоні, ефективність очищення при однаковому часі відстоювання на 20-25% вище,

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

ЕКБ.БЕ7116.ДП

ніж у горизонтальних жироловках, і складає 50-70%. Крім того, у жироловці такої конструкції здійснюється безперервний збір і видалення жиромаси. Такі жироловки застосовуються на станції біологічного очищення замість первинних відстійників [12]. Для коригування рН (4,5) стічних вод встановлюють усереднювач з додаванням лужного реагенту (вапняного молока).

Після блоку механічного очищення стічна вода подається в анаеробний біореактор UASB-типу, де протікають процеси анаеробного розкладання органічних сполук з утворенням метану. Середній час перебування рідини в реакторі приблизно 8 год. З біореактора стічні води подаються в аеротенк для доокиснення залишкових забруднень та згодом у вторинний відстійник для видалення завислих речовин та НАМ. Знезараження проводять в контактних резервуарах за допомогою хлорної води. Очищені стічні води скидаються у природну водойму.

Для обробки осадів і НАМ використовують аеробні стабілізатори, вакуум-фільтри, мулові майданчики.

Вся система очищення забезпечує видалення органічних забруднень із стічної води на 99,0-99,5% [11].

Така схема істотно знижує енерговитрати і кількість вторинних відходів порівняно зі схемою наведеною на рис. 1.3.2. Витрати електроенергії на 1 кг вилучених забруднень (по ХСК) для анаеробно-аеробного процесу складають 0,2-0,4 кВт·год/кг ХСК, що в кілька разів нижче показників для аеробних процесів. При цьому кількість утвореного надлишкового мулу (сума анаеробного і аеробного) не перевищує 0,14-0,18 кг/кг ХСК (за абсолютно сухим речовинам), що в 2-3 рази менше, ніж у разі використання тільки аеробного процесу. У порівнянні з аеробною системою економія за 10 років при експлуатації анаеробно-аеробної системи очищення рівна витратами на її будівництво.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.4. Вибір технології очищення стічних вод маслосирзаводу

На підставі аналізу розглянутих технологій для очищення висококонцентрованих стічних вод маслосирзаводу обрано біологічне очищення з використанням анаеробного і аеробного процесів, схема якого наведена на рис.1.3.3. Дана технологія дозволяє отримати концентрації забруднень, які не перевищують гранично допустимі для відведення у природну водойму (табл. 1.4.1).

Таблиця 1.4.1 – Показники стічної води маслосирзаводу до та після очищення [11]

Показники забруднення	До очищення	Після анаеробної очистки	Після аеробної доочистки	Вимоги до скиду у річку Гуйва
Завислі речовини, мг/дм ³	290	60	15	<54
БСК _{повн} , мг/дм ³	1750	200	15	<95
ХСК, мг/дм ³	2330	300	30	<75
Жири, мг/дм ³	до 100	5	0	0
Азот амонійний, мг/дм ³	6	3	0,5	0,5
Фосфати, мг/дм ³	54	5,4	0,25	0,3
Сульфати, мг/дм ³	43	35	8	<10
Нітрати, мг/дм ³	7	6	15	<40
Хлориди, мг/дм ³	70	70	70	75
ПАР, мг/дм ³	0,42	0,4	0,4	0,5
pH	4,5	6,5-7	6,5-7	6,5-8,5

Основними перевагами даної технології порівняно з комбінованою та двостадійною аеробною очисткою є:

- висока продуктивність і стабільність роботи очисних споруд;
- не потрібні великі виробничі площі;
- менша чутливість до залпових та аварійних скидів;
- висока якість очищення стічної вод;

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		30

– в анаеробних реакторах відбувається мізерний приріст активного мулу, що дозволяє ним знехтувати;

– менші витрати повітря на аерацію та енерговитрати;

– біогаз, що утворюється на очисних спорудах (250-600 м³ на 1 т органічних забруднювачів) може ефективно використовуватися для отримання гарячої води або пари.

Таким чином, для очищення стічних вод маслосирзаводу (концентрованих по органічним забрудненням) найбільш ефективним є поєднання анаеробного та аеробного очищення.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.5. Характеристика біологічних агентів – активного мулу та гранульованого анаеробного мулу

1.5.1. Активний мул

Активний мул являє собою пластівці розміром від 0,1-0,5 до 2-3 мм, з щільністю в середньому 1,1-1,4 г/см³, що складаються з частково активних, частково відмираючих організмів (близько 70%) і твердих частинок неорганічної природи (близько 30%) [13].

До складу активного мулу входять полісахариди, в тому числі клітковина, поліуронові кислоти, позаклітинні білки, утворені переважно бактеріями. Полісахариди оточують бактеріальні клітини і скріплюють частки в пластівці, тому лише невелика частина клітин залишається поза пластівців. Активний мул має розвинену поверхню (до 100 м²/г сухої маси) і, отже, високу адсорбційну здатність. На поверхні його концентруються дрібні частинки, що надходять зі стічною рідиною, клітини мікроорганізмів і молекули розчинених речовин. Процес сорбції надзвичайно інтенсивний, тому часто вже через кілька хвилин після контакту мулу зі стічною водою концентрація в ній органічних речовин знижується на 20-30% і більше. При рН від 4 до 9 частки мулу мають негативний заряд [13].

Найбільш важливою характеристикою активного мулу є здатність до утворення пластівців, від якої залежать швидкість і повнота осадження мулу, та його властивості вологовіддачі. Розмір пластівців залежить як від виду бактерій, наявності та характеру забруднень, так і від зовнішніх факторів - температури середовища, гідродинамічних умов в аераційних спорудах та ін. Здатність утворювати пластівці залежить головним чином від наявності поживних речовин: при занадто високому їх вмісті відбуваються розсіювання колоній і поява нитчастих форм мікроорганізмів; при їх нестачі, хоча нитчасті форми мікроорганізмів практично відсутні, розміри пластівців мулу зменшуються і погіршуються його седиментаційних властивості.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Оптимальною вважається структура мулу з пластівцями середнього розміру (2 мм), що мають велику поверхню для сорбції забруднень, і в той же час досить важкими, щоб осідати у вторинних відстійниках і не виноситися з потоком води [14].

Складна екологічна система активного мулу включає організми, які знаходяться на різних трофічних рівнях.

Перший трофічний рівень формують гетеротрофні бактерії, водорості, сапротрофні гриби і найпростіші. При сапротрофному способі харчування їжею можуть служити тільки розчинені органічні сполуки. Живильні речовини надходять в організм шляхом осмосу через поверхню тіла.

Другий трофічний рівень представлений галозойними найпростішими. Через певний час з середовища вилучається все більше розчинених забруднень і з'являється надлишкова кількість бактерій. Це створює передумови для появи організмів з голозойним типом харчування, які отримують поживні речовини, поглинаючи цитоплазму інших організмів.

Третій трофічний рівень представлений хижими мікроорганізмами – окремі види малощетинкових черв'яків, хижі коловертки, сисні інфузорії, хижі гриби [14].

У окисленні забруднень стічних вод основна роль належить бактеріям, число яких в розрахунку на 1 г сухої речовини мулу коливається від 10⁸ до 10¹⁴ клітин, з них зазвичай 50-80% становлять гетеротрофні мікроорганізми. В біоценозі аеротенків, як правило, відсутні водорості, дуже обмежено представлені черви і членистоногі.

При аеробному очищенні стічних вод протікають два найбільш важливих мікробіологічних процеси: окиснення органічних речовин і нітрифікація.

Бактерії, що окиснюють органічні сполуки, відносяться до родів: *Actinomyces*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Cellulomonas*, *Corynebacterium*, *Desulfotomaculum*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Pseudomonas* (найбільш чисельні), *Rhodopseudomonas*, *Sarcina* і ін.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основна роль в утворенні полісахаридів в складі пластівців активного мулу і в формуванні самої здатності до утворення пластівців належить грамнегативним паличкоподібним бактерії *Zoogloea ramigera* [11].

Бактерії-нітрифікатори представлені родами *Nitrosomonas* та *Nitrobacter*, які здійснюють окиснення амонійних іонів і видалення мінерального азоту із стічних вод. Найбільш активно нітрифікація протікає після окиснення органічних сполук, коли створюються сприятливі умови для нітрифікаторів.

В активному мулі аеробних очисних споруд зустрічаються дріжджі і міцеліальні (цвілеві) гриби. Дріжджі активно розвиваються в стічних водах, багатих на вуглеводи, вуглеводні і органічні кислоти, наприклад, при очищенні стічних вод молочних виробництв, що містять молочну сироватку. Серед дріжджів часто зустрічаються дріжджі родів *Candida*, *Torulopsis*, *Trichosporon*, *Rhodotorula*.

При підтримці значення рН в області 3,5-6,0 біоценози з домінуванням дріжджів можуть мати високу окиснювальну здатність і ефективно очищати стічні води. Однак застосування дріжджів для очищення стічних вод обмежене їх слабкою седиментаційною здатністю і недостатньою глибиною окиснення забруднень [11].

Гриби здатні засвоювати важкоокиснювальні і токсичні сполуки, зокрема феноли, тому їх роль в процесах очищення істотна. Оптимальний рН їх розвитку 4,0-5,5.

Найпростіші становлять близько 0,5-1% суспендованих частинок активного мулу. Вони беруть безпосередню участь в споживанні органічних речовин, проте, займаючи в співтоваристві активного мулу вищий рівень в трофічному ланцюгу харчування, ніж бактерії, найпростіші поглинають велику їх кількість (від 20000-40000 бактерій за добу), тим самим регулюють видовий і віковий склад мікроорганізмів, знижують масу біоценозу, забезпечують активну флокуляцію мікроорганізмів і, отже, покращують очищення води.

В біоценозах очисних споруд зустрічаються кілька сотень видів представників чотирьох груп найпростіших: 1) саркодові (*Sarcodina*);

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2) джгутикові (*Mastigophora, Flagellata*); вйчасті інфузорії (*Ciliata*); 4) сисні інфузорії (*Suctorina*).

У порівнянні з бактеріями найпростіші більш чутливі до зміни хімічних і фізичних умов середовища, коливань технологічних параметрів очищення, тому за чисельністю найпростіших та їх видовим складом і станом можна оцінити роботу очисної споруди.

Крім найпростіших, в активному мулі присутні складніше організовані представники мікрофауни: коловертки *Rotatoria (Rotifera)* родів *Philodina, Cathypna (Lecane), Monostyla, Notommata*, круглі черви *Nematoda*, малощетинкові кільчасті черви з роду *Aelosoma* [11].

1.5.2. Гранульований анаеробний мул

В UASB-реакторах використовується гранульований анаеробний мул (рис. 1.5.1), що представляє собою щільні агрегатні утворення розміром від 2 до 8 міліметрів, і є продуктом іммобілізації біомаси анаеробного мулу, в результаті процесів, що проходять на межі поділу твердої і рідкої фази. Тому ініціаторами такої грануляції часто стають частинки, що володіють інертними властивостями [11].



Рисунок 1.5.1 – Гранули анаеробного мулу

У реакторах з гранульованим мулом великий розмір і відносно висока щільність окремих гранул призводять до їх швидкого осідання, що спрощує відділення очищених стоків від біомаси. Хоча механізм такої грануляції до

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

кінця не вивчений, анаеробний гранульований осад демонструє високу здатність видаляти висококонцентровані органічні забруднення [15].

Особливу роль у формуванні і функціонуванні гранул виконують метаногенні бактерії *Methanosaeta concilii* (*Methanothrix soehngeni*), а також *Methanosarcina spp.*

Надлишковий гранульований мул стабільний, може зберігатися тривалий час при температурі до 15 °С без значної втрати активності, що дуже важливо для підприємств з періодичним циклом виробництва.

У гранульованому анаеробному мулі міститься більш висока кількість сухої речовини, тому він стабільніший, ніж активний мул аеробних біологічних очисних споруд, до того ж, завдяки високій зольності, відрізняється високою вологовіддачею [15].

Здатність клітин синтезувати велику кількість різноманітних ферментів пояснює їх високу адаптованість до різних видів і концентрацій забруднень, присутніх в стічних водах. Це, в свою чергу, пояснює постійне розширення області застосування біохімічних методів очищення стічних вод від різноманітних забруднень, що утворюються в технологічних процесах при виробництві продуктів харчування.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ АНАЕРОБНОГО ТА АЕРОБНОГО ПРОЦЕСІВ

2.1. Біохімічні процеси при анаеробній очистці стічних вод

Основну роль в очищенні стічних вод відіграють процеси перетворення речовини, які відбуваються усередині клітин мікроорганізмів. Ці процеси закінчуються окиснюванням речовини з виділенням енергії і синтезом нових речовин з витратою цієї енергії.

Без участі молекулярного кисню органічні сполуки здатні окиснюватися тільки в тому випадку, коли є який-небудь інший акцептор водню. Такими акцепторами можуть служити як мінеральні, так і органічні сполуки, які при цьому відновлюються. Анаеробне окиснення має місце в процесах бродіння і анаеробного дихання. В анаеробних умовах окиснюються вуглеводи, в тому числі полісахариди, органічні кислоти, жири, білки, амінокислоти та інші сполуки. Вуглеводні не піддаються анаеробному розпаду [16].

Анаеробні біоценози, що представлені гранулами мулу, розвиваються в екосистемах з домінуванням аноксигенних і анаеробних умов, в яких протікають процеси бродіння, аноксигенне окиснення (анаеробне дихання) і метаноутворення. Такі умови спостерігаються в анаеробних біореакторах при очищенні стічних вод і зброджуванні органічних відходів, в центральних зонах гранул і вторинних відстійниках при аеробному очищенні стічних вод.

Аноксигенне окиснення органічних субстратів включає процеси денітрифікації і сульфатредукції, що протікають при наявності іонів NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} і, як правило, при відсутності кисню. Ці процеси використовуються для видалення сполук азоту і сірки зі стічних вод [11].

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Канс.</i>						37	86
<i>Керівн.</i>		<i>Садлій Л.А.</i>			<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>		
<i>Затверд.</i>							

Біохімічні основи технологічного процесу біологічного очищення стічних вод з використанням анаеробного та аеробного процесів

Основний процес, який відбувається в анаеробних умовах і використовується для розкладання і видалення органічних забруднень і відходів, – метаногенез.

Аноксигенному окисненню і анаеробному зброджуванню піддаються органічні субстрати і ксенобіотики: природні полімери (целюлоза і білки), вуглеводи і жири, органічні спирти, кислоти і основи, вуглеводні, хлорвмісні сполуки та ін.

При використанні вільного кисню для окиснення органічних субстратів виділяється більше енергії, ніж при використанні в якості акцептора електронів нітратів і сульфатів. Найменша кількість енергії виділяється при метаноутворенні, де окиснювачем є CO_2 . Відповідно до виділеної енергії при окисненні органічних сполук акцептори електронів використовуються в такій послідовності: O_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_2 .

Важливий фактор, керуючий анаеробними процесами – окисно-відновний потенціал середовища. Облігатні анаероби можуть здійснювати обмін речовин при E_h не вище (+110)-(+170) мВ ($r\text{H}_2 < 18-20$), але розмножуються вони при більш низьких значеннях E_h (-330)-(-260) мВ ($r\text{H}_2$ не більше 3-5).

При використанні мікроорганізмами акцепторів електронів E_h знижується, створюються умови спочатку для розвитку аеробів, а в міру зниження E_h – денітрифікаторів, сульфатредукторів і метаногенів.

У процесі метаногенерації відбувається розкладання органічних субстратів і забруднень, знезараження і детоксикація стоків.

Метаногенерація – складний, багатоступінчастий процес, в якому вихідні органічні речовини послідовно перетворюються в більш прості з переходом значної частини вуглецю в метан, вуглекислий газ та в мулову рідину [11].

Метанове розкладання включає чотири стадії (рис. 2.1.1): гідроліз, кислотну (ацидогенну), ацетогенну і четверту, метаногенну, стадію (стадію газоутворення); здатне протікати при знижених (10-20°C, психрофільний режим), помірних (30-37°C, мезофільний режим) і підвищених (50-55°C,

									Арк.
									38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

ЕКБ.БЕ7116.ДП

термофільний режим) температурах. Частина субстрату може зазнавати гідролітичні розщеплення при одночасному метаноутворенні з продуктів розкладання (рис. 2.1.2).

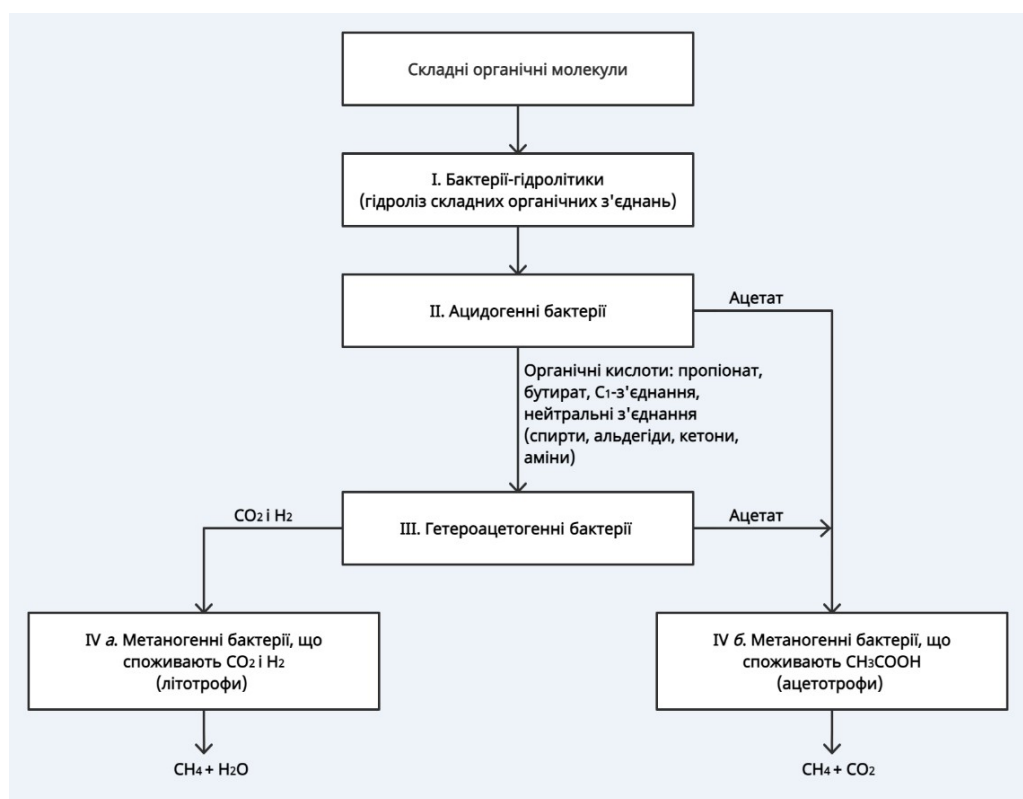


Рисунок 2.1.1 – Стадії анаеробного розкладання з утворенням метану

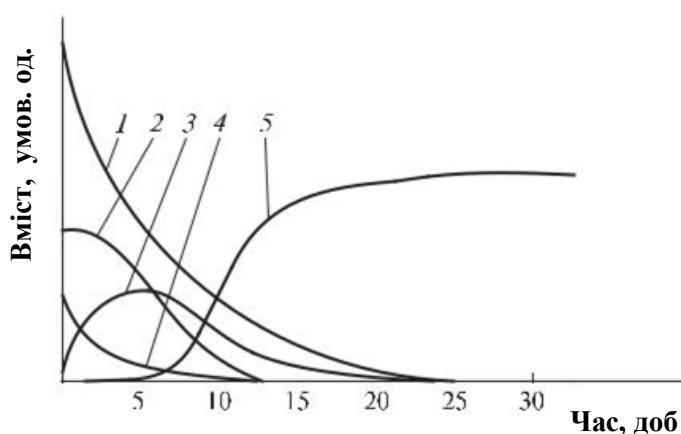
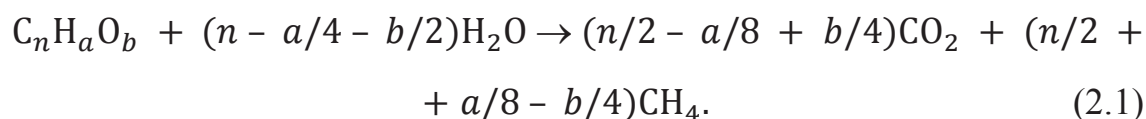


Рисунок 2.1.2 – Перебіг процесу розкладання органічних речовин в анаеробних спорудах [11]:

1 – органічні речовини; 2 – ліпіди; 3 – леткі кислоти, 4 – білки, 5 – метан

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Сумарний процес метаноутворення при повному розкладанні органічного субстрату з формулою $C_nH_aO_b$ можна представити таким чином:

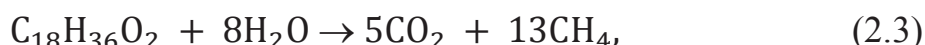


При розкладанні глюкози:



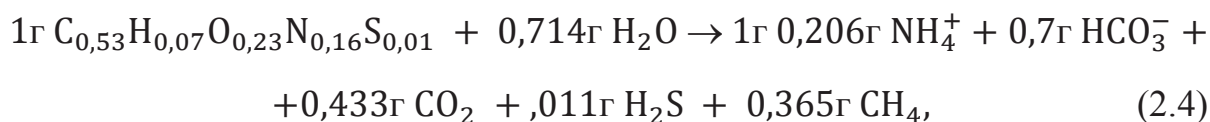
на 1 г глюкози виділяється 0,733 г CO_2 і 0,267 г CH_4 .

При розкладанні жирів складу $C_{18}H_{36}O_2$:



на 1 г жирів виділяється 0,775 г CO_2 і 0,732 г CH_4 .

При повному розкладанні білка з умовною формулою (в частках від маси білка) $C_{0,53}H_{0,07}O_{0,23}N_{0,16}S_{0,01}$:



на 1 г білка виділиться 0,433 г CO_2 і 0,365 г CH_4 .

Таким чином, найбільша кількість біогазу і найбільший вміст метану спостерігається при розкладанні жирів [11].

Біомаса мікроорганізмів при метаногенному розкладанні складається з 45-50% вуглецю, 30-40% кисню, 7-8% водню, 10-12% азоту, 1,5-2% фосфору і 0,8-1,2% сірки. Крім того, в біомасі містяться калій, натрій, кальцій, магній і ряд мікроелементів, найбільш важливі з яких кобальт, молібден і нікель. В середньому, щоб забезпечити формування клітинної маси з емпіричною формулою $C_5H_9O_3N$, оптимальне співвідношення ХСК:N:P в середовищі повинно бути близько до 700:5:1 (при розкладанні забруднень в аеробних умовах оптимальне співвідношення ХСК:N:P становить 100:2-6:0,6-1,2) [10].

Об'ємна частка CH_4 в біогазі коливається від 50 до 75%, його теплотворна здатність від 20,9 до 33,4 МДж/м³.

У порівнянні з окисненням глюкози до CO_2 і H_2O , при розкладанні глюкози до метану в ньому зберігається до 83% енергії.

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ЕКБ.БЕ7116.ДП				

При синтезі CH_4 вихід енергії не перевищує 2 моль АТФ на 1 моль CH_4 , тому для росту метаноутворюючих бактерій має утворитися значна кількість CH_4 , при цьому 5-10% від вихідного вуглецю переходить в клітинний матеріал, а решта 90-95% – в метан. Внаслідок низького енергетичного виходу (у вигляді АТФ) при анаеробному бродінні активного мулу утворюється в кілька разів менше (0,05-0,1 кг/кг ХСК), ніж при аеробному, що полегшує вирішення проблеми захоронення його надлишку [11].

Великим стимулом до розвитку багатьох із сучасних методів анаеробної очистки послужило виявлення здатності мікроорганізмів, що відносяться до метаногенів, утворювати агрегати – гранули, при зростанні в анаеробному реакторі в умовах висхідного потоку.

Щільні, стабільні гранули формуються на субстратах, що містять розчинні білки і іони Ca^{2+} . Карбонат кальцію може утворювати пористий скелет, що забезпечує відповідні для метаногенеза умови. На поверхні гранул знаходяться пори різної величини для транспорту субстрату і виходу біогазу. Концентрація мікроорганізмів у гранулах варіює в межах $(1-4) \cdot 10^{12}$ клітин на 1 г сухої речовини гранул, в тому числі метаногенів – до 10^{10} кл./г.

У таких гранулах зовні розвиваються сульфатредуктори, а всередині – метаногени. У проміжному шарі розвиваються ацидогенні і гетероацетогенні бактерії, які зброджують субстрати до низькомолекулярних органічних кислот і забезпечують сульфатредукторів і метаногенів воднем і ацетатом.

Гранули такого мулу стабільні, в них створюються оптимальні умови для всіх його біоб'єктів з єдиним метаболічним ланцюгом, в якому продукти життєдіяльності мікроорганізмів зовнішніх шарів служать енергетичним субстратом для мікроорганізмів центральних зон. Ацетотрофні метаногени, що знаходяться в центральній зоні і розщеплюють ацетат на CH_4 і CO_2 , функціонують як метановий двигун, який при продавлюванні метану через пори гранул назустріч потоку метаболітів з зовнішніх шарів, здійснює метаболізм популяції анаеробного мікробіотопу [11].

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

ЕКБ.БЕ7116.ДП

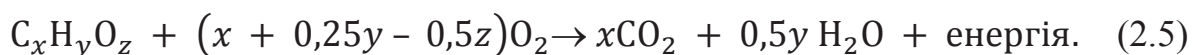
2.2. Біохімічні процеси при аеробній очистці стічних вод

Особливість дихання в порівнянні з бродінням полягає в тому, що в процес дегідрування включаються аеробні дегідрогенази, здатні передавати водень кисню повітря. Розщеплення органічних сполук в процесі дихання закінчується повною мінералізацією з утворенням вуглекислоти та води [16].

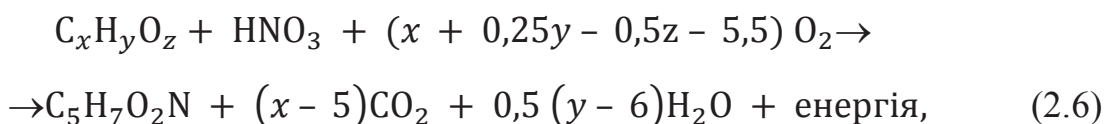
При аеробному очищенні стічних вод протікають два основні біохімічні процеси: окиснення органічного вуглецю і нітрифікація.

Окиснення органічних забруднень мікроорганізмами можна уявити як сукупність реакцій енергетичного і конструктивного обміну зі споживанням органічної речовини, наприклад, з формулою складу $C_xH_yO_z$ і утворенням біомаси умовного складу (в мольних співвідношеннях) $C_5H_7O_2N$ (близького до хімічного складу активного мулу більшості очисних споруд) [11].

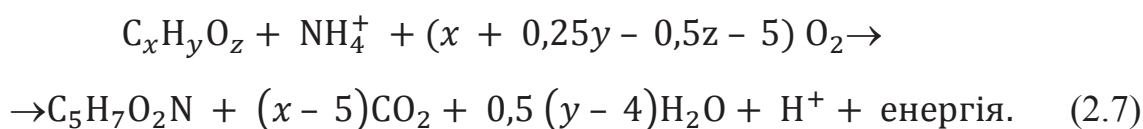
Енергетичний обмін (повна мінералізація органічної речовини):



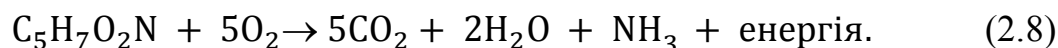
Конструктивний обмін (синтез клітинної речовини) при використанні нітратів в якості джерела азоту для мікроорганізмів:



при використанні амонійного азоту мікроорганізмами:

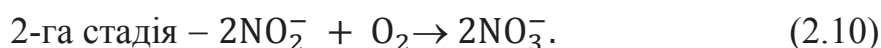
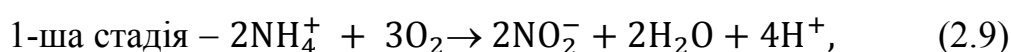


Утворений мул може в подальшому мінералізуватися:



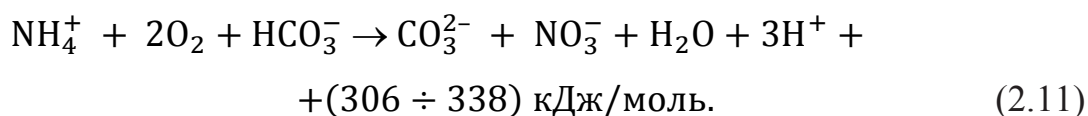
У цьому випадку на 1 мг активного мулу споживається 1,42 мг O_2 (величина ХСК 1 мг активного мулу).

На стадії окиснення органічних сполук утворюється NH_4^+ , який може залучатися до процесів нітрифікації. Нітрифікація протікає в 2 стадії:

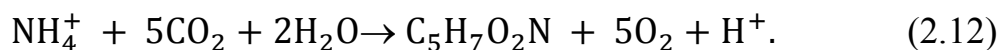


					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Загальна енергетична реакція нітрифікації:



Синтез клітинної речовини при нітрифікації (конструктивний обмін) можна представити таким чином:



Нітрифікація супроводжується утворенням іонів водню. Ступінь зниження рН залежить від лужності середовища, що обумовлює виділення або зв'язування CO_2 , буферної ємності середовища та кількості окисненого амонійного азоту [11].

Нітрифікація починається після використання гетеротрофними мікроорганізмами органічної речовини і зростання концентрації розчиненого кисню в середовищі, тому поява нітратів в середовищі свідчить про глибоку біологічну очистку та є показником санітарної оцінки процесу очищення. Швидкість нітрифікації може бути збільшена при проведенні стадій окиснення вуглецю і нітрифікації окремо.

У застійних зонах споруди, в яких аерація ускладнена, можуть розвиватися анаеробні процеси, в першу чергу денітрифікація:



і сульфатредукція:



З одного боку, денітрифікація ускладнює нормальну експлуатацію вторинних відстійників та аеротенків, оскільки частинки активного мулу насичуються бульбашками газоподібного N_2 і гірше відокремлюються від рідини у вторинному відстійнику, порушуючи нормальний режим роботи відстійників. З іншого боку, денітрифікація є корисним процесом; її використовують для видалення азоту з води [11]. Джерелом енергії для денітрифікації в таких випадках служать або органічні сполуки стічних вод, або додаткові органічні субстрати, що спеціально вносяться в споруди.

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

2.3. Характеристика очищеної стічної води

Кінцевим продуктом є очищена стічна вода маслосирзаводу до норм скиду у природну водойму – р. Гуйва (табл. 2.3.1).

Відповідно до гігієнічних вимог [12]:

– вода не повинна набувати запаху і присмаку більше 2 балів, які виявляються безпосередньо або після хлорування;

– відсутність забарвлення;

– розчинений кисень в будь-який період року не нижче 4 мг/дм³ в пробі, відібраної до 12 год дня;

– вода не повинна містити збудників захворювань, в тому числі життєздатних яєць гельмінтів і цист патогенних кишкових.

– колі-індекс $5 \cdot 10^4$ в 1 л.

Таблиця 2.3.1 – Показники очищеної СВ і норми ГДС

Показник забруднення	Характеристика очищеної СВ	ГДС забруднюючих речовин у СВ при скиданні у річку Гуйва
Завислі речовини, мг/дм ³	15	<54
БСКповн, мг/дм ³	15	<95
ХСК, мг/дм ³	30	<75
Азот амонійний, мг/дм ³	0,5	0,5
Фосфати, мг/дм ³	0,25	3,5
Хлориди, мг/дм ³	70	75
Нітрати, мг/дм ³	15	<40
Жири, мг/дм ³	0	0
ПАР, мг/дм ³	0,4	0,5
рН	6,5-7	6,5-8,5
Температура, °С	21	<30

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МАСЛОСИРЗАВОДУ

3.1. Сировина та матеріали технологічної схеми біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу

Матеріали, які необхідні для обраного технологічного процесу наведені у табл. 3.1.1.

Таблиця 3.1.1 – Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів технологічної схеми біологічного очищення СВ маслосирзаводу

Найменування	Категорія і номер НТД згідно якого перевіряється сировина	Показники, які обов'язкові для перевірки, та їх нормативне значення
Неочищена стічна вода	ДБН В.2.5-75:2013	Витрата стічних вод – 35 000 м ³ /добу; ХСК – 2330 мг/дм ³ ; БСКповн – 1750 мг/дм ³ ; ЗР – 290 мг/дм ³ ; Жири – до 100 мг/дм ³ ; Азот амонійний – 6 мг/дм ³ ; Фосфати – 54 мг/дм ³ ; Сульфати – 43 мг/дм ³ ; рН – 4,5
Вода технічна	Технологічний регламент системи водокористування КДМ-1, 2008 р.	Вміст завислих речовин, солей жорсткості, рН
Повітря		Витрати повітря
Негашене вапно	ГОСТ 1692-85	Відсутність домішок, зовнішній вигляд (білий порошок з різким запахом)

<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.В.</i>		
<i>Канс.</i>				
<i>Керівн.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>		
<i>Затверд.</i>				
<i>Технологічна схема біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу</i>				
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
			45	86
<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>				

Продовження таблиці 3.1.1

Сульфат алюмінію	ГОСТ 12966-85	Відсутність домішок, зовнішній вигляд (біла кристалічна речовина)
Поліакриламід		Відсутність домішок, зовнішній вигляд (білий гранульований порошок)
Активний мул	За ДСТУ 2569-94 ВОДОПОСТАЧАННЯ І КАНАЛІЗАЦІЯ	Мікробіологічний аналіз біоценозу активного мулу
Хлорна вода	ДСТУ 1692-95	Вміст хлор-газу
Осад	СанПіН 2.1.7.573-96	pH – 5,5-8,5; Відсутність яєць гельмінтів та патогенних ентеробактерії
Біогаз		Хімічний склад
Пісок		На вивезення

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

3.2. Опис технологічної схеми біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу з використанням анаеробного і аеробного процесів

Представлена технологія очищення стічних вод Андрушівського маслосирзаводу, витрата стічних вод 35000 м³/добу.

ДР 1. Підготовка повітря для аерації

ДР 1.1. Забір повітря з атмосфери

За допомогою повітрязабірників, що знаходяться за межами повітродувної станції, проводять процес забору повітря (4-6 м вище рівня землі).

ДР 1.2. Фільтрування повітря

Фільтрування повітря здійснюють через волокнистий матеріал з максимальним діаметром часток, що затримуються – 1,5 мкм та ефективністю очищення 80%.

ДР 1.3. Компресування повітря

В ході даного процесу відбувається стискання повітря під тиском, який менший за атмосферний. Для компресування повітря застосовують повітродувки із стисненням повітря до 0,163 МПа. На даній стадії здійснюють технологічний контроль тиску. Очищене, компресоване повітря подається в аеротенк, аеробний стабілізатор та до вакуум-фільтру на механічне зневоднення.

ДР 2. Приготування хлорної води

Виготовлення хлорної води здійснюється із застосуванням газоподібного хлору і його змішування із технічною водою. На очисну станцію хлор-газ поставляється в балонах чи контейнерах (під надлишковим тиском, у рідкому стані). Хлор розчиняється у воді тільки в газоподібному стані, тому рідкий випаровують, перетворюючи його в газ. Доза активного хлору після повного біологічного очищення становить 3 г/м³ згідно з ДБН В.2.5-75:2013. На даній стадії проводять хімічний контроль концентрації хлору у воді.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ДР 3. Підготовка розчину сульфат алюмінію

Для обробки ущільненого осаду застосовують як коагулянт сульфат алюмінію (III) у концентрації 50 мг/дм³.

ДР 4. Підготовка розчину ПАА

Для інтенсифікації процесу коагуляції у воду додатково вводять флокулянти (найбільш поширений поліакриламід). Флокулянти сприяють укрупненню осаду і прискорюють процес злипання колоїдних і зважених часток. Вносять поліакриламід у концентрації 1,5 мг/дм³. Здійснюється технологічний і хімічний контроль за якістю і концентрацією розчинів.

ДР 5. Підготовка розчину вапняного молока

У якості лужного реагенту використовують негашене вапно (бажано без інертних добавок) яке змішують з водою та отримують вапняне молоко. Для нейтралізації стічних вод використовують 5% розчин вапняного молока. Дозування вапняного молока здійснюють за допомогою автоматичних бункерних дозаторів або насосів-дозаторів [13].

ТП 6. Механічна очистка стічної води

ТП 6.1. Очищення жировмісних стоків на решітках

Вилучення з стічних вод великих домішок досягається шляхом пропускання їх через решітки. Використовуються решітки з механічним очищенням типу РМУ-1. Граблі механічної решітки РМУ-1 приводяться у рух електродвигуном потужністю N=0,37 кВт при частоті обертів n=1450 хв/об. Розмір прозорів у решітці – 14 мм. Основний робочий параметр – швидкість руху води в прозорах решітки, яка коливається в межах 0,8-1 м/с. Проводять технологічний контроль пропускну здатності ґраток. Затримані відходи вивозяться.

ТП 6.2. Очищення на жироловках

Для очищення жировмісних стоків, що поступають з цехів по виробництву вершкового масла передбачена очистка на жироловках з реактивним водорозподільником (ефективність видалення жиру E = 50-70%). Стічна вода направляється на ТП 7.5, відділений жир на використання.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ТП 6.3. Очищення на решітках

Встановлюють такі ж решітки (типу РМУ-1), що й в ТП 7.1. На дану стадію поступає загальний сток маслосирзаводу, а також дренажна вода від ЗВ 13 і ЗВ 14.

ТП 6.4. Очищення на пісковловлювачах

Вилучення зі стоків мінеральних часток розмірами 0,2-0,25 мм досягається в пісковловлювачах. Гідромеханічне видалення піску з горизонтальних пісковловлювачів вимагає перевірки виходу рідини з отворів розподільчої системи і достатньої для розширення шару піску швидкості висхідного потоку води. Швидкість руху води в горизонтальних пісковловлювачах – 0,15-0,3 м/с, гідравлічна крупність затриманого піску – 18,7-24,2 м/с. Піщана пульпа видаляється на піскові майданчики до ЗВ 13.

ТП 6.5. Усереднення стічних вод

Для усереднення стічних вод за концентрацією та їхньою кількістю використовують усереднювач. Надійного усереднення за витратами ($Q_{\text{сер.год}} = 1458 \text{ м}^3/\text{год}$) можна досягти при перекачуванні їх насосами в анаеробний біореактор (ТП 7). Щоб не допустити осадження завислих речовин, стоки в резервуарі перемішують шляхом їх рециркуляції [13]. У випадку рН=4,5, забезпечують подачу лужного реагенту – вапняного молока – від ДР 5 для доведення значення до 6,5-7.

ТП 7. Очистка стічних вод в UASB-реакторі

Біореактор UASB-типу являє собою залізобетонну або металеву споруду із висхідним потоком рідини крізь шар активного анаеробного мулу. У своїй верхній частині UASB-реактор має систему розділу газ-рідина-тверде тіло, яка запобігає винесення зважених часток і сприяє декантації мулу та виведенню газу. За допомогою спеціального мулогазовідділюючого пристрою здійснюється розділення очищеної води, гранульованої біомаси та газу [18]. Нижній шар гранульованого анаеробного мулу з висотою 1,5-2,5 м має концентрацію 50-100 кг/м³, а вищий – розріджений з концентрацією біомаси

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5-20 кг/м³. Реактор забезпечує видалення ХСК – 70-90% (до 300 мг/дм³), БСК – 50-80% (до 200 мг/дм³), завислих речовин – 60-80% (до 60 мг/дм³).

Швидкість руху води в UASB-реакторі 0,5-1,5 м/год, середня тривалість перебування стічних вод становить 8 год. Утворений біогаз (250-600 м³ на 1 т органічних забруднювачів) на стадію ПВ 13.1.

ТП 8. Очистка стічних вод в аеротенку

В аеротенк з регенерацією після біореактора подається стічна вода, попередньо підготовлене стиснене повітря для аерації з ДР 1.3 та рециркуляційний активний мул від вторинного відстійника. Доочищення стічних вод здійснюють в аеротенку-витиснювачі з такими характеристиками: чотирьохкоридорний з двома секціями; глибина Н=3,2 м; ширина секції В=4,5 м за типовим проектом ТП 902-2-178. Доза активного мулу – 3 г/дм³, фактичне значення мулового індексу – 89 см³/г, середня тривалість перебування СВ в аеротенку – 3 год, питома витрата повітря на аерацію – 10,65 м³/м³.

На даній стадії здійснюється технічний, мікробіологічний та хімічний контроль.

ТП 9. Відстоювання у вторинних відстійниках

Вторинні відстійники після аеротенків виконують функцію прояснення біологічно очищеної води. Відповідно до розрахунків обрано три вторинних радіальних відстійника за ТП 902-2-88/76 з діаметром 24 м та глибиною 3,7 м, усі відстійники – робочі. Після відстоювання здійснюється рециркуляція активного мулу до ТП 9. Збір та видалення НАМ в радіальних відстійниках не викликає особливих труднощів при достатньо якісному виготовленні і монтажі скребових пристроїв. Пристрій для згрібання включають за 1-1,5 год до вивантаження НАМ, після чого він направляється на стадію ПВ 11.1.

ТП 10. Знезаражування очищеної стічної води

ТП 10.1. Змішування стічної води з активним хлором

Після ТП 9 стічні води поступають на знезараження, з метою знищення патогенних бактерій, які залишилися в очищених СВ, і зменшення таким чином небезпеки зараження. В змішувач подають підготовлену на стадії ДР 2 хлорну

					ЕКБ.БЕ 7116.ДП	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

воду, яка змішується з очищеною стічною водою, і далі направляється в контактний резервуар.

ТП 10.2. Знезаражування в контактному резервуарі

Знезаражування води проводиться в контактному резервуарі шляхом обробки стічних вод хлорною водою. Тривалість контакту активного хлору зі стічною водою – 30 хв. Після хлорування очищена вода скидається у водойму. Осад видаляють один раз на місяць на аварійні мулові майданчики. На даній стадії здійснюють мікробіологічний контроль.

ПВ 11. Обробка осадів і надлишкового активного мулу

ПВ 11.1. Ущільнення надлишкового активного мулу

Для зменшення об'єму НАМ та забезпечення нормальної роботи наступних споруд використовують ущільнення. Застосовують гравітаційні ущільнювачі мулу радіального типу. Тривалість в середньому становить 9-11 год; зниження вологості до 97%.

ПВ 11.2. Аеробна стабілізація

Аеробна стабілізація здійснюється у відкритих спорудах типу аеротенків (стабілізаторах). Витрата повітря на аеробну стабілізацію приймається 1-2 м³/год на 1 м³ місткості стабілізатора. Інтенсивність аерації становить не менше 6м³/(м²·год) [13].

ПВ 11.3. Дегельмінтизація осаду

Дегельмінтизація осадів здійснюється введенням у них гострої пари. Витрата пари визначається з розрахунку прогрівання всієї маси осаду до температури 65°C. Відбувається знешкодження патогенних мікроорганізмів, яєць гельмінтів, після чого осад поступає на мулові майданчики, з яких після певного часу (доки накопичиться достатньо осаду) вивозиться. 20% осаду поступає на аварійні мулові майданчики, на випадок непередбачуваних аварій.

ПВ 11.4. Промивка осаду

Для зниження лужності осаду, а також видалення значної кількості колоїдних та дрібно диспергованих частинок здійснюють промивання осаду технологічною водою. Тривалість проведення – 30 хвилин.

					ЕКБ.БЕ 7116.ДП	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПВ 11.5. Ущільнення осаду

Ущільнення осаду відбувається у вертикальних згущувачах. Тривалість ущільнення – 12 годин. Мулова вода поступає на усереднювач до ТП 6.5.

ПВ 11.6. Реагентна обробка

Обробка мінеральним коагулянтом ($Al_2(SO_4)_3$) забезпечує агрегацію тонкодисперсних та колоїдних частинок осаду, супроводжується руйнуванням гідратних оболонок, а також зміною форм зв'язку вологи з частинками осаду. Це зменшує питомий опір осадів фільтрації до значень, при яких забезпечується стабільна робота зневоднюючого обладнання. При застосуванні розчинів коагулянту ($Al_2(SO_4)_3$) та флокулянту (ПАА) спостерігається покращення вологовіддаючих властивостей осаду та зменшення дози коагулянту. Реагенти подаються від ДР 3 і ДР 4.

ПВ 11.7. Механічне зневоднення

Далі осад поступає на вакуум-фільтри для зневоднення. Робочий цикл вакуум-фільтра включає наступні операції: фільтрування, зневоднення (підсушування), видалення відходів на полігон. Утворений фільтрат подається на стадію ТП 6.5, а утворений осад на майданчики для збереження, далі на вивезення. Вакуумні фільтри забезпечують отримання кека з вологістю 70%. Робочий тиск 0,16 МПа, здійснюється технічний контроль тиску.

ПВ 12. Утилізація біогазу

ПВ 12.1 Збір газу у газгольдер

З огляду на нерівномірність виходу газу з UASB-реактора, з метою максимального його використання на майданчиках очисних споруд встановлюють мокрі одноланкові газгольдери, кожен з яких складається з резервуара, заповненого водою, і дзвону. Тиск газу під дзвоном газгольдерів складає 150-400 мм вод. ст. Для роботи газгольдера необхідна постійна подача 3-5 м³/год води, що витрачається в клапанній коробці автоматичного скидання газу і на поповнення резервуару. Газ (250-600 м³ на 1 т органічних забруднювачів) надходить на використання.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

ЗВ 13. Піскові майданчики

На піскових майданчиках підсушується піщана пульпа, що подається з ТП 6.4. Висушений пісок вивозиться, а дренажна вода перекачується насосами у голову очисних споруд.

ЗВ 14. Зневоднення на аварійних мулових майданчиках

Осад від ПВ 11.3 та ТП 10.1 (один раз на місяць) відводять у разі несправності вакуум-фільтру на аварійні мулові майданчики. Осади періодично вивозяться, а дренажна вода перекачується до ТП 6.3.

					ЕКБ.БЕ 7116.ДП	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.3. Контроль процесів біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу

Для правильної роботи очисних споруд важливим є систематичний контроль як всієї очисної станції, так і окремих її споруд (табл. 3.3.1).

Основною метою контролю виробництва є отримання точної інформації про хід виробничого процесу. Отримані дані в подальшому використовують для управління процесом і забезпечення задовільної роботи очисної станції в безпечних умовах праці.

Таблиця 3.3.1 – Параметри контролю процесів біологічного очищення СВ маслосирзаводу

Стадія, об'єкт контролю	Параметр контролю	Періодичність контролю	Норми технологічного режиму	Методи контролю, прилади
Стічні води маслосирзаводу	Витрати стічних вод, м ³ /добу	1 раз на добу	35000 м ³ /добу	Акустичний витратомір (К _т)
	pH	Кожні 2 години та 1 раз на добу (середньодобова проба)	4,5-6,5	Іономір лабораторний І-160 (К _х)
	Масова концентрація завислих речовин, мг/дм ³	Кожні 2 години та 1 раз на добу (середньодобова проба)	290 $\delta = \pm 10\%$	КНД 211.1.4.039-95 (К _х)
	БСК _{повн} , мг/дм ³	2 рази на тиждень	1750 $\delta = \pm 10\%$	КНД 211.1.4.024-95 (К _х)
	ХСК, мг/дм ³	2 рази на тиждень	2330 $\delta = \pm 15-20\%$	КНД 211.1.4.021-95 (К _х)
	Жири, мг/дм ³	2 рази на тиждень	До 100	МВВ №081/12-0646-09. Гравіметричним методом (К _х)
	Температура, °С	Кожні 2 години та 1 раз на добу (середньодобова проба)	Не більше 30 °С	МВВ №081/12-0311-06. Термометр ц.п. 0,1С (К _т)

Продовження таблиці 3.3.1

Підготовка аераційного повітря	Робочий тиск нагнітання в повітродувці, МПа	1 раз на годину	2,5	Манометр ОБМ1-100 (К _т)
Підготовка лужного реагента	Вміст негашеного вапна, %	1 раз на добу	5%-вий вміст	Концентратомір КОХ-1 (К _х)
Підготовка розчину флокулянту	Масова концентрація полакриламід, мг/дм ³	1 раз на добу	1,5	Концентратомір КОХ-1 (К _х)
Підготовка розчину коагулянту	Масова концентрація сульфат алюмінію, мг/дм ³	1 раз на добу	50-100	Концентратомір КОХ-1 (К _х)
Приготування хлорної води	Масова концентрація, мг/дм ³	1 раз на добу	3	Концентратомір КОХ-1 (К _х)
Очищення стічних вод на решітках	Засміченість решіток	1 раз на добу		Візуальне спостереження (К _т)
Очищення жировмісних стоків на жироловках	Масова концентрація жиру на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	50-30	МВВ №081/12-0646-09. Гравіметричним методом (К _х)
Очищення стічних вод на пісковловлювачах	Масова концентрація мінеральних домішок та піску на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	0,8 $\delta = \pm 5\%$	КНД 211.1.4.045-95 (К _т)
Усереднення стічних вод	рН на виході	Кожні 2 години та 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,5-7	Іономір лабораторний І-160 (К _х)
Очищення стічних вод в UASB-реакторі	Масова концентрація завислих речовин на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	60	КНД 211.1.4.039-95 (К _х)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕКБ.БЕ 7116.ДП

Арк.

55

Продовження таблиці 3.3.1

	БСК _{повн} на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	200	КНД 211.1.4.024-95 (К _х)
	ХСК на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	300	КНД 211.1.4.021-95 (К _х)
	Жири на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	5	МВВ №081/12-0646-09. Гравіметричним методом (К _х)
	pH	Кожні 2 години та 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,5-7	Іономір лабораторний І-160 (К _х)
	Температура, °С	Кожні 2 години та 1 раз на добу (середньодобова проба)	Не більше 30 °С	МВВ №081/12-0311-06. Термометр манометричний
Очищення стічних вод в аеротенку	Муловий індекс, см ³ /г	1 раз на добу	89	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд (К _т)
	Доза активного мулу, г/дм ³	3 рази на тиждень	3	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд (К _т)
	pH	Кожні 2 години та 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,5-7	Іономір лабораторний І-160 (К _х)
	Температура, °С	Кожні 2 години та 1 раз на добу (середньодобова проба)	Не більше 30 °С	МВВ №081/12-0311-06. Термометр ц.п. 0,1С (К _т)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕКБ.БЕ 7116.ДП

Арк.

56

Продовження таблиці 3.3.1

Вторинне відстоювання стічних вод	Вологість надлишкового активного мулу, %	3 рази на тиждень	99	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд (K _T)
	Ступінь рециркуляції	4 рази на тиждень	0,3	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд (K _T)
Змішування з хлорною водою	Доза активного хлору, мг/дм ³	1 раз на добу	3	Дозатор-витрамір 8010 (K _T , K _X)
Аеробна стабілізація осаду та НАМ	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	98,5	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд (K _T)
Ущільнення осаду та НАМ	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	97	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд (K _T)
Знезараження осаду у камері дегельмінтизації	Температура теплоагенту, °C	1 раз на добу	65	Термометр манометричний (K _T)
Реагента обробка осаду	Масова концентрація сульфату алюмінію, мг/дм ³	1 раз на добу	50	Концентратомір КОХ-1 (K _X)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕКБ.БЕ 7116.ДП

Арк.

57

Продовження таблиці 3.3.1

	Масова концентрація полакриламідів, мг/дм ³	1 раз на добу	1,5	Концентратомір КОХ-1 (К _х)
	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	70	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд (К _т)
Механічне зневоднення осаду на вакуум-фільтрах	Робочий тиск, МПа	1 раз на добу	0,16	Манометр ОБМІ100 (К _т)

3.4. Матеріальний баланс очищення стічних вод маслосирзаводу

Матеріальний розрахунок виконаний на основі технологічних стадій матеріальних потоків (табл. 3.4.1).

Таблиця 3.4.1 – Матеріальний баланс очищення СВ маслосирзаводу

Використано					Отримано				
Стадія	Назва матеріалів, сировини та напів-продуктів	Кількість			Стадія	Назва кінцевого продукту, втрат та відходів	Кількість		
		кг/м ³ СВ	м ³ /доб	кг			кг/м ³ СВ	м ³ /доб	кг
Механічне очищення СВ	Стічна вода	-	35000	-	Механічне очищення СВ	Стічна вода	-	35000	-
	Завислі речовини	0,29	-	1220		Завислі речовини	0,26	-	1180
	Пісок	-	-	380		Пісок	-	-	-
	БСК _{повн}	1,75	-	7550		БСК _{повн}	1,75	-	7550
	Жири	0,1	-	680		Жири	0,04	-	270
					Вилучено забруднювачів				830
Всього				9830	Всього				9830
Біологічне очищення СВ	Стічна вода	-	35000	-	Біологічне очищення СВ	Стічна вода	-	35000	-
	Завислі речовини	0,26	-	1180		Завислі речовини	0,015	-	24
	БСК _{повн}	1,75	-	7550		БСК _{повн}	0,015	-	75
	Жири	0,04	-	270		Жири	0	-	0
	Маса активного мулу	-	-	4374		Маса активного мулу після відстоювання	-	-	22
					Маса РАМ	-	-	4352	
					Вилучено забруднювачів				8901
Всього				13374	Всього				13374

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕКБ.БЕ 7116.ДП

Арк.

59

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ, ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

4.1. Розрахункові витрати стічних вод маслосирзаводу

Згідно завдання середня витрата стічних вод маслосирзаводу:

$$Q_{\text{сер.доб}} = 35000 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Середньогодинна витрата СВ:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{35000}{24} = 1458 \text{ м}^3 / \text{год.} \quad (4.1)$$

Середньосекундна витрата СВ:

$$Q_{\text{сер.с.}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24 \cdot 3600} = \frac{35000}{24 \cdot 3600} = 0,405 \text{ м}^3 / \text{с.} \quad (4.2)$$

Середньосекундна витрата в дм³:

$$q_{\text{сер.с.}} = Q_{\text{сер.с.}} \cdot 1000 = 0,405 \cdot 1000 = 405 \text{ дм}^3 / \text{с.} \quad (4.3)$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати СВ становлять:

$$q_{\text{max.с.}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сер.с.}} = 1,524 \cdot 405 = 617,2 \text{ дм}^3 / \text{с.}, \quad (4.4)$$

$$q_{\text{min.с.}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сер.с.}} = 0,641 \cdot 405 = 259,6 \text{ дм}^3 / \text{с.}, \quad (4.5)$$

де $q_{\text{сер.с}}$ – середньосекундна витрата СВ маслосирзаводу, м³/доб; K_{max} , K_{min} – коефіцієнти максимальної та мінімальної нерівномірності водовідведення – 1,524 і 0,641 відповідно [19, табл. 2].

Максимальна витрата СВ:

$$Q_{\text{max}} = 3,6 \cdot q_{\text{max.с.}} = 3,6 \cdot 617,2 = 2222 \text{ м}^3 / \text{год.} \quad (4.6)$$

ЕКБ.БЕ7116.ДП				
З.м.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Романюк А.В.		
Канс.				
Керівн.		Саблій Л.А.		
Затверд.				
Розрахунки, вибір та характеристика основного обладнання				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		60	86	
КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71				

4.2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод маслосирзаводу

Річка Гуйва відноситься до водойми комунально-побутового водокористування [20]. У розрахунковому створі за течією річки на 1 км від найближчого пункту водокористування повинні забезпечуватися наступні показники якості води:

- приріст вмісту завислих речовини у воді менше або рівний $0,75 \text{ мг/дм}^3$;
- біохімічна потреба в кисні – не більше 6 мг/дм^3 при температурі $20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- розчинений кисень – не менше 4 мг/дм^3 (в літній період).

До комунально-побутового водокористування належать водні об'єкти для купання, занять спортом і відпочинку населення. Встановлені вимоги до якості води повинні поширюватися на всі ділянки річки, які знаходяться в межах населених місць, незалежно від виду їх використання.

Коефіцієнт турбулентної дифузії, що відображає змішування стічної води маслосирзаводу з водою річки, розраховується за формулою:

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{1,8 \cdot 3,0}{200} = 0,027, \quad (4.7)$$

де V_{cp} – середня швидкість течії води в річці Гуйва між випуском СВ маслосирзаводу і розрахунковим створом, м/с – 1,8 (згідно завдання); H_{cp} – середня глибина річки Гуйва на тій же ділянці, м – 3,0 (згідно завдання).

Коефіцієнт, який враховує гідравлічні умови змішування СВ маслосирзаводу з водою річки, розраховується за формулою:

$$\alpha = \phi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{сер.с.}}} = 1,8 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,027}{0,405}} = 1,1, \quad (4.8)$$

де ϕ – коефіцієнт звивистості річки – 1,8 (згідно завдання); ξ – коефіцієнт, який залежить від конструкції та місця випуску СВ у водойму. Прийнято русловий витік – 1,5; q – середньосекундна витрата СВ, які скидаються у водойму, $\text{м}^3/\text{с}$.

Коефіцієнт змішування СВ з водою річки розраховується за формулою:

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{сеп.с.}}}\right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-1,1 \sqrt[3]{2000}}}{1 + \left(\frac{18}{0,405}\right) e^{-1,1 \sqrt[3]{2000}}} = 0,999, \quad (4.9)$$

де L – відстань по фарватеру річки від місця випуску СВ до розрахункового створу, згідно завдання – 2000 м; Q – розрахункова витрата води в річці Гуйва при 95% забезпеченості, згідно завдання – 18 м³/с; q – середньосекундна витрата СВ, які скидаються у водойму, м³/с.

Гранично-допустима концентрація ЗР в очищеній стічній воді, яка скидається у річку Гуйва, становить:

$$C_{\text{зр}}^{\text{доп}} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} + 1\right) + C_{\phi} = 0,75 \cdot \left(\frac{0,999 \cdot 18}{0,405} + 1\right) + 20 = 54,05 \text{ мг / дм}^3, \quad (4.10)$$

де p – нормативний приріст концентрації ЗР у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм³ ($p = 0,75$ г/м³); C_{ϕ} – фонові концентрації ЗР у воді річки до місця випуску стічних вод, згідно завдання – 20 мг/дм³.

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

$$C_{\text{БСК}}^{\text{доп}} = \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} \cdot \left(\frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k \cdot t}} - C_{\text{БСК}}^{\phi}\right) + \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k \cdot t}} = \frac{0,999 \cdot 18}{0,405} \cdot \left(\frac{6}{10^{-0,086 \cdot 0,013}} - 4,0\right) + \frac{6}{10^{-0,086 \cdot 0,013}} = 95,5 \text{ мг / дм}^3, \quad (4.11)$$

де $C_{\text{БСК}}^{\text{доп}}$ – значення БСК_{повн}, яке має бути досягнуто у процесі біологічного очищення СВ, мг/дм³; $C_{\text{БСК}}^{\text{н}}$ – гранично-допустиме значення БСК_{повн} в розрахунковому створі річки, мг/дм³ – 6 (визначається з виду водокористування); $C_{\text{БСК}}^{\phi}$ – фонове значення БСК_{повн} у воді річки Гуйва до місця випуску СВ, мг/дм³ – 4,0 (згідно завдання); k – константа швидкості споживання кисню у суміші стічної та річкової вод, доба⁻¹ – 0,086 (дод. К, табл. К.1) [21]; t – тривалість руху води від місця випуску до розрахункового створу визначається за формулою:

$$t = \frac{L}{V_{\text{сп}} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{2000}{1,8 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,013 \text{ доб}, \quad (4.12)$$

									Арк.
									62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

ЕКБ.БЕ 7116.ДП

де L – відстань по фарватеру річки від місця випуску СВ до розрахункового створу, м – 2000 (згідно завдання); V_{cp} – середня швидкість течії води у річці Гуйва між випуском СВ маслосирзаводу та розрахунковим створом, м/с – 1,8 (згідно завдання).

Розрахунок допустимого значення БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у річку Гуйва, за розчиненим киснем у воді, без врахування поверхневої реаерації водойми. Необхідна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена у тому випадку, якщо БСК_{повн} стічних вод не буде перевищувати значення:

$$C_{БСК}^{O_2} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{сер.с.}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{БСК}^{\phi} - O_{\min}) - \frac{O_{\min}}{0,4} = \quad (4.13)$$

$$= \frac{0,999 \cdot 18}{0,4 \cdot 0,405} \cdot (7,5 - 0,4 \cdot 4,0 - 4) - \frac{4}{0,4} = 200,9 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{БСК}^{O_2}$ – БСК_{повн} стічних вод, якого потрібно досягнути у процесі очищення, мг/дм³; O_{ϕ} – фонові концентрація розчиненого кисню у воді річки Гуйва до місця випуску СВ, мг/дм³ – 7,5 (згідно завдання); O_{\min} – найменша концентрація розчиненого кисню, яка має бути забезпечена у природній водоймі – 4 мг/дм³ [22]; $C_{БСК}^{\phi}$ – фонове значення БСК_{повн} у воді річки Гуйва до місця випуску СВ, мг/дм³ – 4,0 (згідно завдання); 0,4 – коефіцієнт для перерахунку БСК_{повн} у БСК₂.

За розрахункове значення БСК_{повн} приймаємо менше з двох отриманих у попередніх розрахунках – 131,4 мг/дм³. Отримане значення концентрації завислих речовин (54,05 мг/дм³) та значення БСК_{повн} (95,5 мг/дм³) свідчать про відсутність потреби доочищення, оскільки повне біологічне очищення дозволяє досягти значень БСК_{повн}=15 мг/дм³, $C_{зр}$ =15 мг/дм³.

									Арк.
									63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

ЕКБ.БЕ 7116.ДП

4.3. Вибір анаеробного біореактора та його характеристика

Для розрахунку аеротенка необхідно знати значення показників БСК_{повн} та концентрацію завислих речовин, що надходять в аеротенк. Тому спочатку треба провести аналіз роботи UASB-реактора від якого поступають стічні води в аеротенк.

Біореактори прості у виконанні і являють собою залізобетонні або металеві ємності, що містять мінімум нестандартного обладнання (рухливі елементи відсутні). Компактність і практично повна герметичність анаеробних біореакторів дозволяють встановлювати їх не тільки на позамайданчикових очисних спорудах, а й на території підприємств і навіть всередині виробничих приміщень.

У UASB-реакторі (upflow anaerobic sludge blanket) – реакторі з висхідним потоком через шар анаеробного гранульованого мулу – стічна вода вводиться знизу через розподільні пристрої й проходить вгору через шар гранульованого мулу на дні реактора (рис. 4.4.1). Шар внизу реактора більш щільний (sludge bed), висотою 1,5-2,5 м з концентрацією біомаси 50-100 кг/м³, а вище – розріджений (sludge blanket) з концентрацією біомаси 5-20 кг/м³. Швидкість руху води в UASB-реакторі 0,5-1,5 м/г. Завдяки руху рідини утворюються бульбашки газу, що забезпечуються перемішування усередині шару мулу, що сприяє інтенсивному протіканню процесу [11].

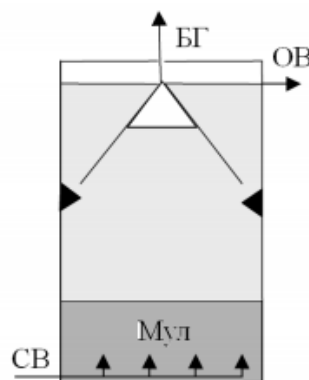


Рисунок 4.4.1 – Схема UASB-реактора [18]:

СВ – вхід стічної води; ОВ – вихід очищеної води; БГ – вихід біогазу

					ЕКБ.БЕ 7116.ДП	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Реактор забезпечує стабільне зброджування при ХСК у воді на вході >1500-3000 мг/дм³ при ступені видалення ХСК – 70-90%, БСК – 50-80%, завислих речовин – 60-80%, швидкий відгук системи на збільшення навантаження і відновлення працездатності мулу через 5-30 год після перерв в подачі води від декількох діб до 2-3 тижнів.

Отже, за проаналізованою літературою UASB-реактор при початкових значеннях БСК_{повн} = 1750 мг/дм³, ХСК = 2330 мг/дм³, ЗР = 290 мг/дм³ та жирів = 100 мг/дм³ забезпечує очищення по БСК_{повн} до 200 мг/дм³, ХСК до 300 мг/дм³, ЗР до 60 мг/дм³ та жирів до 5 мг/дм³ (табл. 1.4.1).

					ЕКБ.БЕ 7116.ДП	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4.4. Розрахунок аеротенка

Згідно [22], при концентрації $BCK_{\text{повн}} < 500 \text{ мг/дм}^3$ приймаємо аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу ($BCK_{\text{повн}} > 150 \text{ мг/дм}^3$).

Попередньо приймаємо дозу АМ в зоні аерації у межах $2-4,5 \text{ г/дм}^3$ і значення мулового індексу $70-100 \text{ см}^3/\text{г}$. Для прийнятих значень розраховується ступінь рециркуляції АМ:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{3}{\frac{1000}{90} - 3} = 0,37, \quad (4.14)$$

де a_a – доза мулу, яка дорівнює 3 г/дм^3 ; J – муловий індекс, що становить $90 \text{ см}^3/\text{г}$.

Доза АМ в регенераторі розраховується за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) = 3 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,37} + 1 \right) = 7,054 \text{ г/дм}^3. \quad (4.15)$$

Концентрація органічних забруднень за $BCK_{\text{повн}}$ у суміші СВ і циркуляційного активного мулу розраховується за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1 + R} = \frac{200 + 15 \cdot 0,37}{1 + 0,37} = 150 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.16)$$

де $C_{\text{сум,БСК}}^a = 200 \text{ мг/дм}^3$ – показник $BCK_{\text{повн}}$ стічних вод, які поступають в аеротенк після анаеробного очищення в UASB-реакторі; $C_{\text{БСК}}^k = 15 \text{ мг/дм}^3$ – показник $BCK_{\text{повн}}$ в очищеній СВ після повного біологічного очищення, мг/дм^3 .

Тривалість обробки СВ в аеротенку становить:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^k} = \frac{2,5}{\sqrt{3}} \cdot \lg \frac{150}{15} = 1,44 \text{ год}. \quad (4.17)$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом становить:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_o}{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{\text{БСК}}^k} \cdot \frac{1}{1 + \phi \cdot a_p} = \quad (4.18)$$

$$85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 7,054} = 16,2 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}},$$

де $\rho_{\text{max}} = 85 \text{ мг/(г} \cdot \text{год)}$ – максимальна швидкість окиснення СВ [22, табл.40]; C_o – концентрація розчиненого кисню у муловій суміші, приймається

					ЕКБ.БЕ 7116.ДП	Арк. 66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

– 2 мг/дм³; K_L – константа, що характеризує властивості органічних забруднень і складає 33 мг·БПК_{повн}/дм³ [22, табл.40]; K_o – константа, що характеризує вплив кисню і складає 0,625 мгО₂/дм³ [22, табл.40]; ϕ – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, становить 0,07 дм³/г [22, табл.40].

Тривалість окиснення органічних забруднень розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k}{a_p (1-S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер,р}}} = \frac{200-15}{7,054(1-0,3) \cdot 16,2 \cdot 0,37} \cdot \frac{15}{21} = 4,46 \text{ год}, \quad (4.19)$$

де S – зольність АМ, приймається 0,3 [22, табл. 40]; $T_{\text{сер,р}}$ – середньорічна температура СВ, становить 21 °С (за завданням).

Тривалість регенерації АМ становить:

$$t_p = t_o - t_a = 4,46 - 1,44 = 3,02 \text{ год}. \quad (4.20)$$

Середня тривалість перебування СВ в системі аеротенк-регенератор:

$$t_{\text{сер}} = (1+R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1+0,37) \cdot 1,44 + 3,02 \cdot 0,37 = 3,1 \text{ год}. \quad (4.21)$$

Середня доза АМ в системі аеротенк-регенератор розраховується за формулою:

$$a_{\text{сер}} = \frac{a_a (1+R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сер}}} = \frac{3(1+0,37) \cdot 1,44 + 7,054 \cdot 0,37 \cdot 3,02}{3,1} = 4,45 \text{ г / дм}^3. \quad (4.22)$$

Навантаження на АМ за прийнятими вихідними даними складає:

$$q_m = \frac{24(C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k)}{a_{\text{сер}} \cdot (1-S) \cdot t_{\text{сер}}} = \frac{24(200-15)}{4,45 \cdot (1-0,3) \cdot 3,1} = 460 \text{ мг / (г} \cdot \text{добу)}. \quad (4.23)$$

З врахуванням навантаження на АМ визначається фактичне значення мулового індексу, відповідно до [22, табл.41], що становить: $I_{\phi}=89 \text{ см}^3/\text{г}$.

При фактичному значення мулового індексу ступінь рециркуляції складатиме:

$$R^{\phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{3}{\frac{1000}{89} - 3} = 0,36. \quad (4.24)$$

						Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ЕКБ.БЕ 7116.ДП	

Нове значення R_{ϕ} не перевищує попереднього, тому розрахунок завершено.

Робочий об'єм аеротенка та регенератора розраховується за формулами:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\text{сер.год}} = (1 + 0,37) \cdot 1,44 \cdot 1458 = 2877 \text{ м}^3, \quad (4.25)$$

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\text{сер.год}} = 3,02 \cdot 0,37 \cdot 1458 = 1629 \text{ м}^3, \quad (4.26)$$

де $Q_{\text{сер.год}}$ – середньогодинна витрата СВ, 1458 м³/год.

Загальний об'єм складає:

$$W = W_a + W_p = 2876 + 1629 = 4056 \text{ м}^3. \quad (4.26)$$

Об'єм однієї секції становить:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{4506}{2} = 2253 \text{ м}^3. \quad (4.27)$$

Приймається чотирьохкоридорний аеротенк з 2 секціями з робочою глибиною $H = 3,2$ м, шириною секцій $B = 4,5$ за типовим проєктом ТП 902-2-178 [23, табл. 27.7].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{4506}{4,5 \cdot 3,2 \cdot 2 \cdot 4} = 39,1 \text{ м}, \quad (4.28)$$

де $N = 2$ – кількість секцій аеротенка, шт.; $n_k = 4$ – кількість коридорів у секції, шт.

Прийнята довжина секції – 40 м.

Визначається розподіл РАМ зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{1629}{4506} \cdot 100 = 36\%. \quad (4.29)$$

Прийнято 2 коридори під аеротенк, 2 – під регенератор.

Приріст АМ в аеротенку визначається за формулою:

$$П = 0,8 \cdot C_{ЗР}^{к,ф} + K_{П} \cdot C_{\text{сум,БСК}}^a = 0,8 \cdot 60 + 0,3 \cdot 200 = 108 \text{ мг/дм}^3, \quad (4.30)$$

де $C_{ЗР}^{к,ф} = 60$ мг/дм³ – концентрація ЗР, що поступає в аеротенк після анаеробного очищення в UASB-реакторі; $K_{П}$ – коефіцієнт приросту АМ, становить 0,3.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Аеротенки обладнуються системою аерації. Приймається дрібнобульбашкова аерація, розрахунок якої полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію:

$$q_{нов} = \frac{q_o \cdot (C_{сум}^{бнк} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (200 - 15)}{1,68 \cdot 2,12 \cdot 0,64 \cdot 1,02 \cdot (10,22 - 2)} = 10,65 \text{ м}^3 / \text{м}^3, \quad (4.31)$$

де q_o – питома витрата кисню повітря, при повному біологічному очищенні приймається $1,1 \text{ мг/дм}^3$; $K_1 = 1,68$ – коефіцієнт, що враховує тип аератора та приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка ($f_{a.з}/f_a$) [22, табл.42]; $K_2 = 2,12$ – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів [22, табл.43]; $K_3 = 0,64$ – коефіцієнт якості води для СВ маслосирзаводу [22, табл.44]; K_T – коефіцієнт, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ($T_{сер.р}$) за формулою:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{сер.р} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (21 - 20) = 1,02, \quad (4.32)$$

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

$$C_a = (1 + \frac{h_a}{20,6}) \cdot C_T = (1 + \frac{3,2}{20,6}) \cdot 8,85 = 10,22 \text{ мг} / \text{дм}^3, \quad (4.33)$$

де C_T – розчинність кисню у воді в залежності від атмосферного тиску та температури, складає $8,85 \text{ мг/дм}^3$ [24, табл. 3.5]; C_o – середня концентрація кисню в аеротенку, приймається 2 мг/дм^3 .

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку розраховується за формулою:

$$I = \frac{q_{нов} \cdot H}{t_{сее}} = \frac{10,65 \cdot 3,2}{3,1} = 11 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (4.44)$$

де $H = 3,2$ – глибина аеротенка, м.

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

в аеротенку:

$$I_a = 0,67 \cdot I = 0,67 \cdot 11 = 7,36 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (4.45)$$

		у регенераторі:			<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$I_p = 1,33 \cdot I = 1,33 \cdot 11 = 14,63 \text{ (м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{год)}. \quad (4.46)$$

Отримані значення знаходяться в межах $I_a^{\min} < I_a$, $I_p < I_a^{\max}$. Згідно [22, табл.42 і табл.43] приймаємо $I_a^{\min} = 3,3 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$, $I_a^{\max} = 20 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Загальна витрата повітря, що подається в аеротенк, розраховується за середньою витратою СВ за час аерації в години середньогодинного припливу:

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = q_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{сер.год}} = 10,65 \cdot 1458 = 15528 \text{ м}^3 / \text{год}. \quad (4.47)$$

Повітродувки підбирають згідно каталогу, враховуючи загальні витрати напору і розрахункові витрати повітря.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4.5. Розрахунок вторинних відстійників

Тип вторинного відстійника визначається в залежності від пропускної здатності очисних споруд. Обираємо радіальний відстійник, оскільки він встановлюється при витраті стічних вод більше 13000 м³/доб.

Розрахунок вторинних відстійників виконується за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, що для відстійників після аеротенків розраховується за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H_{\text{з.в.}}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\text{м}}^{\phi} \cdot a_a)^{0,5-0,01 \cdot a_t}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,4^{0,8}}{(0,1 \cdot 89 \cdot 3)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,52 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{год}, \quad (4.48)$$

де $K_{\text{відст.}}$ – коефіцієнт використання об'єму відстійників, який для радіальних приймається – 0,4; $H_{\text{з.в.}} = 3,4$ м – глибина зони відстоювання; $J_{\text{м}}^{\phi} = 89$ см³/г – фактичне значення мулового індексу; $a_a = 3$ г/дм³ – концентрація АМ в аеротенку; a_t – концентрація АМ у воді після відстоювання, що становить 15 мг/дм³.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{сер.год}}}{q} = \frac{1458}{1,52} = 960 \text{ м}^2, \quad (4.49)$$

де $Q_{\text{сер.год}}$ – середньогодинна витрата СВ, 1458 м³/год.

Кількість вторинних відстійників приймається не менше трьох, усі відстійники – робочі. При трьох відстійниках розрахунковий об'єм збільшується в 1,2...1,3 рази:

$$N = \frac{F_{\text{відст.}} \cdot 4 \cdot K}{\pi \cdot D^2} = \frac{960 \cdot 4 \cdot 1,2}{3,14 \cdot 24^2} = 2,55 \text{ шт.} \quad (4.50)$$

Отже, обираємо 3 вторинних радіальних відстійники за ТП 902-2-88/76 з діаметром 24 м та глибиною 3,7 м.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОЧИСНІЙ СТАНЦІЇ ДЛЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МАСЛОСИРЗАВОДУ

5.1. Безпека праці

Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами на очисних спорудах є:

- електрострум при пошкодженні електромереж;
- падаючі випадкові предмети, заготовки деталей та інструменти;
- вогнебезпечні і повітряні суміші та отруйні речовини (метан, сірководень, сірчистий ангідрид, аміак, хлор та ін.);
- рухомі елементи обладнання (насосів, повітродувок, механізованих решіток);
- утворення вибухонебезпечних сумішей і газів;
- травмування людей при поводженні з вантажопідйомними пристроями і машинами;
- підвищена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму і вібрації від повітродувок і насосів на очисних спорудах;
- підвищена запиленість повітря в робочій зоні пилоутворювальними реагентами (коагулянти, флокулянти, вапно);
- патогенні мікроорганізми в стічних водах (бактерії, віруси, найпростіші);
- яйця гельмінтів в стічних водах.

Одним з шкідливих виробничих факторів є шум. Сильний, тривалий шум і вібрація, негативно позначаються на стані здоров'я людини. Тривала дія інтенсивних шумів може викликати часткову, а іноді і повну втрату слуху.

					ЕКБ.БЕ7116.ДП		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Канс.</i>							
<i>Керівн.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>			<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>		
<i>Затверд.</i>							
<i>Безпека праці та охорона навколишнього середовища на очисній станції для біологічного очищення стічних вод маслосирзаводу</i>							

Шум і вібрація є причиною зниження працездатності, ослаблення пам'яті, уваги, що може привести до травматизму та аварій. Вібрація особливо несприятливо діє на жіночий організм [25].

Ступінь шкідливості шуму і вібрації залежить від частоти, рівня (сили), тривалості та регулярності їх впливу. Класифікація шумів, допустимі рівні шуму на робочих місцях, загальні вимоги до шумових характеристик машин і устаткування і до захисту від шуму встановлені ДСН 3.3.6.037-99 [26].

Робота по зниженню вібрацій полягає, перш за все в контролі за монтажем обладнання, виконанням правил технічної експлуатації машин і агрегатів, своєчасним проведенням планово-попереджувальних ремонтів обладнання.

У число основних заходів щодо запобігання впливу на персонал входять комплексна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами, що викликають шум.

Приміщення, в яких обслуговується електричне обладнання, відносяться до 3 класу небезпеки щодо ураження струмом, так як є такі ознаки [25]:

- наявність підвищеної вологості повітря $\phi > 75\%$;
- наявність струмопровідних підлог;
- можливість одночасного дотику частини обладнання, що проводить струм і металоконструкцій, що мають зв'язок з землею.

Безпека персоналу забезпечується відповідно до правил улаштування електроустановок (ПУЕ):

- належна ізоляція частин обладнання, що проводять струм; ізоляція повинна бути подвійною: з робочим і захисним шаром;
- дотримання безпечних відстаней до частин, що проводять струм та їх огороження;
- заземлення корпусів електроустаткування;
- використання автоматичного відключення електроустановок від мережі.

Основні завдання пожежної безпеки промислових об'єктів включають комплекс

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

заходів, спрямованих на запобігання впливу на людину факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків.

Пожежний захист зводиться до:

- правильної оцінки вибухопожежонебезпечності об'єкта нормативними документами;
- правильного вибору ступеня вогнестійкості будівель і споруд та меж вогнестійкості окремих конструкцій;
- обмеження поширення вогню;
- застосування систем сигналізації та пожежогасіння;
- забезпечення безпечної евакуації людей.

Причинами аварій та вибухів на очисній станції може бути не правильна експлуатація мокрих газгольдерів для горючих газів: утворення вакууму або вибухонебезпечних газоповітряних сумішей; витік газу з газгольдера і системи трубопроводів; замерзання води в гідрозатворах і утворення крижаної кірки на стінках резервуара.

З метою виключення аварійних ситуацій газгольдери обладнують приладами дистанційного вимірювання об'єму газу, ступінчастою сигналізацією положення дзвону в газгольдері (ступінь заповнення газгольдера газом) і автоматичними вимикачами електродвигунів машин, які забирають газ з газгольдера при мінімальному обсязі газу в ньому [25].

Відстань від газгольдера до котельні й інших приміщень повинна бути не меншою від 30 м, до майданчиків доріг – не меншою від 20 м, відстань між газгольдерами – не меншою від 1/2 суми їхніх діаметрів.

Експлуатація очисних споруд повинна проводитися кваліфікованим персоналом, а на робочих місцях мають бути вивішені технологічні схеми, посадові інструкції і плакати з техніки безпеки, в особливо небезпечних місцях – знаки безпеки.

При хлоруванні стічної води надзвичайно важливе значення має правильна організація охорони праці і техніки безпеки. Для безпеки персоналу під час хлорування повинна бути забезпечена безвідмовна робота вентиляції,

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

достатнє і надійне ущільнення з'єднань в балонах і дозаторах, наявність захисних засобів (протигази, гумові рукавички та ін.) [25].

Приміщення дозаторних хлору відносяться до другого ступеня вогнестійкості, тому повинні бути обладнані постійною діючою приточно-втяжною вентиляцією з механічним спонуканням і шестиразовим обміном повітря. Трубопроводи рідкого і газоподібного хлору обладнують технологічним обладнанням (запірні, регулюючі, контролюючі пристрої) та захищають від впливу сонячної радіації і знижених температур.

Гранична концентрація хлору у повітрі робочої зони – 1 мг/дм³, при перевищенні якої повинна включатися світлова та звукова сигналізація і аварійна вентиляція [25].

Якщо загальні технічні заходи неповністю захищають працюючий персонал від впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, робітники повинні користуватися засобами індивідуального захисту і захисним інвентарем (спецодяг, спецвзуття та запобіжні пристосування, призначені для захисту працюючих від шкідливого впливу середовища, а також на роботах в несприятливих температурних і санітарних умовах).

Проектом мають бути передбачені заходи і умови запобігання травматизму, отруєння та професійних захворювань для створення безпечних умов праці. Технічні рішення, прийняті в робочому проєкті, повинні відповідати вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших норм діючих на території України, і забезпечувати безпечну для життя і здоров'я людей експлуатацію об'єкта при дотриманні передбачених у проєкті заходів.

Виконання всіх вимог технологічної та трудової дисципліни є важливим фактором забезпечення безпеки персоналу.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5.2. Охорона навколишнього середовища

Комплекс заходів щодо захисту навколишнього середовища від забруднення викидами підприємств включає кілька напрямків: розробка законодавчих і нормативних документів; організація обстеження підприємств і виявлення джерел забруднення; розробка технології знешкодження викидів і обладнання для її здійснення; підвищення ефективності роботи очисних споруд; природоохоронна освіта і т.д. [28].

Одним із основних завдань з охорони природного середовища є захист водойм від забруднення промисловими стічними водами. Це завдання є першочерговим серед природоохоронних заходів для підприємств молокопереробної промисловості.

Санітарно-захисна зона від очисних споруд до межі житлової забудови – 500 м. Розмір зони встановлено згідно з ДБН В.2.5-75:2013.

Майданчик очисних споруд має бути розташований нижче за течією річки щодо населеного пункту, для запобігання можливості отруєння людей в разі аварії на очисних спорудах і скидання неочищених стоків у річку [29].

Основними напрямками робіт з охорони водойм від забруднення стічними водами для всіх підприємств молочної промисловості є наступні:

- зниження втрат сировини і продуктів, його переробка зі стічними водами;
- впровадження маловідходних технологій і обладнання для переробки молока і побічної сировини (знежиреного молока, сколотини, сироватки);
- зниження витрати свіжої води;
- впровадження системи повторного і оборотного водопостачання;
- будівництво споруд для очищення стічних вод.

У виробничих корпусах (цехах) повинні бути передбачені роздільні мережі каналізації: для виробничих забруднених стічних вод, що містять жир; стічних вод, що не містять жир; побутових стічних вод і внутрішніх стоків.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для захисту джерел водопостачання на заводі має бути передбачено скорочення витрати свіжої води, зменшення скидання забруднених стічних вод. Засобами економії води і зменшення скидання забруднених стічних вод є:

- оборотне водопостачання;
- повторне використання води.

В обіг залучаються незабруднені стічні води холодильних установок, крижана вода з пластинчастих теплообмінників, резервуарів з охолоджуючими сорочками, заквасочників, стерилізаторів [28].

Велике значення має охорона навколишнього середовища при складуванні відходів. Осад з вторинних відстійників піддається обробці: зневодненню і знезараженню. Такий осад позбавлений патогенних організмів і не викликає шкідливого впливу на ґрунт. Для зменшення площі, що займає осад, передбачене його вивезення на сільськогосподарські угіддя, розташовані в приміській частині Андрушівки, і використання його в якості добрив.

Екологічна ефективність функціонування підприємства є ключовою ланкою в загальній оцінці його діяльності.

					ЕКБ.БЕ 7116.ДП	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В дипломному проєкті обґрунтовано та обрано ефективну технологію біологічної очистки СВ Андрушівського маслосирзаводу з використанням анаеробного і аеробного процесів.

Основні завдання, які були розглянуті та виконані в ході дипломного проєкту:

– проведено аналіз літературних джерел щодо технологій очищення стічних вод молокопереробних підприємств та наведено характеристику складу стічних вод маслосирзаводу;

– обґрунтовано вибір найбільш ефективної технології очищення СВ заводу до вимог їх скиду у річку Гуйва;

– охарактеризовано гранульований та активний мул, а також розглянуті основні біохімічні процеси, які відбуваються в анаеробних та аеробних умовах біологічного очищення СВ;

– проведені розрахунки гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин перед скидом у річку Гуйва, а також розрахунок аеротенків та вторинних відстійників за обраною технологією очистки СВ маслосирзаводу;

– наведено основні заходи з охорони праці і захисту навколишнього середовища під час виконання технологічного процесу;

– виконано креслення аеротенка-витиснювача, апаратурної та технологічної схем (на А1) за прийнятою технологією очищення СВ маслосирзаводу.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Романюк А.В.			<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>			
Канс.								
					<i>Висновки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
							78	86
Керівн.		Саблій Л.А.			КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71			
Затверд.								

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мацнев А. І. Водовідведення на промислових підприємствах / А. І. Мацнев, Л. А. Саблій. – Рівне: Укр. держ. акад. водного господарства, 1998. – 219 с.
2. Полетаева М. А. Пути решения проблемы очистки сточных вод молочного предприятия / М. А. Полетаева, О. С. Осадчая, Н. А. Рузаева. // Ползуновский вестник. – 2013. – №1. – С. 273–275.
3. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2013. – 291 с.
4. Матейко Н. В. Анализ сточных вод молочной отрасли / Н. В. Матейко. – 2017. – С. 155–160.
5. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности/С. М. Шифрин, Г. В. Иванов, Б. Г. Мишуков, Ю. А. Феофанов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 272 с.
6. Сакаш Г. В. Очистка сточных вод предприятий по переработке молока / Г. В. Сакаш, А. Ф. Колова, Т. Я. Пазенко. // Вестник КрасГАУ. – 2016. – №8. – С. 97–103.
7. Неменуцкая Л. А. Современные технологии очистки сточных вод в молочной промышленности / Л. А. Неменуцкая, Л. Ю. Коноваленко. // ФГБНУ «Росинформагротех». – 2016. – С. 358–360.
8. Семенова, О. І. Очищення стічних вод молокопереробних підприємств / О. І. Семенова, Л. І. Танащук, Т. Л. Ткаченко // Вода і водоочисні технології. – 2004. – № 4.

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>							
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Список використаних джерел</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.В.</i>								79	86	
<i>Канс.</i>												
<i>Керівн.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>				
<i>Затверд.</i>												

9. Корчик Н. М. Комбінована схема очищення стічних вод молокопереробного підприємства [Електронний ресурс] / Н. М. Корчик, С. В. Белікова // WasteECo-2011. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <https://waste.ua/cooperation/2011/theses/korchik.html>.

10. Свистунов Ю.А. Водоотведение и очистка сточных вод (часть III) Очистка сточных вод сельских населенных пунктов/ Курс лекций для студентов специальности «Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения»: - Краснодар: Куб. ГАУ. – 2009. – 102 с.

11. Кузнецов А. Е. Прикладная экобиотехнология / А. Е. Кузнецов, Н. Б. Градова, С. В. Лушников. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 629 с.

12. Закон України «Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України» №166-р-КМ від 10.03.2017.

13. Гіроль М. М. Технології водовідведення промислових підприємств / М. М. Гіроль, А. М. Гіроль, А. М. Гіроль. – Рівне: НУВПГ, 2013. – 625 с.

14. Маркевич Р. М. Биотехнологическая переработка промышленных отходов / Р. М. Маркевич, И. А. Гребенчикова, М. В. Рымовская. // Белорусский государственный технологический университет (БГТУ). – 2019. – С. 153.

15. Фізико-хімічні та біологічні методи очистки стічних вод / [С. М. Епоян, Р. І. Назарова, Л. П. Снагощенко та ін.]. – Харків: Харківський національний університет будівництва та архітектури (ХНУБА), 2012. – 297 с.

16. Anaerobic granulation technology for wastewater treatment / Yu Liu, Hai-Lou Xu, Kuan-Yeow Show, Joo-Hwa Tay. // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2002. – №18. – С. 99–113.

17. Голубовская Э. К. Биологические основы очистки воды / Э. К. Голубовская. М.: Высшая школа, 1978. – 268 с.

18. Ружинська Л. І. Огляд конструкцій анаеробних біореакторів: навч.-техн. зб. / Л. І. Ружинська, А. О. Фоменкова, Є. В. Морозова. – Київ: Національний технічний університет України «КПІ», 2013. – 400 с.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

19. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мін. регіонального розвитку та житлово-комунального господарства України, 2013. – 96 с.

20. Лозовіцький П. Формування стоку та екологічний стан води річки Гуйва / П. Лозовіцький, А. Молочко. // ВІСНИК Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2018. – С. 22–29.

21. 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. – 58 с.

22. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой по делам строительства, 1986. – 73 с.

23. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

24. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учебное пособие для ВУЗов/Ю.М. Ласков, Ю.М. Воронов, В.И. Калицун.: - М., Стройиздат, 1987. – 255 с.

25. Бобков А. С. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности / А. С. Бобков. – Москва: Химия, 1997. – 400 с. – (2).

26. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Чиний від 1999-12-01]. Київ, 1999. 20 с. (Інформація та документація).

27. Анцыпович И.С. Охрана природы на предприятиях мясной и молочной промышленности / И.С. Анцыпович. – М.: Агропромиздат, 1985. – 112 с.

28. Гавриленков А. М. Экологическая безопасность пищевых производств / А. М. Гавриленков, С. С. Зарцына, С. Б. Зуева. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. – 272 с.

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Позиція	Позначення, марка	Найменування	К-ть	Ма- са, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6
ПЗ-1		Повітрозабірник, діаметр труби 300 мм, висота складає 4 м	1		Збірний
Ф-2		Фільтр попереднього очищення. Ефективність очистки 80%	1		Збірний
В-3		Повітродувки. Стиснення повітря 0,163 Мпа	1		Збірний
Р-5		Реактор для приготування хлорної води з пневматичним перемішуванням, місткістю 5 м ³	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
Р-8		Реактор для приготування розчину сульфату алюмінію з мішалкою, місткістю 5 м ³	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
Р-11		Реактор для приготування розчину ПАА з мішалкою, місткістю 5 м ³	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
Р-14		Реактор для приготування вапняного молока з мішалкою, місткістю 5 м ³	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т

					<i>ЕКБ.БЕ7116.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Специфікація обладнання</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Романюк А.В.</i>					
<i>Канс.</i>							
<i>Керівн.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>					
<i>Затверд.</i>							
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрюшів</i>
						82	86
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ,БЕ-71</i>		

Д-4 Д-6 Д-7 Д-9 Д-10 Д-12 Д-15 Д-27 Д-37 Д-38		Об'ємний дозатор для рідких речовин	10		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
Д-13	ДК-40	Ваговий дозатор для сипких речовин	1		Збірний
Р-16 Р-18	РМУ-1	Решітки з механічним очищенням. Частота обертів $n=1450$ хв/об. Розмір прозорів у решітці – 14 мм. Швидкість потоку рідини 0,8-1 м/с.	2		Збірний
Ж-17		Жироловка з реактивним водорозподільником. Ефективність видалення жиру 50-70%.	1		Збірний
П-19		Пісковловлювач. Середня швидкість руху 0,15-0,3 м/с.	1		Збірний
У-20		Усреднювач концентрації стічних вод з диференціюванням потоку	1		Збірний
Н-21 Н-25 Н-30 Н-35 Н-40 Н-42 Н-44 Н-46	СМ 100-65 200/46	Насос відцентровий горизонтальний консольний з робочим колесом закритого типу	8		Збірний

									Арк.
									83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

ЕКБ.БЕ 7116.ДП

Б-22		Біореактор UASB-типу. Швидкість руху води 0,5- 1,5 м/год	1		Збірний
А-23		Двохсекційний 4- коридорний аеротенк- витиснювач, з робочою глибиною Н = 3,2 м, шириною секцій В = 4,5 та довжиною секції – 40 м	1		Збірний
В-24		Вторинний радіальний відстійник. Діаметр 24 м, глибина 3,7 м	3		Збірний
Л-26		Змішувач типу лотка Паршала	1		Збірний
КР-28		Контактний резервуар. Продуктивність 35 тис. м ³ /доб.	1		Збірний
УМ-29 УМ-34		Ущільнювач мулу з тривалістю ущільнення 9- 12 год, вологість ущільненого осаду 97%	2		Збірний
АС-31		Аеробний стабілізатор. Витрата повітря 1-2 м ³ /год на 1 м ³ місткості стабілізатора	1		Збірний
КД-32		Камера дегельмінтизації	1		Нержавію- ча сталь 12Х18Н10Т
Р-33		Реактор для промивки осаду	1		Нержавію- ча сталь 12Х18Н10Т
Р-36		Реактор для змішування осаду із коагулянтном (Al ₂ (SO ₄) ₃) та флокулянтном (ПАА)	1		Нержавію- ча сталь 12Х18Н10Т

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕКБ.БЕ 7116.ДП

Арк.

84

Вф-39		Вакуум-фільтр. Робочий тиск 0,16 МПа. Тривалість 2-3 хв. Вологість осаду 70%.	1		Збірний
Г-41		Мокрий одноланковий газгольдер. Тиск газу під дзвоном газгольдерів складає 150-400 мм вод. ст.	1		Збірний
ПМ-43		Пісковий майданчик для підсушування піску та інших мінеральних домішок	1		
АМ-45		Аварійний муловий майданчик для підсушування осаду	1		
КП-2.1 КП-2.2 КП-3 КП-41.1		Манометр. Діаметр корпуса: 63 мм. Клас точності: 2,5, діапазон вимірювання 0-1,0МПа	3		Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
КП-5 КП-8 КП-11 КП-14 КП-20 КП-22.1 КП-23.1 КП-26 КП-28 КП-33 КП-36	ОВП	Датчик для вимірювання рН. Діапазон вимірювання: 2-12. Температурний діапазон: 0...110 °С	11		Твердий полімерний електроліт
КП-22.2 КП-23.3 КП-32	S10	Термоелектричний датчик	3		Збірний
КП-23.2 КП-31	FYA 600	Датчик для вимірювання концентрації кисню	2		
КП-39	ДМ1003-Эк	Манометр електроконтактний	1		Збірний

										Арк.
										85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>					

КП-41.2		Датчик для вимірювання концентрації газу. Робоча температура $-10...+40^{\circ}\text{C}$. Напруга зсуву нуля на виході при 20°C : $< 20\text{ мВ}$	1		
---------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--	--

					<i>ЕКБ.БЕ 7116.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		86