


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

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Наталія Голуб

« 3 » травня 2025 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
на тему: «Технологія локального біологічного очищення виробничих стічних
вод птахофабрики»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ББ-11
Лівінська Каріна Олександрівна



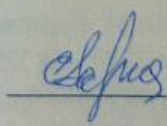
Керівник:

Професор, д.т.н., професор
Саблій Лариса Андріївна



Рецензент:

Професор кафедри промислової біотехнології
та біофармації, д.б.н., с.н.с
Гаркава Катерина Григорівна



Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент 

Київ – 2025 року

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

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»

Директор ТОВ «ОСТВА»



Віктор ПУЦИК
(підпис) (ім'я, прізвище)
«29» травня 2025р.

Завідувач кафедри

Голуб Наталія ГОЛУБ
(підпис) (ім'я, прізвище)
«21» квітня 2025р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студентці
Лівінській Каріні Олександрівні

- Тема проєкту «Технологія локального біологічного очищення виробничих стічних вод птахофабрики»,

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

затверджені наказом по університету від «29» травня 2025 р. №1138-Л

- Термін подання студентом проєкту: 03.06.2025

Вихідні дані до проєкту: розрахункова витрата виробничих стічних вод птахофабрики 6500 м³/добу, показники забруднень – завислі речовини – 3500 мг/дм³; БСК_{повн} – 4275 мг/дм³; БСК₅ – 3741 мг/дм³; ХСК – 6720 мг/дм³; азот амонійний – 168 мг/дм³; фосфати – 75 мг/дм³; СПАР – 0,736 мг/дм³; жири – 57 мг/дм³; рН – 7,2. Вимоги до скиду в міську систему водовідведення: завислі речовини – 400 мг/дм³; БСК_{повн} – 350 мг/дм³; ХСК – 450 мг/дм³; азот амонійний – 30 мг/дм³; фосфати – 10 мг/дм³; СПАР – 20 мг/дм³; жири – 10 мг/дм³; рН – 6,5-8,5.

КББЕ.ББ1109.ДП

Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Стадія	Арк.	Аркцид
Разроб.		Лівінська К.О.	<i>Лівінська</i>	30.05.2025	Завдання	2	77
Конс.		Саблій Л.А.	<i>Саблій</i>	30.05.2025			
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Саблій Л.А.	<i>Саблій</i>	30.05.2025	КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	23.04.2025	<i>Введ</i>
2	Розділ 1. Характеристика стічних вод, біологічного агенту, обґрунтування та вибір технології біологічного очищення стічних вод птахофабрики в місті Рогатин Іван-Франківської	28.04.2025	<i>Введ</i>
3	Розділ 2. Біохімічні основи технологічного процесу	02.05.2025	<i>Введ</i>
4	Розділ 3. Розрахунок, вибір і характеристика обладнання	08.05.2025	<i>Введ</i>
5	Розділ 4. Технологічна частина	15.05.2025	<i>Введ</i>
6	Розділ 5. Охорона праці та охорона довкілля	19.05.2025	<i>Введ</i>
7	Висновки	21.05.2025	<i>Введ</i>
8	Оформлення графічної частини	28.05.2025	<i>Введ</i>
9	Оформлення пояснювальної записки	30.05.2025	<i>Введ</i>

Студентка

Каріна Лівінська

Каріна Лівінська

Керівник проекту

Лариса Саблій

Лариса Саблій

КББЕ.ББ1109.ДП				
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Лівінська К.О.	<i>Каріна Лівінська</i>	30.05.2025
Конс.		Саблій Л.А.	<i>Лариса Саблій</i>	30.05.2025
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Саблій Л.А.	<i>Лариса Саблій</i>	30.05.2025

Календарний план

Старий	Арк	Аркуші
	4	77

КПІ ім. Ігоря Сікорського
ФБТ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 75 сторінок, 3 рисунки, 8 таблиць, 1 графік, 34 використаних джерел та один додаток.

У дипломному проєкті подано опис та умови утворення стічних вод птахофабрики. Проведено аналіз сучасних методів очищення, визначено їх переваги й недоліки. Обґрунтовано вибір найефективнішої технології локального очищення стічних вод, що включає безнапірну та реагентну напірну флотацію, анаеробне очищення в UASB-реакторі з гранульованим активним мулом, а також подальше аеробне очищення в аеротенку та вторинному відстійнику. Обрана технологія забезпечує досягнення нормативних показників якості очищеної води для скиду в міську систему водовідведення м. Івано-Франківськ.

Описано властивості біологічних агентів, задіяних у технології локального очищення, зокрема гранульованого анаеробного мулу та аеробного активного мулу. Розглянуто основні біохімічні процеси, які відбуваються під час анаеробного та аеробного очищення стічних вод.

Виконано розрахунки та вибір очисних споруд згідно з типовими проєктами, зокрема аеротенків і вторинних відстійників. Розроблено технологічну та апаратурну схеми локального очищення виробничих стічних вод птахофабрики, а також виконано креслення схем і біологічної споруди — аеротенка-витиснювача.

Розглянуто заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища під час експлуатації очисних споруд.

ВИРОБНИЧІ СТІЧНІ ВОДИ ПТАХОФАБРИКИ, ЛОКАЛЬНЕ ОЧИЩЕННЯ, ФЛОТАЦІЯ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, АНАЕРОБНЕ ОЧИЩЕННЯ, UASB РЕАКТОР, АЕРОБНЕ ОЧИЩЕННЯ, АЕРОТЕНК, ГРАНУЛЬОВАНИЙ МУЛ, АКТИВНИЙ МУЛ.

ABSTRACT

Explanatory note: 75 pages, 3 figures, 8 tables, 1 graph, 34 references and one appendix.

The thesis project describes the description and conditions of poultry farm wastewater generation. An analysis of modern treatment methods was carried out, their advantages and disadvantages were identified. The choice of the most effective technology for local wastewater treatment, including non-pressure and reagent pressure flotation, anaerobic treatment in a UASB reactor with granular activated sludge, and further aerobic treatment in an aeration tank and a secondary settling tank, is substantiated. The chosen technology ensures the achievement of the normative indicators of the quality of purified water for discharge into the municipal wastewater system of Ivano-Frankivsk.

The properties of biological agents involved in local treatment technology, in particular granular anaerobic sludge and aerobic activated sludge, are described. The main biochemical processes that occur during anaerobic and aerobic wastewater treatment are considered.

Calculations and selection of treatment facilities in accordance with standard designs, including aerotanks and secondary settling tanks, have been performed. Technological and hardware schemes for localized treatment of industrial wastewater from a poultry farm were developed, as well as drawings of the schemes and a biological structure - an aerotank displacer.

Measures for labor protection and environmental protection during the operation of treatment facilities are considered.

PRODUCTION WASTEWATER OF A POUGHFARM, LOCAL TREATMENT, FLOTATION, BIOLOGICAL TREATMENT, ANAEROBIC TREATMENT, UASB REACTOR, AEROBIC TREATMENT, AEROTANK, GRANULATED SLUDGE, ACTIVE SLUDGE

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛЬНОГО БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ СТІЧНИХ ВОД ПТАХОФАБРИКИ В МІСТІ РОГАТИН ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	12
1.1 Характеристика виробничих стічних вод птахофабрики	12
1.2 Аналіз сучасних технологій очищення стічних вод птахофабрик	14
1.3 Вибір і обґрунтування технології локального очищення виробничих стічних вод птахофабрики.....	18
1.3.1 Розрахункові витрати виробничих стічних вод птахофабрики	25
1.4 Характеристика біологічних агентів	26
1.4.1 Активний мул	26
1.4.2 Характеристика гранульованого мулу.....	27
РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	30
2.1 Біохімічні основи анаеробного процесу очищення стічних вод.....	30
2.2 Біохімічні основи аеробного процесу очищення стічних вод.....	33
2.2.1 Нітрифікація та денітрифікація	34
2.3 Характеристика кінцевого продукту – локально очищеної стічної води птахофабрики.....	36
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК, ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ.....	37
3.1 Розрахунок аеротенку	37
3.2 Розрахунок вторинних відстійників.....	41
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	43

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Лівінська К.О.			<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Конс.</i>		Саблій Л.А.				7	77
<i>Реценз.</i>					<i>ЗМІСТ</i> <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i> <i>ФБТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		Саблій Л.А.					

4.1. Сировина та матеріали, що використовуються в технології локального біологічного очищення виробничих стічних вод птахофабрики.....	43
4.2 Опис прийнятої технологічної схеми локального біологічного очищення виробничих стічних вод птахофабрики.....	45
4.3. Контроль технологічних процесів біологічного очищення стічних вод...	52
4.4 Матеріальний баланс локального очищення виробничих стічних вод птахофабрики.....	59
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ.....	61
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
ДОДАТОК А.....	73

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket;
AM – активний мул;
БСК – біологічне споживання кисню;
БСК_{повн} – повне біологічне споживання кисню;
ГДК – гранично допустима концентрація;
ЗР – завислі речовини;
КНС - каналізаційна насосна станція;
НАМ – надлишковий активний мул;
НТД – нормативно-технічна документація;
ОС – очисні споруди;
ПАР – поверхнево активні речовини;
РАМ – рециркуляційний активний мул;
СВ – стічні води;
СПАР – синтетичні поверхнево активні речовини;
ХСК – хімічне споживання кисню.

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		Лівінська К.О.			<i>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Конс.</i>		Саблій Л.А.					9	77
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Саблій Л.А.						

ВСТУП

Основою життя є вода. Проте, через недбалість людства щодо її очистки, вода може мати згубний вплив на все живе, що в ній проживає або споживає її. Забруднення гідросфери найчастіше відбувається через викиди підприємств різних промисловостей, в тому числі і харчової. В результаті обробки рослинної та тваринної сировини утворюються різноманітні забруднення, які в процесі виробництва потрапляють у стічні води і врешті-решт забруднюють гідросферу.

Птахофабрики є великими водоспоживачами, в Україні об'єм скиду стічних вод становить 8,5 млн м³/рік [1].

Забруднені виробничі стічні води птахівничих підприємств містять: пір'я, пух, жир, кров, миючі засоби, солі, нерозчинні мінеральні компоненти, залишки кормів та ін. В таких стоках наявні характерні високі показники: БСК_{повн}, ХСК, завислих речовин, азоту амонійного, фосфатів, жирів, СПАР та ін. Часто на таких підприємствах є механічні системи очищення стічних вод, що видаляють лише великі домішки. Висока концентрація органічних сполук, фосфору та азоту призводить до зменшення концентрації кисню у воді водойми і в результаті відбувається погіршення її якості та зменшення біорізноманіття [1]. В результаті, створюється загроза для здоров'я населення в районах, де водні ресурси є основним джерелом питної води та зрошення [2].

Скид стічних вод птахофабрики в місті Рогатин відбувається в міську систему водоочищення. Попереднє очищення безпосередньо на птахофабриці є застарілим та недостатнім.

Метою дипломного проекту є вибір та проектування ефективної технології локальної біологічної очистки виробничих стічних вод птахофабрики в місті Рогатин Івано-Франківської області для забезпечення якості очищеної води у відповідності до вимог міської системи водовідведення.

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разроб.</i>		Лівінська К.О.			<i>ВСТУП</i>			
<i>Конс.</i>		Саблій Л.А.					10	77
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Саблій Л.А.						

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести аналіз літературних джерел щодо технологій біологічного очищення стічних вод птахофабрик та характеристик складу стічних вод;
- описати сучасні технології очистки стічних вод птахофабрик, обґрунтувати та вибрати найбільш ефективну технологію локального очищення виробничих стічних вод фабрики до вимог їх скиду у систему водовідведення міста Івано-Франківськ;
- навести характеристику активного мулу та гранульованого анаеробного мулу і локально очищеної стічної води; розглянути основні біохімічні процеси, які відбуваються в анаеробних та аеробних умовах;
- виконати технологічні розрахунки очисних споруд: аеротенки, вторинні відстійники;
- скласти технологічну та апаратурну схеми та виконати креслення аеротенку;
- навести основні заходи з охорони праці і захисту довкілля.

Дипломний проект виконано за замовленням проектної організації – фірми «ОСТВА». Розроблені в роботі проектні рішення можуть бути використані під час проектування аналогічних робочих проектів, насамперед тих, що стосуються очисних станцій для очищення стічних вод птахофабрик та інших підприємств м'ясної галузі.

Апробація результатів роботи:

1. Лівінська К.О Проблеми очищення стічних вод птахофабрик та шляхи їх вирішення / «Біотехнологія XXI століття»: Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 16 травня 2025, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025, с. 265-267.

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТИЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛЬНОГО БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ СТИЧНИХ ВОД ПТАХОФАБРИКИ В МІСТІ РОГАТИН ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Характеристика виробничих стічних вод птахофабрики

Операції виробництва м'яса птиці можна розділити на дві основні категорії: виробництво та переробка. Виробництво – це вирощування птахів і включає в себе наступні етапи: розведення, висиджування, вирощування, виробництво кормів, утилізація відходів виробництва. Переробка – це процеси, що пов'язані з перетворенням живої птиці на м'ясні продукти: електрооглушення, забій і знекровлення, ошпарення тушок та видалення оперення, патрання, охолодження, сортування, фасування [3, 4].

Норми витрати води на одну голову залежать від того, який вид птиці вирощується, а також їх вік. Для дорослих курей яєчних порід загальною витратою води є 0,31 л/голову, а для м'ясних порід – 0,36 л/голову. Якщо ж це курчата, то ці витрати коливаються від 0,19 до 0,27 л/голову в залежності від віку [5].

У пташниках джерелами утворення стічних вод є: прибирання та змив калу; надлишки води, що надходять у системи поїння птахів (птахи можуть її розбризкувати, при цьому витрачаючи близько 0,009-0,017 літрів за добу на голову в залежності від типу напувалок [5]); технологічна вода, що накопичується у процесі миття приміщень. Також до основних виробничих приміщень належать: цех кормоприготування, цехи для сортування й упаковки яєць, цех прийому птиці, цех забою птахів і потрошіння, приміщення водяного охолодження, приміщення для миття тари. Окрім них, також є допоміжні: майстерні, гаражі, їдальні, душові, вбиральні тощо [1].

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>	Лівінська К.О.				<i>ХАРАКТЕРИСТИКА СТИЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛЬНОГО БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ СТИЧНИХ ВОД ПТАХОФАБРИКИ В МІСТІ РОГАТИН ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Конс.</i>	Саблій Л.А.						12	77
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	Саблій Л.А.							

В результаті роботи птахофабрики утворюється 6500 м³/добу стічних вод.

Різноманітність забруднюючих речовин залежить від стадії переробки. Під час забою стікає велика кількість крові (близько 0,07-0,115 л на пташку). Далі пташок ошпарюють та видаляють пір'я (майже 7% від ваги курки), яке транспортується водою до зони збору субпродуктів. Під час потрошіння виділяються субпродукти (від 17,5% до 18,5% від ваги курки), що також направляються до зони збирання субпродуктів водяним каналом. Потім тушки промивають як ззовні, так і всередині [4].

Виробничі стічні води мають високі значення забруднень за наступними показниками: БСК_{повн}, ХСК, завислі речовини, жири, СПАР, азот амонійний, фосфати [7].

Таблиця 1 – Характеристика стічних вод птахофабрики

№	Показник	Вміст у стічній воді після усереднювача, мг/дм ³
1	Завислі речовини	3500
2	ХСК	6720
3	БСК _{пов}	4275
4	Жири	34
5	СПАР	0,74
6	Азот амонійний	168
7	Фосфати	75

Так як в стічних водах високий вміст органічних речовин, в тому числі й білки, залишки крові та жири, то прямий скид неочищених стічних вод в навколишнє середовище не допустимий через виникнення евтрофікації [5]. Окрім цього, птахофабрики мають і інший негативний вплив, а саме: підкислення ґрунтів (аміак, сірководень і т.д.); забруднення поверхневих і

підземних вод (нітратами і амонієм); забруднення повітря аміаком, азотом, пилом, біоаерозолями; підвищення парникового ефекту (вуглекислий газ, метан, азот і т.д.); посухи (використання ґрунтових вод); запахи, шум; забруднення важкими металами, пестицидами та токсичними речовинами; поширення патогенів, стійких до антибіотиків; забруднення вод залишками фармацевтичної продукції [5].

На птахофабриках наявний органічний пил, що також потрапляє у стічні води. Органічний пил - це складна суміш органічних і неорганічних частинок фекалій, корму, підстилки, пір'я, лупа, кліщі, бактерії, грибки та ендотоксини. Пил може містити бактерії та гриби рослинного та тваринного походження. Поширеними видами цвілі є: *Acremonium*, *Alternaria*, *Aurobasidium*, *Aspergillus*, *Basidiospores*, *Cladosporium*, *Chrysosporium*, *Drechslera*, *Epicoccum*, *Eurotium*, *Fusarium*, *Geomyces*, *Mucor*, *Penicillium*, *Pithomyces*, *Rhizomucor*, *Scopulariopsis* and *Ulocladium*. Директива 2000/54/ЕС перераховує мікроорганізми в гною промислових птахофабрик, які потенційно можуть бути небезпечними, серед них: *Bacillus anthracis*, *Chlamydia ornithosis*, *Salmonella choleraesuis* var. *Typhi*, вірус *H5N1*, *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Listeria monocytogenes*, *Mycoplasma* spp. *Стафілокок* spp., *Стрептокок* spp. Ці та інші збудники можуть бути шкідливими як для працівників птахофабрики, так і для птахів. Також багато з них (наприклад, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*) визнані алергенними штамами [8].

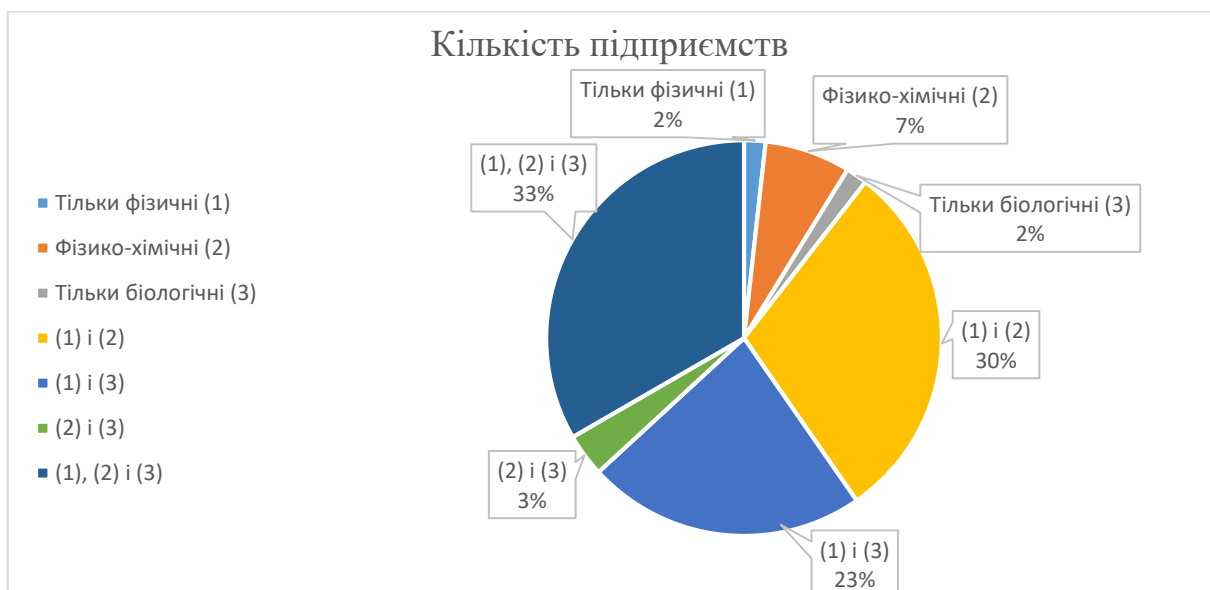
1.2 Аналіз сучасних технологій очищення стічних вод птахофабрик

1.2.1 Очистка на птахофабриках в США

Було проведено дослідження як саме відбувається очистка стічних вод на різних птахофабриках. Для цього використовувались опитувальні листи, що надсилались поштою. В результаті було опитано 57 підприємств в США, що займаються або вирощуванням, або переробкою птахів. Процеси, які очищають стічну воду, поділяються на фізичні (фільтрація), фізико-хімічні та біологічні (активний мул, анаеробне зброджування, аеровані та факультативні лагуни). Також може бути фінальна обробка за рахунок освітлювача, фільтрації,

					КББЕ.ББ1109.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

дезінфекції, полірувальних ставків. Усі підприємства, що брали участь в опитуванні, застосовують певний вид очищення стічних вод, їхній розподіл можна побачити на діаграмі 1 [4]:



Діаграма 1. Розподіл методів очищення стічних вод на птахофабриках [4]

Найбільш популярним є очищення із застосуванням всіх методів: фізичного, фізико-хімічного та біологічного. Із фізичних використовуються сита, а саме у 84% опитуваних, з яких найпопулярнішими є роторні з внутрішньою подачею. Також використовуються роторні із зовнішньою подачею, вібросита та ґрати [4].

Фізико-хімічна обробка застосовується за технологією DAF - це процес, що ґрунтується на використанні розчиненого у воді повітря для видалення завислих речовин, масел і жирів. Завдяки мікробульбашкам повітря ці забруднення спливають на поверхню, звідки їх легко видалити. Разом з цією технологією використовують зневоднення, наприклад стрічкові фільтр-преси та сушарки [4].

Найпопулярнішим способом біологічного очищення став активний мул, його використовують у 62% виробництв. Наступні за популярністю є аеровані лагуни та анаеробне збродження, їх використовують у 50% кожен [4].

Кінцевою обробкою стічних вод можуть бути вторинні відстійники, фільтрація, дезінфекція, полірувальні ставки. Найчастіше використовують

вторинні відстійники – 62%, менше полірувальні ставки – 26% та лише у 2 випадках була наявна фільтрація. Для дезінфекції використовують хлор – 16 установок, гіпохлорид натрію – 2 установки, система ультрафіолетового випромінювання – 6 установок [4].

1.2.2 Очищення стічних вод птахофабрик

Група науковців досліджували стан річок в Київській області і помітили, що найбільш забрудненою серед досліджуваних була у річка Недра. Основний скид у річку відбувається від птахофабрики, що і є причиною порушення гідробіологічного режиму [1].

На птахофабриці були наявні очисні споруди, схема яких зображена на рис. 1:

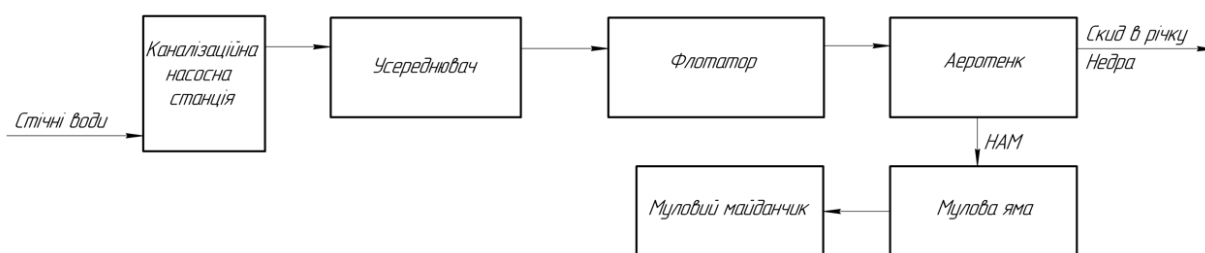


Рис. 1 – Існуюча технологія очищення стічних вод на птахофабриці [1]

Стічна вода, що утворюється у виробничому процесі, спочатку надходить до КНС, де змішується з господарсько-побутовими стоками. Після усереднення на станції стоки подаються у флотатор, який за проектом призначений для фізико-хімічного очищення, але використовується як відстійник-освітлювач. Із флотатора стічна вода надходить до аеротенка, де проходить біологічне очищення. Надлишковий активний мул, що утворюється в аеротенку, прямує до мулової ями, а з часом накопичується на мулових майданчиках, розташованих на території. Очищена вода з аеротенка скидається в річку Недра [1].

Так як даної очистки не достатньо, то науковці запропонували покращити дане очищення та замінити старе обладнання на нове, після якого буде забезпечено очищення води до відповідної якості, схема наведена на рис. 2 [1]:

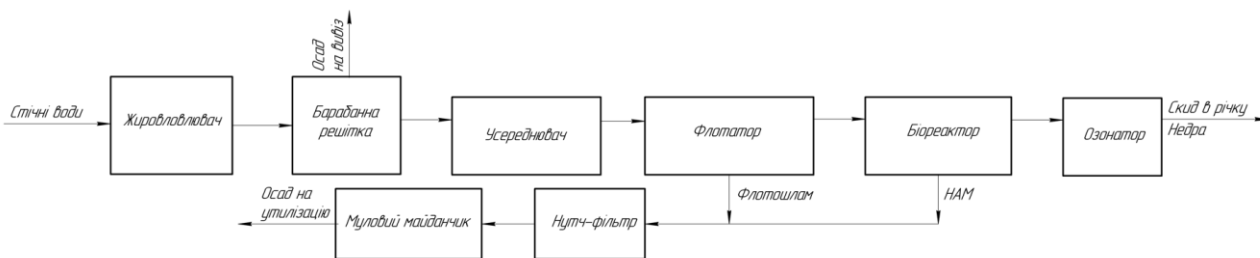


Рис. 2 – Оновлена технологія очищення стічних вод на птахофабриці [1]

Відповідно до запропонованої оновленої технологічної схеми очисних споруд, стічні води з забійного цеху спочатку спрямовуються до наявного жироловлювача. Після цього вони подаються через барабанну решітку РМБ Р, де затримані домішки направляються до зони вивантаження, стічна вода – до усереднювача. Щоб запобігти осіданню завислих частинок в усереднювачі передбачено систему перемішування. Із усереднювача стоки подаються до флотатора. Для підвищення ефективності очищення перед флотацією додаються реагенти – коагулянти та флокулянти, що сприяють утворенню пластівцеподібної структури забруднень [1].

Після флотації стічні води надходять на доочищення у біореактор, де завдяки поєднанню анаеробних і аеробних процесів досягається ступінь очищення до 97–98 %. Перед скиданням у водойму вода підлягає знезараженню за допомогою озонатора [1].

У процесі очищення утворюються такі види осаду: осади, затримані барабанною решіткою, флотошлам із флотатора та надлишковий активний мул із біореактора. Флотошлам змішується з надлишковим мулом і спрямовується на зневоднення за допомогою нутч-фільтра. Отримані зневоднені осади накопичуються на мулових майданчиках і періодично вивозяться на утилізацію [1].

Основні показники якості стічної води після впровадження оновленої технології очищення наведено в таблиці 2 [1].

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Подача стічних вод коливається протягом дня, що впливає на подальшу фізико-хімічну та біологічну очистку, адже коливання концентрацій забруднень впливає на розрахунок подачі коагулянтів, а також має негативний вплив на біологічні агенти. Тому необхідно встановлювати усереднювач стічних вод, щоб урівноважити коливання [9]. Показники забруднень стічних вод птахофабрики після усереднювача наведені у таблиці 3:

Таблиця 3 - Показники забруднень стічних вод птахофабрики

Показник	Значення у стічній воді після усереднювача	ГДК забруднювальних речовин при скиданні в міську систему водовідведення м. Івано-Франківськ [31]
Витрата стічних вод, м ³ /добу	6500	-
Завислі речовини, мг/дм ³	3500	≤ 433
ХСК, мг/дм ³	6720	≤ 580
БСК _{повн} , мг/дм ³	4275	≤ 500
Жири, мг/дм ³	34	≤ 33
СПАР, мг/дм ³	74	≤ 10
N _{амон} , мг/дм ³	168	≤ 30
Фосфати, мг/дм ³	75	≤ 10

Подальша очистка відбувається за допомогою фізико-хімічних методів. Так як у стічних водах птахофабрики велика концентрація завислих речовин, то найкраще підходить метод флотації. Перевагами флотації перед іншими методами є: низька вартість, простота обладнання та обслуговування, мала тривалість очищення (20-30 хв), висока ефективність очищення (90-98% від завислих речовин), низька вологість шламу (92-95%) [16].

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Флотаційна обробка здійснюється двоступеневим очищенням – спочатку безнапірна, а потім напірна, так як під час безнапірної флотації відбувається утворення бульбашок більшого розміру, тому для очищення від менших частинок також необхідна напірна флотація. Безнапірна флотація має хороший результат очищення стічних вод від жирових забруднень [16]. Показники забруднень після безнапірної флотації: $C_{\text{БСК}} = 3420 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ЗР}} = 2275 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ХСК}} = 5376 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{жир}} = 24 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{СПАР}} = 0,44 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Намон}} = 135 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Фосф}} = 70 \text{ мг}^3/\text{дм}$. Ефекти очищення: $E_{\text{БСК}} = 20\%$; $E_{\text{ЗР}} = 35\%$; $E_{\text{ХСК}} = 20\%$; $E_{\text{жир}} = 30\%$; $E_{\text{СПАР}} = 40\%$; $E_{\text{Намон}} = 20\%$; $E_{\text{Фосф}} = 7\%$.

Під час напірної флотації рідина за допомогою насоса подається в напірний бак, в якому повітря (яке поступає в трубопровід насоса через ежектор) під підвищеним тиском розчиняється у воді. Для кращої очистки від дрібнодисперсних домішок і колоїдних речовин потрібно дозувати коагулянти FeCl_3 і $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у флотокамеру. Забруднення, що піднімаються за рахунок флотації на поверхню, збираються скребками в карман, звідки потім направляються до збірника осадів від флотаторів. Також забруднення (до 25%) осідають на дні, тому флотатор має кут в напрямку дренажних спусків [16]. Показники забруднень після напірної флотації: $C_{\text{БСК}} = 2052 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ЗР}} = 126 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ХСК}} = 3226 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{жир}} = 14 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{СПАР}} = 0,18 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Намон}} = 108 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Фосф}} = 49 \text{ мг}^3/\text{дм}$. Ефекти очищення: $E_{\text{БСК}} = 60\%$; $E_{\text{ЗР}} = 95\%$; $E_{\text{ХСК}} = 40\%$; $E_{\text{жир}} = 42\%$; $E_{\text{СПАР}} = 60\%$; $E_{\text{Намон}} = 20\%$; $E_{\text{Фосф}} = 30\%$.

Після фізико-хімічних методів стічна вода все ще має ще високі показники ХСК, $\text{БСК}_{\text{повн}}$, фосфатів та $N_{\text{амон}}$. В такому випадку необхідне біологічне очищення [9].

Для зменшення кількості ХСК використовується UASB-реактор. Його перевагою є те, що за рахунок відсутності циркуляції повітря він є менш енергозатратним. Також гранульований активний мул потребує менше мікро- та макроелементів, що призводить до утворення меншої кількості осаду (близько 5-10% органічної речовини) і він краще зневоднюється. Стічні води надходять у нижню частину реактора та піднімаються вгору через шар, що складається з

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

гранульованого мулу, що має концентрацію 20 г/дм^3 . За рахунок швидкого змішування води із біомасою відбувається швидке анаеробне розкладання. Так як мікрофлора, що прикріплена до частинок шламу, видаляє забруднюючі речовини стічних вод, то важливим є щільність контакту шламу та стічних вод. Окрім цього, в результаті роботи реактора утворюється біогаз, що сприяє змішуванню та контакту. Для того, щоб відділити біогаз використовується трифазний сепаратор газ-рідина-тверда речовина, що розташований у верхній частині реактора [12]. Показники забруднень після анаеробного очищення в UASB-реакторі: $C_{\text{БСК}} = 205 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ЗР}} = 10 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ХСК}} = 323 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{жир}} = 5,2 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{СПАР}} = 0,16 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Намон}} = 102 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Фосф}} = 46,5 \text{ мг}^3/\text{дм}$. Ефекти очищення: $E_{\text{БСК}} = 90\%$; $E_{\text{ЗР}} = 92\%$; $E_{\text{ХСК}} = 90\%$; $E_{\text{жир}} = 63\%$; $E_{\text{СПАР}} = 11\%$; $E_{\text{Намон}} = 5\%$; $E_{\text{Фосф}} = 5\%$.

Так як після очищення в UASB-реакторі БСК стічних вод становить 205 мг/дм^3 , то другим етапом є аеробний процес в аеротенку-витиснювачі, де повітря подається рівномірно вздовж споруди [9].

Для відокремлення активного мулу із стічної води використовуються вторинні відстійники. В результаті відстоювання більша частина мулу повертається до аеротенків (рециркуляційний активний мул), а частина (надлишковий активний мул) направляється на подальшу обробку осадів. Так як кількість стічних вод не велика, а саме $6500 \text{ м}^3/\text{добу}$, то найкраще буде прийняти вертикальні відстійники [9].

Вертикальні відстійники – це круглі споруди з конічною муловою частиною. Вода рухається у вертикальному напрямку знизу доверху. Освітлення відбувається внаслідок різниці між швидкістю руху води та осадження частинок. Перевагою цих відстійників є те, що конструкція проста, механізми для примусового видалення мулу відсутні адже мул сповзає упрямо і видаляється під гідростатичним тиском. Проте мул може затримуватись на стінках, для запобігання цього використовують скребки, що згрібають його до центру напрямку [13]. Показники забруднень після біологічного очищення в аеротенку та вторинного відстоювання: $C_{\text{БСК}} = 15 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ЗР}} = 15 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ХСК}} = 70 \text{ мг}^3/\text{дм}$;

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

після безнапірної та напірної флотації, надлишковий активний мул з вторинних відстійників [9].

Під час обробки осадів потрібно здійснити їхню стабілізацію для того, щоб пригнітити життєдіяльність гнильних бактерій в наслідок зміни фізико-хімічних характеристик осадів [15]. Аеробна стабілізація осадів полягає у тривалому (протягом кількох діб) насиченні їх повітрям, у результаті чого мікроорганізми за участі кисню окиснюють основну частину органічних беззольних сполук і в результаті втрачає здатність до подальшого гниття [14].

Для реалізації цього процесу можуть застосовуватись аеробні стабілізатори висотою переважно 3–5 метрів. На малопотужних очисних спорудах зазвичай використовують аеробні стабілізатори, що працюють за принципом повного змішування. Проте такий підхід має недолік: у видаленому осаді може залишатися незначна кількість речовин, які перебували в стабілізаторі недостатньо довго. Через це для покращення стабілізації рекомендується використовувати споруди типу аеротенків-витиснювачів. Результативність стабілізації залежить від тривалості та інтенсивності аерації, температурного режиму, а також від складу і властивостей самого осаду [15].

Для зменшення вологості а також об'єму осадів необхідно провести його ущільнення. В залежності від методу ущільнення, вологість становить 94-98% [9].

Найпростішим методом є гравітаційне ущільнення. Тривалість ущільнення становить 4-24 години, досягається до 87-97% вологості. Негативно на ущільнювання впливають такі фактори: зміна температури осадів, загнивання мулу, виділення газів. Зазвичай використовуються звичайні радіальні відстійники, адже вони мають перевагу на вертикальними – ущільнюють осад до вологості 97,3% [14].

Осади стічних вод птахофабрик містять велику кількість мікроорганізмів, зокрема патогенних, а також віруси, яйця гельмінтів, сальмонели. Через це вони становлять серйозну санітарну та епідеміологічну загрозу і мають проходити обов'язкове знезараження. В даному випадку доцільно буде провести

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

дегельмінтизацію осадів за допомогою гострої пари: вводять гостру пару, перемішують для прогрівання до температури 60-65°C [14].

Утилізація таких осадів спрямована на вилучення та подальше використання корисних компонентів. Основна сфера застосування осадів — сільське господарство, де їх використовують як органо-мінеральні та азотно-фосфатні добрива, що містять необхідні для росту рослин мікроелементи. Проте, перед внесенням у ґрунт, осади мають бути безпечними: у них не повинно бути сальмонел і життєздатних яєць гельмінтів, кількість кишкових паличок не повинна перевищувати 10^4 , а ентерококів — 10^3 кл/л [15].

Останнім етапом очищення осадів стічних вод є механічне зневоднення, так як використання мулових майданчиків є неекологічним. Фільтр-преси стали широко застосовуватися для зневоднення осадів стічних вод. Вони забезпечують отримання осаду з низьким рівнем вологості, наприклад, при обробці суміші сирого осаду з первинних відстійників і ущільненого активного мулу вологість становить 62–75%. Стрічкові фільтр-преси вирізняються простотою конструкції та легкістю в експлуатації. У них передбачені нижня горизонтальна фільтрувальна стрічка та верхня притискна. Процес фільтрації й пресування відбувається між цими двома стрічками. Зневоднений осад видаляється за допомогою ножа і надходить у спеціальний контейнер, звідки в подальшому вивозяться в якості органічних добрив [9].

1.3.1 Розрахункові витрати виробничих стічних вод птахофабрики

Відповідно до завдання середня витрата стічних вод птахофабрики складає 6500 м³/добу.

Середньогодинна витрата стічних вод [17]:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{6500}{24} = 271 \text{ м}^3/\text{год}$$

Середньосекундна витрата стічних вод [17]:

$$Q_{\text{сер.с}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24 \cdot 3600} = \frac{6500}{24 \cdot 3600} = 0,08 \text{ м}^3/\text{с}$$

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Середньосекундна витрата в дм^3 становить [17]:

$$q_{\text{сер.с}} = Q_{\text{сер.с}} \cdot 1000 = 0,08 \cdot 1000 = 80 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Максимальна годинна витрата стічних вод [17]:

$$Q_{\text{max.год}} = K \cdot Q_{\text{сер.год}} = 1,6 \cdot 271 = 434 \text{ м}^3/\text{год}$$

Де K – загальний годинний коефіцієнт нерівномірності водовідведення для птахофабрики [18].

1.4 Характеристика біологічних агентів

1.4.1 Активний мул

Біологічний метод очищення базується на здатності спеціальних мікроорганізмів використовувати органічні забруднення як джерело живлення. У результаті цього процесу органічні речовини стічних вод перетворюються на нешкідливі окислені продукти, такі як H_2O , CO_2 , NO_3 , SO_4^{2-} тощо, а мікроорганізми отримують енергію і матеріали для свого росту та функціонування [17].

Активний мул, який утворюється в процесі біологічного очищення, має вигляд темно-коричневих пластівців розміром до кількох сотень мікрометрів. Приблизно 70% його маси становлять живі організми, а решта 30% — тверді неорганічні частинки [19].

Склад активного мулу залежить від складу стічних вод, які надходять в аеротенк, слугуючи живильним середовищем для мікрофлори мулу. У біоценозах активного мулу присутні такі представники мікрофлори, як гетеротрофні бактерії, ціанобактерії, гриби, найпростіші (джгутикові, амеби, інфузорії, саркодові), а також багатоклітинні організми, зокрема коловертки, нематоди та черви [20].

Типовим мікроорганізмом активного мулу є *Zoogloea ramigera* — аеробна, грамнегативна паличкоподібна бактерія, яка формує пластівці завдяки бактеріальним клітинам та виділенню полісахаридів. У складі мулу також поширені слизоутворюючі аеробні бактерії роду *Pseudomonas*. Нитчасті бактерії, хоча й присутні в активному мулі, небажані, оскільки їхній розвиток призводить

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

до спухання мулу, ускладнюючи його осадження у вторинних відстійниках [21].

Серед бактеріальних фізіологічних груп активного мулу зустрічаються: нітрифікатори (*Nitrosomonas, Nitrobacter*); амоніфікатори (*Bacillus, Sporosarcina, Enterobacteriaceae*); сіркобактерії (*Beggiatoa, Thiobrix*); жиророзщеплюючі бактерії (*Pseudomonas, Rhodococcus*); целюлозорозкладаючі бактерії (*Cellulomonas, Actinomyces*) [21].

Гриби родів *Fusarium, Nemaiosporangium, Mucor* допомагають у мінералізації органічних речовин, розкладаючи токсичні й важкоокиснювані сполуки та захищаючи інші організми від негативного впливу. Найпростіші відіграють важливу роль у регуляції кількості бактерій та освітленні води, споживаючи завислі частинки. Представники саркодових, таких як *Amoeba radiosa, Centropyxis laevigata*, характерні для нормально функціонуючого мулу. Наявність *Pamphagus hyalinus* і *Pelomyxa palustris* свідчить про проблеми в очищенні. Клас джгутикових представлений родами *Oicomonas* і *Bodo*. Їхня велика кількість сигналізує про перевантаження аеротенка. Найбільше індикаторних організмів належить до інфузорій, серед яких сприятливим знаком є наявність *Litonotus fasciola* та представників родів *Cyclidium, Oxytricha, Opercularia, Vorticella, Carchesium* [21].

Багатоклітинні організми, такі як черви, коловертки й личинки комах, живляться органічними частинками. Коловертки є чутливими до змін середовища й виступають індикаторами. Часто зустрічаються *Philodina roseola, Cathypna lima, Rotaria rotatoria*. В аеротенках також можна знайти круглих червів (*Nematoda*), щетинкових (*Oligochaeta*), личинки мух (*Psychoda*), рачків і водяних кліщів [21].

1.4.2 Характеристика гранульованого мулу

Ключовим елементом технології UASB є гранульований муловий шар, який вирізняється високою щільністю та здатністю витримувати екстремальні умови середовища. Гранули мають багатосарову будову: на поверхні переважають гідролітичні та підкислюючі мікроорганізми, тоді як у центральній частині розташовані метаногенні бактерії. Завдяки наявності порожнин і каналів

					КББЕ.ББ1109.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

у структурі гранул забезпечується ефективно транспортування газів, субстратів і метаболітів між різними шарами [22]. Властивості гранульованого мулу, зокрема розмір, щільність і характеристики мікроплівки, суттєво впливають на загальну продуктивність реактора. Крім того, разом із швидкістю висхідного потоку, періодичне впорскування газу може стимулювати зсувні сили в рідині, що призводить до змін у структурі поверхні гранул. Мікроскопічний аналіз засвідчив, що більші гранули (3–4 мм у діаметрі) мають більш розвинену внутрішню шаруватість і вищу стабільність метаногенезу порівняно з меншими гранулами (1–2 мм) [23].

Мікробна спільнота в UASB-реакторах демонструє високу здатність до адаптації навіть за умов раптових змін експлуатаційних параметрів, що можуть виникати впродовж тривалої роботи. Зокрема, у повномасштабному реакторі UASB, призначеному для очищення молочних стічних вод, спостерігалася відновна реакція мікробіоти після випадкового підвищення рН, яке порушило її структуру. Після цього спільнота зуміла відновити як різноманіття, так і метаногенну активність [24]. Незважаючи на широке застосування UASB-технологій, механізми грануляції досі залишаються недостатньо вивченими. Анаеробна грануляція передбачає утворення мікробних агрегатів — щільних, добре структурованих утворень, формування яких не потребує використання додаткових носіїв. Дослідження свідчать, що склад мікробної спільноти змінюється залежно від типу субстрату, що піддається очищенню. Наприклад, у процесі обробки фенолу в UASB-реакторі було встановлено, що археї родів *Methanosaeta* та *Methanobacterium*, відсутні у вихідному посівному матеріалі, стали домінуючими видами, тоді як серед бактеріальних домінант виявлено *Syntrophorhabdus* — відомих здатністю до деградації фенолу з утворенням бензоату, який згодом перетворюється на ацетат і водень, — а також представників роду *Clostridium* [12].

Одним із основних обмежень у функціонуванні анаеробного трофічного ланцюга є повільна швидкість метаболічного перетворення коротколанцюгових жирних кислот та спиртів синтетичними бактеріями. Однак нещодавно цю

					КББЕ.ББ1109.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

проблему вдалося частково вирішити завдяки розвитку механізму прямого міжвидового перенесення електронів (DIET), який дозволяє електронам передаватися безпосередньо через біоелектричні контакти або з використанням провідних абіотичних матеріалів, таких як біовугілля, активоване вугілля чи магнетит [25]. Механізм DIET сприяє швидкому формуванню електричних зв'язків між мікроорганізмами, що активізує функціонування мікробних спільнот. Доведено, що застосування DIET скорочує лаг-фазу, прискорює розклад органічних речовин і одночасно підвищує ефективність утворення біогазу. Зокрема, етанол може використовуватись як стимулятор DIET, оскільки сприяє формуванню провідних та стабільних мікробних агрегатів, які краще реагують на зовнішні впливи. Це супроводжується збагаченням таких видів, як *Petrimonas* і *Methanothrix* [12].

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Більшість процесів, які застосовуються для розкладання або перетворення розчинених забруднень, мають біохімічну природу. Це зумовлено тим, що біохімічні методи працюють ефективніше, ніж фізичні чи хімічні, особливо при низьких концентраціях реагуючих речовин. У ході біохімічних процесів розчинені забруднювальні сполуки трансформуються в нешкідливі продукти, наприклад, вуглекислий газ або азот, або в новоутворену мікробну біомасу, яка, будучи твердою фазою, може бути вилучена фізичним способом. Крім того, мікроорганізми в процесі свого росту здатні поглинати нерозчинені органічні речовини, що не були вилучені на попередніх етапах, тим самим полегшуючи їх подальше фізичне видалення. У результаті, після проходження біологічних стадій очищення, стічні води стають відносно чистими та часто не потребують додаткової обробки або вимагають мінімального доочищення [26].

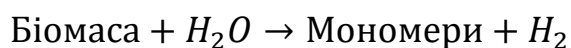
2.1 Біохімічні основи анаеробного процесу очищення стічних вод

Продуктивність анаеробної установки напряму залежить від умов в середині реактора. До того як нерозчинні органічні речовини будуть спожиті мікроорганізмами, їх необхідно розчинити, великі молекули мають стати меншими для полегшення транспортування через клітинну мембрану. Для цього відбуваються гідролітичні реакції, що каталізуються гідролітичними ферментами бактерій [26]. Анаеробне розщеплення органічних речовин відбувається у чотири основні біологічні та хімічні етапи: гідроліз, ацидогенез, ацетогенез і метаногенез. На першій стадії гідролітичні мікроорганізми розкладають складні органічні сполуки на прості розчинні компоненти. Далі, під час ацидогенезу, ці сполуки трансформуються в леткі жирні кислоти завдяки дії ацидогенних бактерій. У третій фазі — ацетогенезі — леткі кислоти перетворюються ацетогенними бактеріями на оцтову кислоту, водень і вуглекислий газ. Завершується процес метаногенезом, у ході якого метаногенні

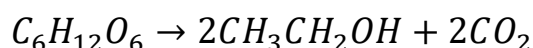
					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ</i>	<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Лівінська К.О.						30	77
<i>Конс.</i>	Саблій Л.А.							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	Саблій Л.А.					<i>КПІ ім. Ізгоя Сікорського ФБТ</i>		

археї продукують метан із проміжних продуктів попередніх стадій [27].

Гідроліз є першою й надзвичайно важливою фазою анаеробного розкладу. Без його проходження подальші стадії перетворення органіки були б значно ускладнені. Оскільки гідроліз часто є найповільнішим етапом усього процесу, він може обмежувати загальну швидкість анаеробного очищення [28]. Сировина для анаеробного розщеплення, що складається переважно з органічних речовин, представлена великомолекулярними полімерами — білками, вуглеводами та ліпідами. Перед тим як ці сполуки зможуть бути використані мікроорганізмами на наступних етапах, вони мають пройти стадію деполімеризації. У процесі гідролізу, за участі води та гідролітичних ферментів, ці нерозчинні у воді полімери розщеплюються на дрібніші, розчинні сполуки — зокрема цукри, амінокислоти та довголанцюгові жирні кислоти [29]. Формулу гідролізу можна записати так [28]:



Ацидогенез є другим етапом у процесі анаеробного розщеплення. На цій стадії продукти гідролізу - зокрема цукри, довголанцюгові жирні кислоти та амінокислоти – піддаються подальшому розкладанню з утворенням коротколанцюгових жирних кислот, таких як леткі жирні кислоти, а також інших органічних кислот і спиртів. Окрім основних продуктів, у процесі ацидогенезу можуть утворюватися побічні речовини, включно з воднем, аміаком, вуглекислим газом та іншими компонентами. Ці побічні продукти можуть як стимулювати, так і пригнічувати подальші стадії анаеробного процесу, впливаючи на його ефективність. Типова реакція, що відображає перебіг ацидогенезу, має вигляд [28]:



Основними продуктами ацидогенезу є леткі жирні кислоти (передусім пропіонова та масляна кислоти), які виступають субстратами для подальших етапів анаеробного розщеплення. У цьому процесі беруть участь різні

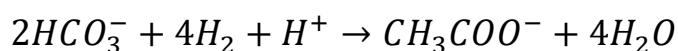
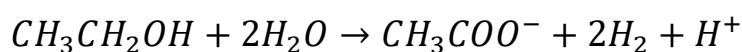
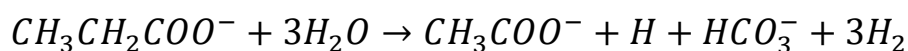
					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

ферментативно активні мікроорганізми, зокрема представники типів *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes* та *Proteobacteria* [29].

На стадії ацетогенезу бактерії розщеплюють леткі жирні кислоти, органічні кислоти та спирти з утворенням оцтової кислоти, водню та вуглекислого газу. Серед ключових представників ацетогенних мікроорганізмів варто відзначити *Syntrophobacter wolinii*, *Syntrophomonas wolfei*, *Clostridium* spp., *Streptococcus anaerobes* та *Lactobacillus* [29].

Утворення водню невелике, проте дуже важливе для подальших процесів адже він є одним з основних субстратів, з яких утворюється метан. Для забезпечення термодинамічно вигідного перебігу реакції рівень водню повинен залишатися нижчим за певне значення. Відтак контроль та постійний моніторинг концентрації водню є необхідною умовою стабільної роботи процесу [29].

На цьому етапі відбувається така реакція [28]:

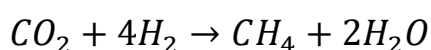
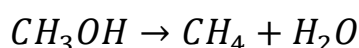
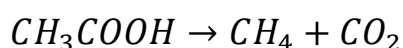
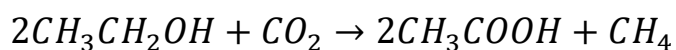


Утворення водню (H_2) шляхом анаеробного окиснення має ключове значення для ефективного функціонування анаеробних процесів. По-перше, H_2 є одним із головних субстратів для синтезу метану. По-друге, без утворення H_2 процес ацидогенезу не міг би приводити до окиснення оцтової кислоти — основного розчинного органічного продукту. Якщо H_2 не утворюється, можливі лише такі реакції, де одна органічна речовина віддає електрони іншій. У результаті утворюється суміш речовин, але загальний енергетичний стан майже не змінюється, бо всі електрони залишаються в розчині. Коли ж утворюється H_2 , він може вийти з рідини у вигляді газу, що знижує енергетичний рівень системи. Цей H_2 не просто зникає — він використовується для утворення метану, який також виходить як газ, що дає такий самий ефект. Якби замість H_2 утворювались лише інші відновлені речовини, вони б накопичувались, бо не можуть бути використані для виробництва метану [26].

					КББЕ.ББ1109.ДП	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метаногенез — це останній етап анаеробного розщеплення, під час якого продукти, що утворилися після ацетогенезу, перетворюються на біогаз. Цей процес здійснюється спеціальними одноклітинними бактеріями, які називаються метаногенами. Біогаз, що утворюється, здебільшого складається з метану (CH₄), вуглекислого газу (CO₂) і невеликої кількості інших газів або водяної пари. Разом з біогазом утворюється дигестат — побічний продукт у вигляді рідкої та твердої суміші. Він містить залишки матеріалів, які мікроорганізми не змогли переробити, а також загиблих бактерій. До метаногенних бактерій належать: *Methanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanobacillus*, *Methanosarcina* [29].

Основні хімічні реакції метаногенезу такі [28]:



2.2 Біохімічні основи аеробного процесу очищення стічних вод

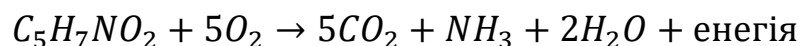
Аеробне очищення стічних вод у закритій системі проходить у два основні етапи: анаболізм (синтез) та катаболізм (ендогенне дихання). Анаболізм і катаболізм тісно взаємопов'язані, оскільки продукти енергетичного обміну, такі як АТФ та інші низькомолекулярні сполуки, безпосередньо використовуються в процесах синтезу [Г]. На першому етапі мікроорганізми використовують органічні речовини зі стічних вод для росту, розмноження та отримання енергії. У результаті споживається кисень та збільшується кількість мікроорганізмів. Цей етап можна описати загальним рівнянням, яке демонструє, як органіка (CH₂O) перетворюється в біомасу (C₅H₇NO₂) з використанням кисню [16]:



Наступна стадія – катаболізм. Коли органічна речовина, що спочатку була наявна у стічних водах, майже видалена, відбувається переважання механізмів другої фази окислення. На початку цієї фази популяція мікроорганізмів досягає свого максимуму і, в результаті низької доступності субстрату в середовищі, основним джерелом живлення стає власна клітинна протоплазма. Тому цій фазі

					КББЕ.ББ1109.ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

спостерігається переважання механізми ендogenousного дихання. Цю стадію теж можна описати спрощеним рівнянням [30]:



В результаті цієї стадії виділяється енергія, що необхідна для біосинтезу. Хімічні зв'язки є основними носіями потенційної енергії, яка є в обмеженій кількості [15].

Енергетичний рівень зв'язків є різним. Нормальними є зв'язки з величиною 8-10 кДж/моль, макроергічними – 25-40 кДж/моль. Молекула АТФ (аденозинтрифосфат) має макроергічні зв'язки, проте вони дуже не стійкі. За умов гідролізу АТФ та АДФ (аденозиндифосфат) відбувається вивільнення хімічної енергії [15]:

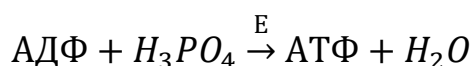


$$\Delta G^e = -7,3 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}} \left(-30,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \right)$$



$$\Delta G^o = -6,6 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}} \left(-27,6 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \right)$$

Через реакцію приєднання залишку ортофосфатної кислоти до молекули АДФ в клітині постійно поновлюється запас АТФ [15]:



Цей процес супроводжується поглинанням енергії, яку забезпечує світло або хімічні реакції. Обидва джерела енергії перетворюються на енергію хімічних зв'язків. У цьому процесі АТФ відіграє роль основного енергетичного перетворювача в клітині [15].

2.2.1 Нітрифікація та денітрифікація

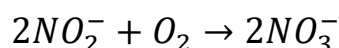
У виробничих стічних водах органічний азот перетворюється на аміак у процесі амоніфікації. Цей процес починається вже в каналізаційних трубах і продовжується під час первинного та біологічного очищення води. Амоніфікація не змінює загальну кількість азоту (TKN), не потребує кисню, і наприкінці очищення органічного азоту залишається зовсім мало. Важливою стадією

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

очищення є нітрифікація – процес, коли аміак спочатку перетворюється на нітрити (NO_2^-), а потім на нітрати (NO_3^-). Лише деякі системи очищення здатні забезпечити цей процес, оскільки для цього потрібна достатня кількість нітрифікуючих бактерій. Ці бактерії – хемоавтотрофи. Вони використовують вуглекислий газ як джерело вуглецю, а енергію отримують, окислюючи неорганічні речовини, наприклад аміак, до мінеральних сполук. Перетворення аміаку на нітрити відбувається завдяки бактеріям роду *Nitrosomonas* за такою реакцією [30]:



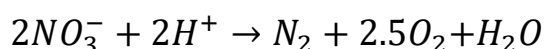
Окислення нітритів (NO_2^-) до нітратів (NO_3^-) відбувається переважно завдяки бактеріям роду *Nitrobacter* [30]:



Нітрифікація – це процес у два етапи: аміак перетворюється на нітрити (бактерії *Nitrosomonas*); нітрити перетворюються на нітрати (бактерії *Nitrobacter*). Сумарне рівняння цих реакцій називають глобальною реакцією нітрифікації [30]:



Денітрифікація – це процес, який відбувається в аноксичних умовах, тобто коли немає кисню, але є нітрати (NO_3^-). У таких умовах гетеротрофні бактерії (які споживають органічні речовини) замість кисню використовують нітрати як джерело для прийому електронів. У результаті цього нітрати поступово перетворюються на газоподібний азот (N_2), який виходить у повітря. Цей процес важливий, бо саме він дозволяє видалити азот із стічної води. Загальна реакція денітрифікації виглядає приблизно так [30]:



Важливі моменти, на які слід звернути увагу під час нітрифікації: поглинання кисню – процес потребує великої кількості вільного кисню; утворення іонів H^+ - вони знижують лужність середовища і можуть спричинити падіння рН [30].

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

В свою чергу денітрифікація має кілька важливих переваг: економія кисню – органічні речовини розкладаються без участі кисню, що знижує потребу в аерації; економія іонів H^+ - це допомагає зберегти стабільність рН. Денітрифікація ефективно видаляє азот зі стічної води. Нітрати (NO_3^-) перетворюються на газоподібний азот (N_2), який вивільняється в атмосферу [30].

2.3 Характеристика кінцевого продукту – локально очищеної стічної води птахофабрики

Кінцевим продуктом є очищені та безпечні стічні води птахофабрики із задовільними характеристиками, що пройшли обробку за допомогою механічного очищення, флоатації, послідовних анаеробних і аеробних процесів, а також видалення жирів, амонійного азоту, фосфатів. Отримані показники (табл. 5) відповідають нормативам скиду в міську систему водовідведення м. Івано-Франківськ. Побічним продуктом процесу є біогаз.

Таблиця 5 – Характеристика локально очищених виробничих стічних вод птахофабрики

Показники виробничих СВ	Після локального очищення	Норми скиду в міську систему водовідведення
Завислі речовини, мг/дм ³	15	433
ХСК, мг/дм ³	70	580
БСК _{повн} , мг/дм ³	15	500
Жири, мг/дм ³	4,5	33
СПАР, мг/дм ³	0,14	10
$N_{амон}$, мг/дм ³	15	30
Фосфати, мг/дм ³	8	10

Локально очищена виробнича стічна вода відповідає нормам якості для скиду у міську систему водовідведення згідно з «Правилами приймання стічних вод споживачів у каналізаційну систему м. Івано-Франківськ» [31]

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК, ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

3.1 Розрахунок аеротенку

Значення БСК_{повн} стічних вод, які надходять в аеротенк після анаеробного реактора UASB – $205 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$. При величині БСК_{повн} < $500 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$ доцільно прийняти аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу (БСК_{повн} > $150 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$) [17].

Попередньо приймається доза активного мулу в зоні аерації в межах 2-4,5 $\frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$ та значення мулового індексу 70-100 $\frac{\text{см}^3}{\text{г}}$. Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу [17]:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a},$$

де a_a – доза мулу, $\frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$. Приймається $a_a = 3 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$;

J – муловий індекс, $\frac{\text{см}^3}{\text{г}}$. Приймається $J = 90 \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$.

$$R = \frac{3}{\frac{1000}{90} - 3} = 0,37$$

Згідно з ДБН п. 6.145 значення R при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулоскребів має бути 0,4, тому для подальших розрахунків приймається $R = 0,4$ [17].

Доза активного мулу в регенераторі [17]:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) = 3 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,4} + 1 \right) = 6,75 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$$

Концентрація органічних забруднень за БСК_{повн} в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу [17]:

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

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Лівінська К.О.			РОЗРАХУНОК, ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ		
<i>Конс.</i>		Саблій Л.А.					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		Саблій Л.А.					
					<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						37	77
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>		

де $C_{\text{сум,БСК}}^a$ - показник БСК_{повн} стічних вод, що надходять в аеротенк ($C_{\text{сум,БСК}}^a = 90\%$ від $C_{\text{БСК}} = (205 \cdot 90)/100 = 184,5 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$);

$C_{\text{БСК}}^k$ - показник БСК_{повн} в очищеній воді після повного біологічного очищення. Приймається $C_{\text{БСК}}^k = 15 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$.

$$L_{\text{сум}} = \frac{184,5 + 15 \cdot 0,4}{1 + 0,4} = 136 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку [17]:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^k} = \frac{2,5}{\sqrt{3}} \cdot \lg \frac{136}{15} = 1,38 \text{ год}$$

Питома швидкість окиснення забруднень, мг БСК_{повн} на 1 г беззольної речовини активного мулу за 1 год [17]:

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

де ρ_{max} – максимальна швидкість окиснення стічних вод, $\rho_{\text{max}} = 85 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}}$ для стічних вод господарсько-побутової каналізації [17];

C_o - концентрація розчиненого кисню в муловій суміші. Приймається $2 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$;

K_L – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, $K_L = 33 \frac{\text{мг БСК}_{\text{повн}}}{\text{дм}^3}$ для стічних вод господарсько-побутової каналізації [17];

K_o – константа, яка характеризує вплив кисню, $K_o = 0,625 \frac{\text{мг } O_2}{\text{дм}^3}$ для стічних вод господарсько-побутової каналізації [17];

ϕ - коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, $\phi = 0,07 \frac{\text{дм}^3}{\text{г}}$ для стічних вод господарсько-побутової каналізації [17].

$$\rho = 85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,75} = 16,4 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}}$$

Тривалість окиснення органічних забруднень [17]:

$$t_0 = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k}{a_p(1 - S)} \cdot \frac{15}{\rho \cdot R} \cdot \frac{1}{T_{\text{сер.р}}}$$

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

де S – зольність активного мулу, $S = 0,3$ для стічних вод господарсько-побутової каналізації [17];

$T_{\text{сер,р}}$ – середньорічна температура стічних вод ($T_{\text{сер,р}} = 20^\circ\text{C}$, за умовою).

$$t_0 = \frac{184,5 - 15}{6,75(1 - 0,3) \cdot 16,4 \cdot 0,4} \cdot \frac{15}{20} = 4,1 \text{ год}$$

Тривалість регенерації активного мулу [17]:

$$t_p = t_0 - t_a = 4,1 - 1,38 = 2,72 \text{ год}$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор [17]:

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,4) \cdot 1,38 + 2,72 \cdot 0,4 = 3,02 \text{ год}$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор [17]:

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

$$= \frac{3 \cdot (1 + 0,4) \cdot 1,38 + 6,75 \cdot 2,72 \cdot 0,4}{3,02} = 4,35 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних [17]:

$$q_m = \frac{24 \cdot (C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k)}{a_{\text{сер}}(1 - S) \cdot t_{\text{сер}}} = \frac{24 \cdot (205 - 15)}{4,35(1 - 0,3) \cdot 3,02} = 496 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}}$$

З урахування навантаження на активний мул шляхом інтерполяції визначається фактичне значення мулового індексу [17]:

$$J_\phi = 80 + (496 - 400) \frac{95 - 80}{500 - 400} = 94 \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$$

Фактична ступінь рециркуляції:

$$R_\phi = \frac{a_a}{\frac{1000}{J_\phi} - a_a} = \frac{3}{\frac{1000}{94} - 3} = 0,39$$

Фактичне значення R_ϕ не перевищує теоретично прийняте $R = 0,4$, отже дане значення можна використовувати для подальшого розрахунку [17].

Робочий об'єм аеротенка та регенератора [17]:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\text{max}},$$

$$W_p = R \cdot t_p \cdot Q_{\text{max}},$$

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод $\frac{м^3}{год}$ ($Q_{max} = 434 \frac{м^3}{год}$ за розрахунками).

$$W_a = (1 + 0,4) \cdot 1,38 \cdot 434 = 839 \text{ м}^3$$

$$W_p = 0,4 \cdot 2,72 \cdot 434 = 472 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм [17]:

$$W = W_a + W_p = 839 + 472 = 1311 \text{ м}^3$$

Визначається розподіл об'ємів регенератора і аеротенка. Об'єм регенератора [17]:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{472}{1311} \cdot 100\% = 36\%$$

Мінімальна кількість секції $N = 2$.

Об'єм однієї секції при кількості $N = 2$ складає:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{1311}{2} = 655 \text{ м}^3$$

Приймається 2 секції двохкоридорного аеротенка з робочою глибиною $H = 3,2$ м і шириною коридору $B = 4,5$ м за ТП 902-2-195. В кожній секції аеротенка пропонується виділити 1 коридор під регенератор і 1 коридор під безпосередньо аеротенк [17].

Довжина секції [17]:

$$L = \frac{W_1}{B \cdot H \cdot n_k},$$

де n_k – кількість коридорів у секції, шт.

$$L = \frac{655}{4,5 \cdot 3,2 \cdot 2} = 22,74 \text{ м}$$

Проте щоб забезпечити необхідний об'єм регенератора пропонується прийняти довжину дещо більшою, а саме $L = 23$ м [17].

Загальний фактичний об'єм [17]:

$$W_\phi = B \cdot H \cdot N \cdot L \cdot n_k = 4,5 \cdot 3,2 \cdot 2 \cdot 23 \cdot 2 = 1325 \text{ м}^3$$

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3.2 Розрахунок вторинних відстійників

Враховуючи не велику витрату стічних вод ($Q_{\text{сер.доб}} = 6500 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$) для вторинного відстоювання обирається вертикальний відстійник [17].

Гідравлічне навантаження [17]:

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

де $K_{\text{відст}}$ – коефіцієнт використання об'єму відстійників. Для вертикальних відстійників $K_{\text{відст}} = 0,35$ [17];

$H_{\text{з.в.}}$ – глибина зони відстоювання, м. Приймається $H_{\text{з.в.}} = 5$ м;

$J_{\text{м}}^{\phi}$ – фактичне значення мулового індексу, $\frac{\text{см}^3}{\text{г}}$. За умовою $J_{\text{м}}^{\phi} = 94 \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$;

a_a – концентрація активного мулу в аеротенку, $\frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$. За умовою $a_a = 3 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$;

a_t – концентрація активного мулу у воді після відстоювання, $\frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$.

Приймається $a_t = 15 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$.

$$q = \frac{4,5 \cdot 0,35 \cdot 5^{0,8}}{(0,1 \cdot 94 \cdot 3)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,8 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

Загальна площа відстійників [17]:

$$F_{\text{відст}} = \frac{Q_{\text{max}} \cdot 1,3}{q},$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод, $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$. За умовою $Q_{\text{max}} = 434 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$;

1,3 – коефіцієнт збільшення розрахункового об'єму.

$$F_{\text{відст}} = \frac{434 \cdot 1,3}{1,8} = 313 \text{ м}^2$$

Приймається 5 вертикальних відстійника.

Площа одного відстійника:

$$F_1 = \frac{313}{5} = 63 \text{ м}^2$$

Діаметр відстійника:

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 63}{\pi}} = 9 \text{ м}$$

Приймається 5 вертикальних відстійників діаметром 9 м за типовим проектом 902-2-168 з наступними розмірами: будівельна висота циліндричної частини 3 м, конічної частини 5,1 м [17]

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Сировина та матеріали, що використовуються в технології локального біологічного очищення виробничих стічних вод птахофабрики

Матеріали, які необхідні для обраного технологічного процесу наведені у табл. 6.

Таблиця 6 – Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів технологічної схеми локального біологічного очищення виробничих стічних вод птахофабрики

Найменування	Категорія і номер НТД згідно якого перевіряється сировина	Показники, що обов'язкові для перевірки та їх нормативне значення
Неочищена СВ	ДБН В.2.5-75:2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування"	Середні показники: витрата стічних вод - 6500 м ³ /добу, ЗР – 3500 мг/дм ³ ; БСК _{повн} – 4275 мг/дм ³ ; БСК ₅ – 3741 мг/дм ³ ; ХСК – 6720 мг/дм ³ ; азот амонійний – 168 мг/дм ³ ; фосфати – 75 мг/дм ³ ; СПАР – 0,736 мг/дм ³ ; жири – 57 мг/дм ³ ; рН – 7,2.
Вода технічна	ДСТУ 7525:2014	Вміст солей жорсткості, завислих речовин, рН
Хлорид заліза	ТУ 6-18-33-85. Залізо хлорне технічне (розчин)	Масова частка FeCl ₃ , >40%

<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	
<i>Разроб.</i>	Лівінська К.О.				
<i>Конс.</i>	Саблій Л.А.				
<i>Реценз.</i>					
<i>Н. Контр.</i>					
<i>Затверд.</i>	Саблій Л.А.				
<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>			<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
				43	77
<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>					

4.2 Опис прийнятої технологічної схеми локального біологічного очищення виробничих стічних вод птахофабрики

ДР 1. Підготовка повітря для аерації

На цьому етапі відбувається підготовка аераційного повітря, необхідного для забезпечення аеробного очищення стічних вод:

ДР 1.1 Забір повітря з атмосфери

Атмосферне повітря з вологістю 60–90% та температурою 15–25 °С забирається повітрязабірником на висоті 7 м для зменшення забруднень пилом і дрібними частинками.

ДР 1.2. Фільтрування повітря

Повітря проходить через фільтри грубої очистки ФЯР із металевими гофрованими сітками, змащеними маслом. Ефективність очищення — 80%, питома продуктивність — 3000 м³/(м²·год).

ДР 1.3 Компресування повітря

Компресор із потужністю 3500 кВт стискає повітря до тиску 0,3 МПа, при цьому температура повітря підвищується до 120°С. Продуктивність компресора — 970 м³/хв. Стиснене повітря направляється до ТП 4.3, ТП 5.2, ЗВ 7.1.

ДР 2. Приготування робочих розчинів

На цьому етапі здійснюється приготування хімічних розчинів, необхідних для обробки стічної води:

ДР 2.1. Приготування розчину хлориду заліза

Для приготування розчину подається питна вода нагріта до 50–70°С та хлорне залізо зі складу у співвідношенні 1:3 (одна частина заліза на три частини води). Під час приготування заборонено використовувати металевий посуд. Після розчинення солі необхідно, щоб розчин декілька годин відстоювався, після чого його фільтрують. Зберігається в закритій пластиковій ємності при відсутності прямого сонячного світла та сталій температурі [32]. Розчин подається у ТП 4.5.3 для напірної флотації.

ДР 2.2. Приготування розчину гашеного вапна

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Для приготування розчину подається питна вода та гашене вапно зі складу у металеву ємність у співвідношенні 1:1. Щоб уникнути перегрівання краще подавати малими порціями. Після завершення реакції розчин перемішується, закривається кришкою та відстоюється в темному прохолодному місці тиждень. Після відстоювання розводиться у співвідношенні 1:10 холодною водою, фільтрується від грудочок і отримується 10%-й розчин гашеного вапна [33]. Розчин використовується у ТП 4.5.3 для напірної флотації.

ДР 3. Підготовка гарячого теплоносія

Вода технічна знесолена пом'якшена нагрівається в котельні до необхідної температури й подається до ЗВ 7.3 для підтримання технологічних процесів. Охолоджений теплоносій повертається в котельню для повторних циклів.

ТП 4. Механічне очищення стічних вод

Цей етап забезпечує попереднє очищення стічних вод перед біологічним процесом.

ТП 4.1. Очищення на решітках

Стічна вода від птахофабрики з витратою 6500 м³/добу, мулова вода від ЗВ 7.2, фільтрат від ЗВ 7.4 і дренажна вода від ЗВ 8 надходять на барабанну решітку РМБ ТП. Тут крупні забруднення затримуються та вивозяться. Пропускна здатність 250 м³/год, ширина барабана 1500 мм, ширина прозорів у решітці 0,25 мм. Відходи збираються в лоток і потім вивозяться. Показники забруднень після очищення на решітках: $C_{\text{БСК}} = 3980-4570 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ЗР}} = 2800-4200 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ХСК}} = 6315-7125 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{жир}} = 54-60 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{СПАР}} = 0,53-0,95 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Намон}} = 164-172 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Фосф}} = 57-93 \text{ мг}^3/\text{дм}$. Швидкість очищення 1 м/с.

ТП 4.2. Очищення на жировловлювачах

Для очищення стоків, що містять жири, передбачено їх обробку в жировловлювачах, що працюють за принципом розділення фаз. Пісок осідає внизу жировловлювача, жир піднімається на поверхню. Ефективність видалення жиру становить 60%. Час очищення становить 40 хвилин. Оброблена стічна вода надходить на ТП 4.3, а відокремлений жир та осад на ЗВ 6.1.

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

ТП 4.3. Усереднення стічних вод

Для вирівнювання коливань показників стічних вод за концентрацією забруднень та витратою використовується усереднювач. Стічна вода надходить до накопичувальної ємності, оснащеною барботером. Аерація забезпечується подачею повітря з установки стадії ДР 1.4. Час усереднювання 8 годин, питома витрата повітря 6 м³/год на 1 пог. м барботера. Показники забруднень після усереднення стічних вод: $C_{\text{БСК}} = 4275$ мг³/дм; $C_{\text{ЗР}} = 3500$ мг³/дм; $C_{\text{ХСК}} = 6720$ мг³/дм; $C_{\text{жир}} = 34$ мг³/дм; $C_{\text{СПАР}} = 0,74$ мг³/дм; $C_{\text{Намон}} = 168$ мг³/дм; $C_{\text{Фосф}} = 75$ мг³/дм. Усереднена витрата СВ – 6500 м³/добу.

ТП 4.4. Очищення безнапірною флотацією

Подача повітря з атмосфери в трубопровід насоса відбувається за допомогою ежектора, витрата повітря на 16 дм³/кг забруднень, що вилучаються становить 56 дм³/добу. На вході концентрація завислих речовин становить 3500 мг/дм³.

Стічні води від ТП 4.3 подаються насосом. Середньо годинна витрата стічних вод становить 271 м³/год, напір насоса становить 4 метри водяного стовпа.

Робоче колесо створює завихрення, в результаті утворюються бульбашки великого розміру. Швидкість руху стічних вод в напірному трубопроводі становить 3 м/с, тривалість флотації 40 хв.

Показники забруднень після безнапірної флотації: $C_{\text{БСК}} = 3420$ мг³/дм; $C_{\text{ЗР}} = 2275$ мг³/дм; $C_{\text{ХСК}} = 5376$ мг³/дм; $C_{\text{жир}} = 24$ мг³/дм; $C_{\text{СПАР}} = 0,44$ мг³/дм; $C_{\text{Намон}} = 135$ мг³/дм; $C_{\text{Фосф}} = 70$ мг³/дм.

Ефекти очищення: $E_{\text{БСК}} = 20\%$; $E_{\text{ЗР}} = 35\%$; $E_{\text{ХСК}} = 20\%$; $E_{\text{жир}} = 30\%$; $E_{\text{СПАР}} = 40\%$; $E_{\text{Намон}} = 20\%$; $E_{\text{Фосф}} = 7\%$.

Осад та флотошлам направляється до спільного трубопроводу і потім до ЗВ 6.2.

ТП 4.5. Очищення напірною флотацією

Подача повітря з атмосфери в трубопровід насоса відбувається за допомогою ежектора, витрата повітря на 17 дм³/кг забруднень, що вилучаються

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

становить 38,7 $\text{дм}^3/\text{добу}$. На вході концентрація завислих речовин становить 2275 $\text{мг}/\text{дм}^3$.

Стічні води від ТП 4.3 подаються насосом. Середньо годинна витрата стічних вод становить 271 $\text{м}^3/\text{год}$, напір насоса становить 6 метрів водяного стовпа.

Розчин хлориду заліза кількістю 350 $\text{мг}/\text{дм}^3$ від ТП 2.1 та розчин гашеного вапна кількістю 150 $\text{мг}/\text{дм}^3$ від ТП 2.2 подаються в приймальну камеру флотатора та змішуються з СВ. Тиск в напірному баці становить 0,3 МПа, тривалість насичення 9 хвилин, температура 20°C, концентрація повітря, що подається 55 $\text{л}/\text{м}^3$.

Споруда напірної флотації складається з двох основних зон: коагуляції та флотації. Зона коагуляції обладнана мішалкою, до неї подаються коагулянт FeCl_3 і $\text{Ca}(\text{OH})_2$ зі стадії ДР 1.2 і ДР 1.3. Очищення у флотаційній зоні здійснюється шляхом підняття на поверхню води твердих і рідких нерозчинних частинок за допомогою мікробульбашок повітря, утворених в камері флотації при зниженні тиску і виділенні повітря з розчину у вигляді мікробульбашок. У процесі видаляються частинки розміром від 10 до 200 мкм. Тривалість флотації становить 30 хвилин.

Показники забруднень після напірної флотації: $C_{\text{БСК}} = 2052 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ЗР}} = 126 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ХСК}} = 3226 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{жир}} = 14 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{СПАР}} = 0,18 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Намон}} = 108 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Фосф}} = 49 \text{ мг}^3/\text{дм}$.

Ефекти очищення: $E_{\text{БСК}} = 60\%$; $E_{\text{ЗР}} = 95\%$; $E_{\text{ХСК}} = 40\%$; $E_{\text{жир}} = 42\%$; $E_{\text{СПАР}} = 60\%$; $E_{\text{Намон}} = 20\%$; $E_{\text{Фосф}} = 30\%$.

Осад та флотошлам направляється в збірник і потім до ЗВ 6.2.

ТП 5. Біологічне очищення стічних вод

На цих етапах здійснюється основне очищення від розчинених та колоїдних органічних забруднень. Біологічні методи використовують на 1 етапі – гранульований анаеробний мул, на 2 етапі - активний мул для переробки органічних речовин у мінеральні, газ і воду, забезпечуючи високу ефективність очищення.

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

ТП 5.1. Очистка стічних вод в UASB-реакторі

У верхній частині реактора передбачена система розділення газу, рідини та твердих частинок, що запобігає винесенню завислих речовин, сприяє осіданню мулу та ефективному відведенню біогазу. Очищена вода, біомаса та газ розділяються за допомогою спеціального мулогазовідділювача.

В реактор подається гранульований мул зі складу, доза мулу 20 г/дм^3 . Нижній шар анаеробного мулу (1,5–2,5 м заввишки) має високу концентрацію — $50\text{--}100 \text{ г/дм}^3$, тоді як верхній шар є менш щільним, із концентрацією біомаси $5\text{--}20 \text{ г/дм}^3$. Тривалість очищення в реакторі становить 8 годин, деструктивна потужність 10 кг/м^3 .

Швидкість руху води в UASB-реакторі становить $0,5\text{--}1,5 \text{ м/год}$, а середній час перебування стічних вод — близько 8 годин. Утворений біогаз передається на стадію ПВ 9.1.

Показники забруднень після анаеробного очищення в UASB-реакторі: $C_{\text{БСК}} = 205 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ЗР}} = 10 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ХСК}} = 323 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{жир}} = 5,2 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{СПАР}} = 0,16 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Намон}} = 102 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Фосф}} = 46,5 \text{ мг}^3/\text{дм}$.

Ефекти очищення: $E_{\text{БСК}} = 90\%$; $E_{\text{ЗР}} = 92\%$; $E_{\text{ХСК}} = 90\%$; $E_{\text{жир}} = 63\%$; $E_{\text{СПАР}} = 11\%$; $E_{\text{Намон}} = 5\%$; $E_{\text{Фосф}} = 5\%$.

Утворений біогаз збирається та відводиться до ПВ 9.1.

ТП 5.2. Очистка стічних вод в аеротенку

В аеротенк з регенерацією, розташований після біореактора, подається стічна вода, попередньо підготовлене стиснене повітря з стадії ДР 1.3 для забезпечення процесу аерації, а також рециркуляційний активний мул, який надходить із вторинного відстійника. Очищення на 2 стадії стічних вод відбувається в аеротенку-витиснювачі, що має наступні технічні характеристики: двохкоридорний біореактор, 2 секції, глибина споруди — $3,2 \text{ м}$, ширина однієї секції — $4,5 \text{ м}$, згідно з типовим проектом ТП 902-2-195. Стиснене повітря надходить від ДР 1.4. Рециркуляційний активний мул потрапляє в аеротенк від ТП 5.3. Доза активного мулу складає 3 г/дм^3 , муловий індекс становить $90 \text{ см}^3/\text{г}$, тривалість перебування стічних вод в аеротенку становить

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

3,02 години. Після очищення концентрація завислих речовин становить 15 мг/дм³.

ТП 5.3. Відстоювання у вторинному відстійнику

Очищена стічна вода піддається вторинному відстоюванню у вертикальних відстійниках діаметром 9 м за ТП 902-2-168. Для ефективного осідання муловий індекс має дорівнювати 94 см³/г. Гідравлічне навантаження становить 1,8 м³/(м²·год). Насосом рециркуляційний активний мул направляють до ТП 5.2, а надлишковий активний мул із вологістю 99%– до ЗВ 7.1. Частка очищеної води відправляється до ЗВ 7.4.

Показники забруднень після біологічного очищення в аеротенку та вторинного відстоювання: $C_{\text{БСК}} = 15 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ЗР}} = 15 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{ХСК}} = 70 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{жир}} = 4,5 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{СПАР}} = 0,14 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Намон}} = 15 \text{ мг}^3/\text{дм}$; $C_{\text{Фосф}} = 8 \text{ мг}^3/\text{дм}$.

Ефекти очищення: $E_{\text{БСК}} = 93\%$; $E_{\text{ХСК}} = 78\%$; $E_{\text{жир}} = 13\%$; $E_{\text{СПАР}} = 12\%$; $E_{\text{Намон}} = 85\%$; $E_{\text{Фосф}} = 83\%$.

ЗВ 6. Акумулявання осадів

Ця стадія потрібна для збору осадів та їх рівномірної подачі на очисні споруди.

ЗВ 6.1. Жирозбірна камера

Осад та жир із ТП 4.2 збирається в резервуарі, потім насосом направляється до ЗВ 7.1 на очистку, тривалість перебування в жирозбірній камері становить 8 годин.

ЗВ 6.2. Суміш осадів

Осад та флотошлам із ТП 4.4.3 та ТП 4.5.4 збирається в резервуарі, потім насосом направляється до ЗВ 7.1 на очистку, тривалість перебування в камері становить = 4 год, вологість осадів становить 94%.

ЗВ 7. Обробка осадів, надлишкового активного мулу і флотошламу

Ця стадія потрібна для забезпечення безпечності утворених осадів і отримання з них корисного продукту – добрива.

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ЗВ 7.1. Аеробна стабілізація

Осад від ЗВ 6.1 і ЗВ 6.2, надлишковий активний мул від ТП 5.3 та повітря від ДР 1.4 подаються у аеробний стабілізатор. Інтенсивність аерації становить $6,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Процес аерації триває 7 діб, забезпечуючи розкладання 40% беззольної речовини.

ЗВ 7.2 Ущільнення стабілізованого осаду

Стабілізований осад надходить до вертикальних відстійників, де відбувається його ущільнення. У результаті ущільнення осад досягає вологості 97%. Відокремлена мулова вода відводиться насосом до ТП 4.1

ЗВ 7.3. Дегельмінтизація осаду

Для знищення яєць гельмінтів в камеру з осадом подають гарячий теплоносій від ДР 3. Операція проводиться 20 хв. Відпрацьований охолоджений теплоносій відводиться до ДР 3, 20% ущільненого осаду при аварійному режимі відводиться до ЗВ 8. Температура дегельмінтизації становить 70°C .

ЗВ 7.4 Механічне зневоднення

Відділення вологи від осаду проводять на горизонтальному стрічковому фільтр-пресі. Зневоднений осад зрізується спеціальним ножом і скидається у контейнер, звідки в подальшому направляється на використання як органічне добриво.

Фільтрувальну стрічку після цього промивають водою, що подається з ТП 5.3. Відведення фільтрату здійснюється до ТП 4.1.

ЗВ 8. Підсушування осаду на аварійних мулових майданчиках

У випадку аварії на фільтр-пресі, ущільнений осад в кількості 20% річного об'єму від ЗВ 7.3 підсушується до вологості 75% на аварійних мулових майданчиках. Дренажна вода повертається насосом до ТП 4.1. Висушений осад направляється на використання як органічне добриво.

ПВ 9. Утилізація біогазу

ПВ 9.1. Збір газу у газгольдер

У зв'язку з нерівномірним виходом біогазу з UASB-реактора, для його ефективного накопичення та подальшого використання на території очисних

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споруд встановлюють мокрі газгольдери. Кожен газгольдер складається з резервуара, заповненого водою, та дзвону, під яким накопичується газ. Тиск під дзвоном підтримується в межах 150–400 мм водяного стовпа.

Для стабільної роботи газгольдера необхідна безперервна подача води в обсязі 3–5 м³/год, яка витрачається на роботу клапанної коробки автоматичного скидання надлишкового газу та для поповнення об'єму води в резервуарі. Біогаз, що утворюється в кількості 250–600 м³ на 1 тону органічних забруднень, надалі спрямовується на утилізацію. Час перебування газу у газгольдері становить 3 години.

4.3. Контроль технологічних процесів біологічного очищення стічних вод

Для забезпечення досягнення необхідних показників якості очищеної стічної води на відповідному етапі технологічного процесу застосовуються контрольні методи, перелік яких подано в таблиці 7.

Таблиця 7 – Параметри контролю виробництва

Стадія процесу	Параметр контролю	Частота контролю	Норми технологічного режиму	Методи контролю, прилади
Стічні води птахофабрики	Витрати стічних вод, м ³ /добу	1 раз на добу	6500	Акустичний витратомір, Кт
	pH	Кожні 2 години та 1 раз на добу	6,5-8,5	Іономір лабораторний І-160, Кх
	ЗР, мг/дм ³	1 раз на добу	3500	КНД 211.1.4.039-95, Кх

	ХСК, мг/дм ³	1 раз на добу	6720	КНД 211.1.4.021-95, Кх
	БСК _{повн} , мг/дм ³	1 раз на добу	4275	КНД 211.1.4.024-95, Кх
	Жири, мг/дм ³	1 раз на добу	57	МВВ №081/12-0646-09, Кх
	N _{амон} , мг/дм ³	1 раз на добу	168	КНД 211.1.4.039-95, Кх
	Фосфати, мг/дм ³	1 раз на добу	75	КНД 211.1.4.043-95, Кх
	Температура, °С	Кожні 2 години та 1 раз на добу	< 30	МВВ №081/12-0311-06, Кт
Підготовка аераційного повітря	Робочий тиск стисненого повітря, МПа	1 раз на годину	2,5	Манометр ОБМ1-100, Кт
Приготування розчину хлориду заліза	Масова концентрація хлориду заліза, мг/дм ³	1 раз на добу	450	Концентратомір КВЧ-5М, Кх
Приготування розчину гашеного вапна	Масова концентрація вапна у розчині, мг/дм ³	1 раз на добу	200	Концентратомір КВЧ-5М, Кх
Очищення на решітках	Добовий об'єм відходів	1 раз на добу		КНД 211.1.4.039-95, Кт

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Очищення на жиро- вловлювачах	Масова концентрація жиру, мг/дм ³	1 раз на добу	30-40	МВВ №081/12- 0646-09. Гравіметричним методом, Кт
Усереднення СВ	рН	Кожні 2 години та 1 раз на добу	6,5-8,5	Іономір лабораторний І- 160, Кх
Безнапірна флотація	рН	Кожні 2 години та 1 раз на добу	6,5-8,5	Іономір лабораторний І- 160, Кх
	ЗР на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	2275	КНД 211.1.4.039- 95, Кх
	ХСК на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	5376	КНД 211.1.4.021- 95, Кх
	БСК _{повн} на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	3420	КНД 211.1.4.024- 95, Кх
	Жири на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	24	МВВ №081/12- 0646-09, Кх
	N _{амон} на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	135	КНД 211.1.4.039- 95, Кх
	Фосфати на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	70	КНД 211.1.4.043- 95, Кх
	Температура, °С	Кожні 2 години та 1 раз на добу	< 30	МВВ №081/12- 0311-06, Кт

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Напірна флотація	Доза хлорного заліза, мг/дм ³	1 раз на годину	400 мг/дм ³	Концентратомір КВЧ-5М, Кх
	Доза гашеного вапна, мг/дм ³	1 раз на годину	250 мг/дм ³	Концентратомір КВЧ-5М, Кх
	ЗР на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	126	КНД 211.1.4.039-95, Кх
	ХСК на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	3226	КНД 211.1.4.021-95, Кх
	БСК _{повн} на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	2052	КНД 211.1.4.024-95, Кх
	Жири на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	14	МВВ №081/12-0646-09, Кх
	N _{амон} на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	108	КНД 211.1.4.039-95, Кх
	Фосфати на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	49	КНД 211.1.4.043-95, Кх
Анаеробне біологічне очищення в UASB-реакторі	pH	Кожні 2 години та 1 раз на добу	7.2-7.5	Іономір лабораторний І-160, Кх
	ЗР на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	10	КНД 211.1.4.039-95, Кх
	ХСК на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	323	КНД 211.1.4.021-95, Кх
	БСК _{повн} на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	205	КНД 211.1.4.024-95, Кх
	Жири на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	5,2	МВВ №081/12-0646-09, Кх

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

	$N_{\text{амон}}$ на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	102	КНД 211.1.4.039-95, Кх
	Фосфати на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	46,5	КНД 211.1.4.043-95, Кх
	Температура, °С	Кожні 2 години та 1 раз на добу	< 30	МВВ №081/12-0311-06, Кт
	Доза гранульованого АМ, г/дм ³	3 рази на тиждень	20	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд, Кт
Біологічне очищення в аеротенку	Концентрація БСК на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	15	КНД 211.1.4.024-95, Кх
	Концентрація ЗР на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	15	КНД 211.1.4.039-95, Кх
	Доза активного мулу, г/дм ³	1 раз на добу	3	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд, Кт

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Зневоднення осаду на стрічковому фільтр-пресі	Вологість, %	1 раз на тиждень	70-80	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд, КТ
Камери збору осадів	Вологість, %	1 раз на тиждень	94-99,5	Методика лабораторного контролю на каналізаційних очисних споруд, КТ

4.4 Матеріальний баланс локального очищення виробничих стічних вод птахофабрики

Під час очищення суміші стічних вод птахофабрики використовуються реагенти хлорид заліза та гашене вапно. В результаті утворюється велика кількість осадів. Показники розрахунку матеріального балансу наведено в таблиці 8.

Таблиця 8 – Матеріальний баланс суміші очищених виробничих СВ

Стадія	Використано			Отримано		
	Назва сировини, матеріалів та напів-продуктів	Кількість		Назва сировини, матеріалів та напів-продуктів	Кількість	
		м ³ /добу	т/добу		м ³ /добу	т/добу
Механічне очищення	Суміш СВ	6500	6500	Суміш СВ	6483	6483
				Жири		3,5
				Осад		4

				Пісок		5
				Пір'я		4
	Втрати				0,5	
	Всього	6500	6500	Всього	6500	6500
Фізико-хімічне очищення	Суміш СВ	6483	6483	Освітлені СВ	6468	6468
	Розчин хлорного заліза	2,27		Флотошлам		12,4
	Розчин гашеного вапна	0,97		Осад		6
	Втрати				0,24	
	Всього	6486,74	6486,74		6486,74	6486,74
	Біологічне очищення	Освітлені СВ	6468	6468	Очищені СВ	6454,2
РАМ			5,5	РАМ		5,5
				НАМ		15,5
Втрати						1,5
Всього		6473,5	6473,5		6451	6451
Обробка осадів	Осад		25,9	Зневоднений осад		3
	НАМ		15,5	Мулова вода		37
				Фільтрат		1
	Втрати					0,4
	Всього	41,4	41,4		41,4	41,4
Всього			6500		6500	

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Організація систем каналізації та очищення стічних вод на підприємстві є критично важливою не лише з екологічної, але й з точки зору безпеки праці. В процесі експлуатації таких систем працівники можуть зазнавати впливу низки шкідливих та небезпечних факторів — від токсичних газів і мікроорганізмів до ризику механічних травм. Для запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням та створення безпечних умов праці необхідно впроваджувати комплекс заходів безпеки, забезпечувати персонал відповідними засобами індивідуального захисту, а також дотримуватись вимог чинного законодавства у сфері охорони праці та санітарних норм [34].

1. Електропостачання

Електропостачання має здійснюватися з двох джерел від мереж загального призначення. Електроустаткування має близько знаходитись до відповідних технологічних установок, у виробничих приміщеннях, заборонено розміщувати в зонах можливого затоплення. Якщо ж захисну оболонку немає можливості встановити, то необхідно виділити спеціальне приміщення [34].

У приміщеннях з технологічним устаткуванням потрібно проектувати наступне освітлення: аварійне з автономним джерелом електроенергії, рівномірно робоче, електроосвітлення для ремонтних робіт. У підземні приміщення (окрім колодязів) освітлення локалізоване світильниками, що опускаються лише на час обслуговування і огляду. У колодязях має бути освітлення від мобільних джерел світла у вибухозахищеному виконанні [34].

Більшість приміщень, де розміщені електроустановки каналізаційних об'єктів, належать до приміщень із підвищеною або особливою небезпекою. Для таких приміщень рекомендується використовувати систему дуже низької напруги [34].

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разроб.</i>		Лівінська К.О.			<i>БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ</i>			
<i>Конс.</i>		Саблій Л.А.					61	77
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Саблій Л.А.						
						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>		

2. Планування ділянки

Вибір ділянок для будівництва каналізаційних споруд, а також планування, забудову та благоустрій їх території слід здійснювати з урахуванням технологічних вимог. Розташування таких споруд має бути погоджене з територіальним розвитком населених пунктів відповідно до ДБН 360, а площа території очисних споруд — передбачати можливість подальшого розвитку населеного пункту [34].

Територія каналізаційних очисних споруд населених пунктів, а також промислових очисних споруд, розміщених поза межами промислових майданчиків, у всіх випадках повинна бути огорожена [34].

Роботи на спорудах біологічного очищення виробничих стічних вод за санітарними характеристиками прирівнюються до робіт на міських каналізаційних очисних спорудах [34].

3. Опалення та вентиляція

Проектування систем опалення та вентиляції необхідно здійснювати відповідно до вимог ДБН В.2.5-67, а для адміністративних будівель, розташованих на території очисних споруд, — згідно з ДБН В.2.2-28.

Розрахунок необхідного повітрообміну у виробничих приміщеннях, як правило, слід виконувати на основі кількості шкідливих виділень (з урахуванням їх пожежо- та вибухонебезпечності), що утворюються від обладнання, арматури та комунікацій згідно з технологічною частиною проекту. У разі відсутності таких даних слід використовувати результати натурних обстежень аналогічних діючих об'єктів [34].

4. Надійність систем

Каналізаційні споруди мають забезпечувати повну працездатність протягом усього розрахункового терміну експлуатації, визначеного проектною документацією [34].

Для забезпечення надійності функціонування існуючих каналізаційних систем та споруд, які підлягають реконструкції або технічному переоснащенню, необхідно виконувати ряд регламентованих заходів, зокрема: проведення

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

паспортизації; заміна застарілого або зношеного обладнання із використанням більш міцних та стійких матеріалів; впровадження сучасних технологій очищення стічних вод, обробки осаду та будівництва; захист персоналу та довкілля від шкідливих газових викидів шляхом їх очищення або нейтралізації [34].

Клас наслідків (відповідальності) для об'єктів каналізації населених пунктів і промислових підприємств, включаючи очисні споруди, визначається замовником спільно з генеральним проєктувальником відповідно до вимог ДБН А.2.2-3, ДБН В.1.2-14, ДБН В.2.4-3, ДСТУ-Н Б В.1.2-16 та чинного законодавства.

5. Охорона навколишнього середовища

Проєктування заходів із охорони навколишнього середовища необхідно здійснювати відповідно до вимог ДБН А.2.2-1, ДБН А.2.2-3, ДСанПіН 2.2.7.029, Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, санітарних норм і правил утримання територій населених місць, а також СанПіН 4630 та СанПіН 4631 [34].

Санітарно-захисні зони від каналізаційних очисних споруд і насосних станцій до меж житлової забудови, територій громадських установ, житлових і громадських будівель, складів продовольства та підприємств харчової промисловості слід визначати з урахуванням типу споруд. Для споруд механічного та біологічного очищення з муловими майданчиками, а також для окремо розміщених мулових майданчиків за розрахункової продуктивності 5–50 тис. м³/добу санітарно-захисна зона повинна становити 400 метрів [34].

Охоронні захисні зони рекомендується передбачати вздовж усіх каналізаційних мереж — як самопливних, так і напірних — незалежно від того, чи йдеться про нове будівництво, реконструкцію або експлуатацію існуючих мереж. Це дозволяє знизити ризики травматизму та запобігти нещасним випадкам у разі провалів або аварій у місцях пошкодження склепінь каналізаційних мереж [34].

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Під час проєктування об'єктів каналізації необхідно максимально враховувати можливості для зменшення площі земельної ділянки, що відводиться під розміщення каналізаційних очисних споруд [34].

У процесі розрахунку водного балансу промислових підприємств слід передбачати максимально можливе повторне використання слабо забруднених промислових стічних вод, а також очищених поверхневих стоків. Це дозволяє зменшити споживання свіжої води та знизити навантаження на очисні споруди [34].

Основні типи можливого впливу каналізаційних очисних споруд населених пунктів, промислових зон чи окремих підприємств на стан навколишнього середовища слід визначати з урахуванням таких факторів: погіршення умов та зниження ефективності господарської діяльності через вилучення сільськогосподарських угідь, вирубку лісів або обмеження забудови на території, відведеній під споруди; порушення структури ґрунтів; забруднення водоприймачів скидами стічних вод; забруднення атмосферного повітря внаслідок виділення неприємних запахів [34].

6. Пожежна безпека

Під час визначення заходів із забезпечення техногенної безпеки, спрямованих на запобігання аваріям на об'єктах каналізаційної інфраструктури, проєктування необхідно здійснювати відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту України та Правил техногенної безпеки у сфері цивільного захисту на підприємствах [34].

Необхідність облаштування внутрішнього протипожежного водопроводу та оснащення каналізаційних споруд і будівель протипожежним інвентарем визначається проєктною документацією. Також слід передбачити виведення сигналів від систем пожежної сигналізації до місцевого диспетчерського пункту, центрального диспетчерського пункту, а також на пульт централізованого пожежного спостереження [34].

Класифікацію вибухо- та пожежонебезпеки приміщень, у яких здійснюється перекачування та очищення виробничих стічних вод або обробка

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

осадів, слід проводити згідно з НАПБ Б.03.002 з урахуванням пожежонебезпечних властивостей речовин, що можуть бути присутніми або утворюватися в технологічному процесі [34].

У приміщеннях та спорудах, які є частиною каналізаційних мереж або мають із ними з'єднання (зокрема, насосні станції, зливні станції, шахтні стовбури, оглядові колодязі на колекторах, прокладених щитовим чи гірничим способом), слід передбачати встановлення автоматизованих систем контролю та оповіщення про перевищення допустимих концентрацій шкідливих і агресивних газів [34].

7. Охорона праці

Під час проектування необхідно враховувати наступні аспекти охорони праці [34]:

- дотримання санітарно-гігієнічних норм щодо умов праці працівників каналізаційних очисних споруд та інших об'єктів системи каналізації;
- забезпечення безпечного виконання виробничих процесів, будівництва споруд, застосування обладнання, устаткування, транспортних засобів і хімічних реагентів, що не становлять загрози здоров'ю працівників;
- визначення регламентованих і безпечних методів контролю за функціонуванням споруд;
- запобігання аварійним ситуаціям шляхом відповідних технічних та організаційних рішень;
- використання лише атестованих безпечних механізмів, обладнання та технологічних процесів у рамках проекту організації будівництва.

На очисних спорудах каналізації, де передбачено знезараження стічних вод із використанням рідкого хлору, приміщення, в яких можливе виділення хлору (зокрема склади та хлордозаторні), мають бути обладнані автоматизованими

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

системами виявлення, контролю та оповіщення про перевищення допустимих концентрацій хлору в повітрі, згідно з НПАОП 0.001.23 [34].

На насосних та повітродувних станціях, а також на очисних спорудах, всі рухомі частини насосного та електромеханічного обладнання, як і приямки чи містки, повинні мати надійні огорожі [34].

При проектуванні відкритих ємностей обов'язково слід передбачати заходи, що унеможливають падіння персоналу в конструкції споруд [34].

У місцях, де трубопроводи прокладаються наземним способом, слід облаштовувати перехідні містки з поручнями, шириною не менше 1 метра, для безпечного пересування обслуговуючого персоналу [34].

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

ВИСНОВКИ

1. На основі літературних джерел виконано аналіз технологій біологічного очищення стічних вод птахофабрик та характеристики їхнього складу. Встановлено, що основні забруднення - органічні речовини (ХСК – 6720 мг/дм³, БСК_{повн} – 4275 мг/дм³), завислі речовини (ЗР – 3500 мг/дм³), жири, а також СПАР, фосфати, азот амонійний.

2. Описано сучасні технології очистки стічних вод та підібрано найбільш ефективну технологію для птахофабрики в місті Рогатин Івано-Франківської області із використанням безнапірної та напірної реагентної флотації; анаеробним очищенням в UASB-реакторі з гранульованим активним мулом та аеробним у аеротенку та вторинних відстійниках до вимог скиду у систему водовідведення міста Івано-Франківськ.

3. Наведено характеристику біологічних агентів активного та гранульованого анаеробного мулу і локально очищеної стічної води; розглянуто основні біохімічні процеси, які відбуваються в анаеробних та аеробних умовах.

4. Виконано розрахунки витрат та концентрації забруднень стічних вод, на підставі яких виконано технологічні розрахунки очисних споруд: аеротенків та вторинних відстійників. Прийнято: 2 секції двохкоридорний аеротенк-витиснювач за ТП 902-2-195 з робочою глибиною 3,2 м, шириною коридору 4,5 м та довжиною 23 м із загальним об'ємом 1325 м³; 5 вертикальних відстійників діаметром 9 м за проектом 902-2-168 висотою циліндричної частини 3 м, конічної 5,1 м.

5. Складено технологічну та апаратурну схеми та виконано креслення споруди біологічної очистки – аеротенка-витиснювача.

6. Наведено основні заходи з охорони праці і захисту довкілля.

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Лівінська К.О.				<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>
<i>Конс.</i>		Саблій Л.А.					<i>Аркуші</i>
<i>Реценз.</i>							67
<i>Н. Контр.</i>							77
<i>Затверд.</i>		Саблій Л.А.				<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ</i>	
					<i>ВИСНОВКИ</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Одноріг З. С., Василюк О. Р., Рубай О. І., Березюк Д. О. Модернізація технологічної лінії очищення стічних вод птахофабрики. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 3. С. 95–98.
2. Незаконне використання водних об'єктів та їх наслідки. Регіональний офіс водних ресурсів у Тернопільській області. 28.08.2024. URL: <https://rovrtto.davr.gov.ua/13139/> (дата звернення: 01.05.2025).
3. Kiepper, Brian Harry. “Characterization of poultry processing operations, wastewater generation, and wastewater treatment using mail survey and nutrient discharge monitoring methods.” (2003).
4. Kiepper, Brian Harry. “Characterization of poultry processing operations, wastewater generation, and wastewater treatment using mail survey and nutrient discharge monitoring methods.” (2003).
5. Roxana Mitroi та ін. E3S Web Conf. Volume 286, 2021 10th International Conference on Thermal Equipments, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD 2021), 12 лип. 2021. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128603018>.
6. Загальні технології харчової промисловості. Навчальний посібник у 2 ч. Ч. 1 / уклад. Ф.В. Перцевой, В.І. Ладика, П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко, Н.В. Камсуліна, О.Б. Дроменко, О.Ю. Мельник, О.В. Котляр, А.М. Діхтярь, С.Б. Омельченко, С.П. Боковець – Х. : СНАУ, 2021. – 317 с.
7. Maizatul Azrina Yaakob, Radin Maya Saphira Radin Mohamed, Adel Ali Saeed Al-Gheethi, Amir Hashim Mohd Kassim, 2018, Characteristics of chicken slaughterhouse wastewater, Chemical Engineering Transactions, 63, 637-642 DOI:10.3303/CET1863107

						<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		Лівінська К.О.			<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Конс.</i>		Саблій Л.А.				68	77	
<i>Реценз.</i>					<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i> <i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ</i>			
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Саблій Л.А.						

8. Skóra J, Matusiak K, Wojewódzki P, Nowak A, Sulyok M, Ligocka A, Okrasa M, Hermann J, Gutarowska B. Evaluation of Microbiological and Chemical Contaminants in Poultry Farms. Int J Environ Res Public Health. 2016 Feb 4;13(2):192. doi: 10.3390/ijerph13020192. PMID: 26861361; PMCID: PMC4772212.

9. Л. А. Саблій, О. М Бунчак, В. С. Жукова, В. М. Россінський. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці. Підручник / Під ред. Л. А. Саблій. – Рівне : НУВГП, 2016. – 356 с.

10. Барабанна решітка з полотном з трьохгранного профілю. Група Esmil. Каналізаційні решітки. URL: https://ua.esmil.eu/product/drum_screen-outside-in/ (дата звернення: 20.05.2025).

11. Сепаратор жиру зі шламокамерою GreaseMegaH горизонтальне виконання. VODALAND. Жировловлювачі промислові. URL: https://www.vodaland.com.ua/catalog/wastewater_treatment/fat_separator/profesiini/p/separator-sz-horiz/ (дата звернення: 20.05.2025).

12. Mainardis, M., Buttazzoni, M., & Goi, D. (2020). Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Technology for Energy Recovery: A Review on State-of-the-Art and Recent Technological Advances. Bioengineering, 7(2), 43. <https://doi.org/10.3390/bioengineering7020043>

13. Айрапетян Т. С. Технологія очистки стічних вод : конспект лекцій для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Т. С. Айрапетян; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 120 с.

14. Сорокіна К. Б. Конспект лекцій із навчальних дисциплін «Процеси та обладнання для обробки осадів» і «Технологія переробки та утилізації осадів» для студентів 5-6 курсів денної і заочної форм навчання освітньокваліфікаційного рівня «магістр» спеціальностей 192 – Будівництво та цивільна інженерія (спеціалізації (освітні програми) «Водопостачання та водовідведення» та «Раціональне використання і охорона водних ресурсів») і 194

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

– Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / К. Б. Сорокіна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 116 с.

15. С. М. Епоян, Р. І. Назарова, Л. П. Снагощенко, Ю. М. Данченко, В. А. Андронов, Т. М. Обіженко. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ вод. Харків : ХНУБА, 2012. 296 с.

16. Саблій Л. А. Попереднє очищення стічних вод шкіряних заводів фізико- хімічними методами / Л. А. Саблій, О. М. Бунчак, В. П. Плавачан // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2013. - № 1 (69). - С. 117-122.

17. Практикум з біотехнологій очищення води : навчальний посібник: навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад: Л.А. Саблій, О. М. Бунчак, В.С. Жукова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 106 с.

18. ПІДПРИЄМСТВА ПТАХІВНИЦТВА ВНТП - АПК - 04.05. Київ : М-во аграр. політики України, 2005. 90 с. URL: https://www.lugdps.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Pidpryyemstva-ptakhivnytstva-VNTP-APK-04.05.pdf.

19. Сидорова Л. П., Снігір'ова А. н. Очищення стічних та промислових вод. ч. II.: [Електронний ресурс]: Біохімічне очищення. Активний мул. Устаткування. 2017. 127 с.

20. Usachova, K. The development and manufacturing application of the methods of activated sludge quality regeneration / K. Usachova // The Material of 16 International Environmental Project Olympiad, Turkey, Istanbul, 1–4 June 2008. – Istanbul, 2008. – P. 55.

21. Голубовська Е.К. Біологічні основи очищення води. Навчальний посібник для студентів будівельних спеціальностей вузів. - М.: Вища школа, 1978. - 268 с.

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

22. Lim S.J., Kim T.-H. Applicability and trends of anaerobic granular sludge treatment processes. *Biomass Bioenergy*. 2014;60:189–202. doi: 10.1016/j.biombioe.2013.11.011.

23. Owusu-Agyeman I., Eyice Ö., Cetecioglu Z., Plaza E. The study of structure of anaerobic granules and methane producing pathways of pilot-scale UASB reactors treating municipal wastewater under sub-mesophilic conditions. *Bioresour. Technol.* 2019;290:121733. doi: 10.1016/j.biortech.2019.121733.

24. Callejas C., Fernández A., Passeggi M., Wenzel J., Bovio P., Borzacconi L., Etchebehere C. Адаптація мікробіоти після лужного збурення рН у повномасштабному анаеробному реакторі UASB, що очищує стічні води молочних ферм. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2019;42:2035–2046. doi: 10.1007/s00449-019-02198-3.

25. Tsui T.-H., Wu H., Song B., Liu S.-S., Bhardwaj A., Wong J.W.C. Food waste leachate treatment using an Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB): Effect of conductive material dosage under low and high organic loads. *Bioresour. Technol.* 2020;304:122738. doi: 10.1016/j.biortech.2020.122738.

26. Grady Jr., C.P.L., Daigger, G.T., Love, N.G., & Filipe, C.D.M. (2011). *Biological Wastewater Treatment* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b13775>

27. B. Demirel and P. Scherer, “Trace element requirements of agricultural biogas digesters during biological conversion of renewable biomass to methane,” *Biomass and bioenergy*, vol. 35, no. 3, pp. 992-998, 2011.

28. Economou, E.A.; Dimitropoulou, G.; Prokopidou, N.; Dalla, I.; Sfetsas, T. Anaerobic Digestion Remediation in Three Full-Scale Biogas Plants through Supplement Additions. *Methane* 2023, 2, 265–278. <https://doi.org/10.3390/methane2030018>

29. The Basis of Anaerobic Digestion Process. EPCM. URL: <https://epcmholdings.com/the-basis-of-anaerobic-digestion-process/#Acidogenesis> (дата звернення: 22.05.2025).

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

30. Von Sperling, M. (2015). Basic Principles of Wastewater Treatment. Water Intelligence Online, 6, 9781780402093. <https://doi.org/10.2166/9781780402093>

31. «Правила приймання стічних вод споживачів у каналізаційну систему м.Івано-Франківська»

32. Як приготувати водний розчин хлорного заліза. Преса. Навчання. 17.05.2021. URL: <https://presa.com.ua/navchannia/yak-prigotuvati-vodnij-rozchin-khlornogo-zaliza.html> (дата звернення: 15.05.2025).

33. Як розвести вапно для побілки стін і стелі: використання гашеного вапна. Дім, сад, город. URL: <https://www.systopt.com.ua/article-yak-rozvesty-vaпно-dlya-pobilky> (дата звернення: 16.05.2025).

34. ДБН В.2.5-75:2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування"

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		72

ДОДАТОК А
Специфікація обладнання

Позиція	Позначення	Найменування	К-сть	Примітки
ПЗ-1		Повітрязабірник. Діаметр труби 300 мм; висота труби 7 м.	2	Збірний
Ф-2		Фільтр попереднього очищення повітря ФЯР з металічними гофрованими сітками, що змащені маслом. Питома продуктивність 3000 м ³ /(м ² ·год); пилоємність – 200 г/м ² ; Ефективність очистки 80%; гідравлічний опір – 40 Па	2	Збірний
П-3		Компресор повітряний. Тиск на виході 0,3 МПа. Потужність електродвигуна 3500 кВт; продуктивність 970 м ³ повітря/хв; температура повітря на виході 120°С.	2	Збірний
Д-4 Д-6		Дозатор об'ємний для рідких речовин	2	Збірний

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Разроб.</i>	Лівінська К.О.				<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>		
<i>Конс.</i>	Саблій Л.А.					73	77		
<i>Реценз.</i>					<i>ДОДАТОК А</i>				
<i>Н. Контр.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>					
<i>Затверд.</i>	Саблій Л.А.								

Р-5 Р-7		Реактори для приготування робочих розчинів. Об'єм 5 м ³	2	Неірж. Сталь 12Х18Н10Т
К-8		Котельня для підготовки гарячого теплоносія	1	
РБ-9	РМБ-ТП	Барабанна решітка. Швидкість подачі 1 м/с.	2	Збірний
СЖ-10		Сепаратор жиру. Час очищення 40 хв.	2	Збірний
УС-11		Усереднювач стічних вод. Час усереднення 8 год. Витрата повітря 6 м ³ /год.	2	Збірний
Н-12 Н-14 Н-17 Н-21 Н-23 Н-25 Н-27 Н-31 Н-33		Відцентровий насос для перекачування потоків з вологістю <99%	18	Збірний
БФ-13		Безнапірний флотатор, швидкість руху СВ 3 м/с, час обробки 40 хв.	2	Збірний
НБ-15		Напірний бак. Тиск 0,3 МПа, тривалість насичення 9 хв, концентрація повітря 55 л/м ³ .	2	Збірний

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

НФ-16		Напірний флотатор, час обробки 30 хв, концентрація FeCl ₃ – 400 мг/дм ³ , Ca(OH) ₂ – 250 мг/дм ³	2	Збірний
АН-18		Анаеробний UASB-реактор, доза мулу 20 г/дм ³ , деструктивна потужність 10 кг/м ³ , тривалість перебування в реакторі 8 годин.	2	Збірний
АР-19	ТП 902-2-195	Аеротенк-витиснювач з регенератором. Кількість коридорів 2; ширина коридору 4,5 м; робоча глибина 3,2 м.	2	Збірний
В-20	ТП 902-2-168	Вторинний вертикальний відстійник. Діаметр 9 м, загальна глибина 8,1 м, площа відстійника 63 м ² .	5	Збірний
ЖК-21		Жирозбірна камера, тривалість перебування 8 годин.	2	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КО-24		Камера осадів, тривалість перебування 4 години.	2	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
АС-26		Аеробний стабілізатор. Пневматична система аерації.	2	Збірний

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

		Інтенсивність аерації 6,6 м ³ /(м ² · год), час стабілізації 7 діб.		
МУ-28		Мулоущільнювач з гідравлічним видаленням осаду, вологість осаду 95-97%.	4	Збірний
КД-29		Камера дегельмінтизації для знезараження стабілізованих осадів, тривалість знезараження 20 хв.	2	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Ф-30	Esmil	Горизонтальний стрічковий фільтр-прес, вологість осаду 73-75%.	2	Збірний
АМ-32		Аварійний муловий майданчик для зневоднення осадів у випадку аварії на лінії обробки осадів, вологість осаду 73-75%.	2	
Г-34		Газгольдер, час перебування газу 3 години.	2	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-1.1 КП-2.1 КП-3.1 КП-8.2	SGY- D10322N	Манометр. Діапазон вимірювання 0-2 бар.	4	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-4.1 КП-6.1	REF102/112	Рефрактометр для вимірювання концентратів.	4	

					<i>КББЕ.ББ1109.ДП</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

КП-16.1				
КП-9.2	REF801	Рефрактометр для вимірювання концентрації водозмішуючих емульсій.	6	
КП-11.2				
КП-13.2				
КП-16.2				
КП-20.2				
КП-8.1	ТКП-160Сг-М2	Термометр манометричний, конденсаційний. Межі вимірювань 0-120 °С.	6	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-9.3				
КП-19.3				
КП-26.2				
КП-29.1				
КП-9.1	ВР-1	Регулятор потоку води. Температура робочого середовища 40-150 °С, точність ±1%.	6	Збірний
КП-10.1				
КП-11.1				
КП-13.1				
КП-18.1	VisiTrace DO	Датчик вимірювання концентрації кисню. Діапазон вимірювань 0-2000 ppb.	4	
КП-19.2				
КП-26.1				
КП-26.3	RHP	Датчик вологості. Діапазон вимірювання температури - 40...+60 °С, вологість 0-100%	3	
КП-29.2				
КП-34.1	Wintact WT8823	Датчик вимірювання концентрації газу. Діапазон вимірів 0 ~ 100 % LEL	2	