

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ Т.В. Дудар  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Біохімічне очищення**  
**муніципальних та виробничих**  
**крохмале-патокових стічних вод»**

Виконавець: студент групи ЕК-201м Пашко Валерій Сергійович  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: доктор біологічних наук Міхеев Олександр Миколайович  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кажан К.І.  
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_  
(підпис)

Явнюк А.А.  
(П.І.Б.)

КИЇВ 2021

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,  
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Дудар Т.В.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Пашка Валерія Сергійовича

1. Тема роботи «Біохімічне очищення муніципальних та виробничих крохмале-патокових стічних вод» затверджена наказом ректора від «15» вересня 2021 р. №1872/ст.

2. Термін виконання роботи: з 04.10.2021 р. по 20.12.2021 р.

3. Вихідні дані роботи:

Розрахункова витрата стічних вод 85000 м<sup>3</sup>/добу, з них побутових 80000 м<sup>3</sup>/добу; промислове підприємство – крохмале-патоковий завод.

Характеристика річки, в яку скидаються СВ: розрахункова витрата при 95% забезпеченості 19 м<sup>3</sup>/с; швидкість течії при розрахунковій витраті 2 м/с; середня глибина річки становить 3,5 м; коефіцієнт звивистості 1,7;

4. Зміст пояснювальної записки:

Характеристика забезпеченості водними ресурсами України, опис стічних вод крохмале-патокового виробництва; характеристика анаеробного активного мулу, обґрунтування технології попереднього очищення стічної води крохмале-патокового заводу; біохімічні основи технологічного процесу очищення води; розрахунок показників суміші стічних вод міста та крохмале-патокового заводу; технологічна частина: вибір, розрахунок і

характеристика обладнання для очищення суміші стічних вод міста та крохмале-патокового заводу; охорона праці на підприємстві.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:

Технологічна схема очищення стічних вод крохмале-патокового заводу та міста (А1);  
апаратурна схема очищення стічних вод крохмале-патокового заводу та міста (А1);  
креслення метантенка (А1).

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Літературно-патентні дослідження: характеристика сировини (СВ), огляд та аналіз існуючих технологій попереднього очищення СВ крохмале-патокових підприємств.	10.10.21	
2	Обґрунтування вибору технології	20.10.21	
3	Характеристика біологічного агента. Опис біохімічних основ процесу.	28.10.21	
4	Виконання розрахунків, вибір схеми, способу і методів контролю. Виконання креслень апаратурної та технологічної схеми.	15.11.21	
5	Підбір, розрахунок і характеристика основного та допоміжного обладнання. Виконання креслення основної споруди (метантенка).	27.11.21	
6	Оформлення проекту	15.12.21	
7	Підготовка до захисту	20.12.21	

7. Консультація з окремого(мих) розділу(ів):

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Леонов В.І. (фахівець каф. Цивільної та промислової безпеки)		

8. Дата видачі завдання: «04» жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Міхєєв Олександр

Миколайович

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_

(підпис випускника)

Пашко Валерій

Сергійович

(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 65 сторінок пояснювальної записки та 3 аркуші креслень А1. Склад пояснювальної записки: вступ, 5 розділів, які включають 4 рисунків, 6 таблиць, висновки, 22 літературних посилань і додатки.

Об'єкт дослідження: біологічне очищення стічних вод міста та крохмалепаточного підприємства з отриманням біогазу при переробці надлишкового активного мулу.

Мета роботи: вибір та обґрунтування ефективної технології очищення стічних вод міста та крохмале-патокового заводу.

Методи дослідження: порівняльний аналіз, обробка літературних джерел.

Результати магістерської роботи рекомендується використовувати при спорудженні очисних споруд.

ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, КРОХМАЛЕ-ПАТОКОВИЙ ЗАВОД,  
МЕТАНТЕНК, АКТИВНИЙ МУЛ, ЗАВИСЛІ РЕЧОВИНИ, БІОХІМІЧНЕ  
СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ УКРАЇНИ. ОПИС СТІЧНИХ ВОД КРОХМАЛЕ-ПАТОКОВОГО ЗАВОДУ. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ЗАВОДУ.....	11
1.1. Характеристика забезпеченості водними ресурсами України.....	11
1.2. Аналіз фізико-хімічного складу стічних вод крохмале-патокового підприємства .....	12
1.3. Методи очистки промислових стічних вод.....	15
1.4. Вибір попереднього способу очищення промислових стічних вод.....	18
РОЗДІЛ 2. СХЕМА ПРОЦЕСІВ ЗБРОДЖЕННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД. ОПИС АНАЕРОБНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ.....	25
2.1. Схема процесів зброджування осадів стічних вод .....	25
2.2. Характеристика очищеної води.....	27
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	29
3.1 Вибір та обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста і крохмале-патокового заводу.....	29
3.2 Опис сировини, матеріалів і напівпродуктів очищення суміші СВ.....	30
3.3 Опис процесів очистки стічних вод .....	31
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ .....	37
4.1 Розрахунок витрати стічних вод крохмале-патокового підприємства та міста Чернігів .....	37
4.2. Розрахунок концентрації забруднень господарсько-побутових стічних вод.....	38
4.3 Розрахунок необхідного ступеня очищення суміші СВ .....	39
4.4 Розрахунок основних очисних споруд .....	42
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	51

5.1 Аналіз умов праці на очисних спорудах.....	51
5.2. Забезпечення параметрів для мікрокліматичних умов.....	52
5.3. Пожежна безпека на очисній станції.....	55
5.4. Комплекс заходів для захисту від статистичної електрики.....	56
ВИСНОВКИ .....	58
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ...	59
ДОДАТОК А.....	62

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

СВ — стічні води;

АС — апаратурна схема;

ТС — технологічна схема;

ПАР — поверхнево-активні речовини;

ХСК — хімічне споживання кисню;

БСК — біологічне споживання кисню;

БСК<sub>повн</sub> — повне біологічне споживання кисню;

КВП – контрольно-вимірювальні прилади.

МО – мікрорганізми.



## ВСТУП

Крохмаль є досить потрібним продуктом для суспільства. Однією з ключових сфер використання крохмалю є продовольча, так його використовують для покращення структури та запахів продукції. Близько 50% продукції, що міститься на полицях супермаркетів містить у своєму складі крохмаль.

У фармацевтиці крохмаль застосовують для наповнення та виготовлення капсул, у текстилі з його допомогою збільшують міцність ниток. Виробництво органічного пластику здійснюється саме з крохмалю.

Прогнозують, що у 2030 році близько 50% крохмалю використовуватиметься у харчовій промисловості, частка паперової галузі зменшиться до 15%, причиною цього є диджиталізація та зменшення паперового обігу в компаніях. Хімічна промисловість буде потребувати більшу кількість крохмалю через збільшення об'ємів виробництва органічного пластику.

Через збільшення об'єму виробництва продукції, до якої входить крохмаль, споживання останнього збільшується кожного року. У 2018 році показник виробництва крохмалю становив 101 млн. т., впродовж 2019-2020 років виробництво збільшилось на більш чим 10 млн тон. В Україні виробництво крохмалю становить понад 140 тис. т/рік.

При виробництві крохмалю використовуються досить багато води, на одну тону сухого крохмалю необхідно близько 160 м<sup>3</sup> води. Для зменшення впливу на навколишнє середовище та забезпечення прісної води, відпрацьовані стічні води потребують якісного очищення. Тому розробка нових чи удосконалення існуючих технологій очищення стічних вод є досить потрібним.

**Актуальність дипломного проекту.** Актуальність полягає в необхідності модернізації та підвищенні ефективності очищення СВ крохмале-патокових виробництв.

**Мета дипломного проекту.** Вибір та обґрунтування ефективного способу очищення стічних вод міста та крохмале-патокового заводу.

Для виконання поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

1. розглянути забезпеченість водними ресурсами України, надати характеристику фізико-хімічного складу виробничих СВ крохмале-патокового заводу;
2. надати характеристику існуючих схем очищення СВ крохмале-патокового підприємства та обрати найефективнішу;
3. розрахувати витрату стічних вод, концентрацію забруднень стічних вод, необхідний ступінь очищення стічних вод міста та крохмале-патокового заводу, основного та допоміжного обладнання;
5. розробити АС та ТС очищення стічних вод крохмале-патокового заводу і міста;
4. охарактеризувати анаеробний активний мул, як основний біологічний агент процесу анаеробного знешкодження осадів, запроектувати споруду для його здійснення;
5. вказати правила та вимоги до техніки безпеки під час роботи на очисних спорудах, вимоги охорони довкілля на підприємстві.

## **РОЗДІЛ 1.**

# **ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ УКРАЇНИ. ОПИС СТІЧНИХ ВОД КРОХМАЛЕ-ПАТОКОВОГО ЗАВОДУ. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ЗАВОДУ**

### **1.1. Характеристика забезпеченості водними ресурсами України**

Вода – це один з найбільш важливих компонентів біосфери. Вона є основою всього живого на Землі та одним з найцінніших ресурсів на нашій планеті.

До поняття водних ресурсів відносять всі води планети Земля, що перебувають у хімічно незв'язаному стані. Водні ресурси містять води Світового океану, поверхневі (річки, озера, водосховища, ставки) та підземні води, а також води, що зосереджені у льодовиках. Їх використовують у сільському господарстві, промисловому виробництві та для задоволення комунально-побутових потреб [1].

Вода займає близько 70,8 % поверхні планети Земля. Більша частина водних ресурсів становлять надмірно мінералізовані води, що непридатні для господарського використання. Відсоток прісної води, тобто такої, що придатна для господарського використання, становить 0,3% від загального об'єму водних ресурсів. Від дефіциту прісної води, або від незадовільної її якості страждає велика частина населення всієї планети.

Україну відносять до держав з недостатньою кількістю водних ресурсів. Вона має одні з найбільш дефіцитних запасів прісної води у Європі. Територія нашої держави не має густої річкової мережі, та значних запасів підземних вод. Багато боліт є осушеними, що істотно впливає на повноводність річок.

Одним із факторів поганої забезпеченості водними ресурсами України є їх нерівномірне розміщення. Регіон Карпат та Полісся є найбільш

забезпеченими прісною водою, тоді як райони Степу найменш забезпечені цим ресурсом. Так на 1 км<sup>2</sup> припадає всього лише 23 тис. м<sup>3</sup> місцевого стоку, у Херсонській обл. - 5.1, Одеській - 10.9, Миколаївській - 20.3, Запорізькій - 22.5 тис. м<sup>3</sup>, тоді як в Івано-Франківській - 312 і в Закарпатській - 360 тис. м<sup>3</sup> [2].

Таблиця 1.1

Розподіл водних ресурсів по території України

Зони	Місцевий стік						
	Площа тис. га	Куб. км.	В % до загального стоку	На № кв. км. терит. тис. куб. м.	На 1000 га с/г угідь тис. Куб. м.	На 1000 га. ріллі, тис. куб. м.	На одного жителя, куб. м.
1	2	3	4	5	6	7	8
Полісся	87,9	8,21	16,3	93,6	322,2	464	2563
Карпати	20,2	11,0	21,9	547,9	710,8	1024	5256
Лісостеп	219,8	20,3	40,4	92,7	112,1	131	943
Степ	164,7	7,39	7,5	23,0	36,2	44	627
Україна	603,7	419,9	52,3	82,7	118,5	145,5	1000

Майже всі річки України досягли свого максимального рівня водокористування, це спричинило виникнення дисбалансу на потреби у прісній воді та можливостями її надання, як за кількістю так і за якістю.

**1.2. Аналіз фізико-хімічного складу стічних вод крохмале-патокового підприємства**

Крохмале-патоковим підприємством називають цехи та заводи, що здійснюють переробку картоплі, кукурудзи, тапіока або пшениці на сухий крохмаль, чи продукти, що його містять. До них відносять крохмальну патику, кристалізовану глюкозу, декстрини, тетра-цукри та навіть глюкозофруктозні сиропи.

На території України крохмаль виробляють здебільшого із картоплі та кукурудзи. Інформація з таблиці 1.2 та 1.3 вказує на тенденцію витіснення картопляного крохмалю кукурудзяним, хоча виробництво картопляного крохмалю є більш мамовим.

Таблиця 1.2

Основні показники виробництва та споживання кукурудзяного крохмалю в Україні (Значення наведені в тонах)

Показник	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Початкові запаси	1 350	1 364	1 459	3 674	975	5 475	3 975
Виробництво	53 167	56 502	70 261	86 981	110 000	95 000	100 000
Імпорт	3 308	1 610	1 990	3 499	1 500	1 500	1 000
<b>Пропозиція</b>	<b>57 825</b>	<b>59 476</b>	<b>73 710</b>	<b>94 154</b>	<b>112 475</b>	<b>101 975</b>	<b>104 975</b>
Експорт	20 812	28 106	31 436	61 161	70 000	68 000	70 000
Споживання	35 649	29 911	38 600	32 018	37 000	30 000	30 000
<b>Попит</b>	<b>56 461</b>	<b>58 017</b>	<b>70 036</b>	<b>93 179</b>	<b>107 000</b>	<b>98 000</b>	<b>100 000</b>
Кінцеві запаси	1 364	1 459	3 674	975	5 475	3 975	4 975

Таблиця 1.3

Основні показники виробництва та споживання картопляного крохмалю в Україні (Значення наведені в тисячах тон)

Показник	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Початкові запаси	350	7 577	1 984	310	400	750	1 650
Виробництво	10 904	7 654	5 713	5 500	6000	7 000	9 000
Імпорт	1 551	577	2 911	3 499	3000	2 500	2 000
<b>Пропозиція</b>	<b>12 805</b>	<b>15 808</b>	<b>10 608</b>	<b>9 309</b>	<b>9 400</b>	<b>10 250</b>	<b>12 650</b>
Експорт	194	525	776	250	350	600	1000
Споживання	5 034	13 299	9 522	8 659	8300	8 000	8 000
<b>Попит</b>	<b>5 228</b>	<b>13 824</b>	<b>10 298</b>	<b>8 909</b>	<b>8 650</b>	<b>8 600</b>	<b>9 000</b>
Кінцеві запаси	7 577	1 984	310	400	750	1 650	3 650

Технологічна схема виробництва крохмалю включає наступні стадії: миття сировини та її подальше подрібнення, відокремлення крохмального молока від мезги, рафінування та сушіння крохмалю.

Крохмаль міститься у великій кількості у клітинах картоплі чи кукурудзи. Для більшого виходу крохмалю, потрібно забезпечити високий ступінь подріблення клітин, що здійснюється на перетиральних машинах.

Резьтатом перетирання є мезга. Вона в своєму складі містить крохмаль, клітковину, цукор, азотисті речовини. Виділити крохмаль поміж інших компонентів мезги можна за допомогою ситових станцій та відстоювання. Звичайна ситова станція складається з укріпленої рами та сита, що обертається. Плоскі коливальні сита мають розмір 1 x 4 м та певний нахил. Над ними розміщені форсунки, що подають воду, яка вимиває крохмаль з мезги. Над ситами встановлені дозувальні жолоби. Ситова поверхня складається з двох барабанів, що обертаються. Розділення мезги на воду з крохмалем та клітковину здійснюється відцентровою силою [3].

Крохмальне молоко містить у складі білкові речовини та частинки мезги, тому наступним процесом є рафінування, що здійснюється у чанах. Крохмаль осідає на дно чанів, зверху над крохмалем знаходиться бруд та вода. Після зливання води, та зчищення бруду отримують крохмаль з вологістю 50%.

Висушити крохмаль можна за допомогою центрифуг або батарейних гідроциклонів. Останні є більш економічно вигідними, та мають менші габарити.

Стічні води на крохмале-патоковому виробництві утворюються:

- під час транспортування та мийці бульби картоплі;
- під час відділення крохмалю від мезги;
- під час промивання технологічного обладнання на виробництві;
- під час випарювання сиропу;
- під час охолодження механізмів та продукту.

Детальний якісний склад стічних вод крохмале-патокового підприємства наведено в таблиці 1.4

Склад СВ крохмале-патокового заводу [4].

Показник	Одиниця вимірювання	Загальний стік виробництва			Умовно чисті барометричні води патоково-глюкозного виробництва
		Картопля но- крохмаль ний	По переробці кукурудз и лужним	Кукурудз яно- патокови й	
1	2	3	4	5	6
Температура	°С	14	30	28	35
Прозорість за шрифтом	см	27	30	-	21
Завислі речовини	мг/дм <sup>3</sup>	2700	2100	620	35
рН	-	5,4	5,2	5	7,6
Загальна лужність	мг-екв/дм <sup>3</sup>	7	13	3,5	2,6
Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	85	50	60	-
Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	74	110	30	-
Cl <sup>-</sup>	мг/ дм <sup>3</sup>	80	80	60	32
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/ дм <sup>3</sup>	330	280	6	-
CO <sub>2</sub> (вільна)	мг/ дм <sup>3</sup>	1	1	-	-
ХСК	мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup>	2000	2900	2400	100
БСК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup>	2200	2100	1500	91
Фосфор	мг/ дм <sup>3</sup>	6,2	24	2,4	2,4

До основних речовин, що забруднюють СВ крохмале-патокових підприємств відносять завислі та органічні речовини, що можуть створити сприятливі умови для росту патогенної мікрофлори.

### 1.3. Методи очистки промислових стічних вод

Очищення промислових стічних вод - це складний багатоетапний процес внаслідок їх надмірного забруднення. При всіх варіаціях видів очищення стоків, перша стадія відводиться на механічне очищення. Воно дозволяє затримати об'ємні механічні домішки, відділити різного роду суспензії і

дисперсно-колоїдні частки. Зазвичай механічне очищення відносять до попереднього очищення стічних вод. До нього відносять три основних методи очищення : відстоювання, проціджування та фільтрування. Метод відстоювання ґрунтується на різниці густини завислих речовин і води. При застосуванні методу проціджування, використовуються сита й решітки, проходячи крізь які, стоки звільняються від волокон та грубих домішок. Сито з дрібнішим діаметром отворів, може слугувати додатковим фільтром. Метод фільтрування допускає видалення зі стоків, ще більший перелік включень. Після попередньої механічної очистки проводиться хімічне, біологічне, чи фізико-хімічне очищення.

До фізико-хімічного очищення відносять: флотацію, коагуляцію, ректифікацію, випарювання, зворотний осмос, тощо. При застосуванні коагуляції для очистки стоків, можна прискорити процес осадження тонкодисперсних домішок і емульгованих речовин. Даний метод дозволяє ефективно видалити із води колоїдно-дисперсних частинок розміром 1...100 мкм. У водоочистці ініціація коагуляції відбувається завдяки застосуванню коагулянтів, які спричиняють процес гетерокоагуляції - взаємодії колоїдних і дрібнодисперсних частинок стічних вод з агрегатами. Як коагулянти застосовують бентонітові глини, електроліти, розчинні у воді солі алюмінію, солі заліза або їх суміші, поліакриламід, які, гідролізуючи утворюють пухкі гідрати оксидів металів [5].

Флотацію застосовують задля видалення зі стічної води нерозчинних колоїдно-дисперсних домішок, що самостійно погано осідають, для цього найкраще підходить підвид – пінна флотація. Для усунення розчинених речовин підвид – пінної сепарації, яку в свою чергу, після біохімічної очистки стоків, використовують для виділення активного мулу. До переваг флотації можна віднести безперервність процесу, низькі затрати у капіталі та експлуатації, досить прості апарати, високу швидкість процесу (порівнюючи із відстоюванням), отримання шламу із нижчою вологістю та значний ступінь очищення (95-98%). Процес флотації супроводжує аерація стічних вод,



відбувається зменшення концентрації поверхнево-активних та легкоокислюючих речовин, бактеріальної мікробіоти.

Хімічні методи очищення стічних вод включають нейтралізацію, окислення і відновлення.

Нейтралізацію використовують при скиданні стічних вод, які містять в своєму складі луги чи мінеральні кислоти, у водойму. При цьому нейтралізацію можна проводити змішування між собою кислих та лужних СВ, фільтруванням вод із низьким значенням рН крізь нейтралізуючі матеріали, додаванням реактивів. Поглинанням кислих газів за допомогою лужних вод або адсорбцією  $\text{NH}_3$  кислими водами. У якості нейтралізаторів кислих вод застосовують натрій та калій гідроксиди,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  (аміачна вода),  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , доломіт ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), цемент. Найбільш часто використовують вапняне молоко (гідроксид кальцію), через його доступність, де вміст активного вапна  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  – 5-10% [5].

Для знешкодження СВ, зі вмістом шкідливих домішок (ціаніди, комплексні ціаніди міді і цинку) або сполук вилучення яких є недоцільним, застосовують окислювальний метод. У якості окислювачів застосовують: газоподібний і скраплений хлор, діоксид хлору, хлорат кальцію, гіпохлориди кальцію і натрію, перманганат калію, біхромат калію, пероксид водню, кисень повітря, пероксидсіркові кислоти, озон, піролюзит і ін.

Біологічні методи очищення стічних вод відіграють значну роль в технологічних етапах очищення стоків. Основний механізм методу біологічного очищення СВ лежить в мінералізації органічних забрудників, шляхом аеробних біохімічних процесів. У даному процесі мінералізацію забезпечують мікроорганізми, що живляться органічними сполуками стічних вод (органічними кислотами, білками, вуглеводами), в результаті процесів живлення МО розкладають сполуки до мінеральних солей, вуглекислого газу та води. Певна частина речовин, яку окислили мікроорганізми йде на утворення біомаси (шляхом біосинтезу). Результатом біологічного очищення є прозора вода, що не загниває й містить розчинений кисень та нітрати.

Для якісного проведення біологічного очищення використовують наступні сполуки: аеротенки, біофільтри, біологічні ставки. Досить прогресивним результатом розвитку методів біологічного очищення стали біоінженерні споруди типу біоплато. Такі установки – це штучні системи очищення стічних вод, які мають ряд характеристик природного біоплато. Для очищення стічних вод в цій системі застосовують різні гідробіонти: мікроорганізми, водорості, вищі рослини і т.д. Очищення можливе як в аеробних, так і в анаеробних умовах.

#### **1.4. Вибір попереднього способу очищення промислових стічних вод**

Очищення стічних вод картопляно-крохмальних підприємств зустрічається досить рідно. Зарекомендували себе лише аеротенки-змішувачі, що при дозі активного мулу  $4 \text{ г/дм}^3$  та при часі аерації 6-8 годин знижує показник БСК на 95%.

Найбільш ефективним методом очистки стічних вод крохмале-патокових підприємств вважають їх утилізацію на полях фільтрації. Через підвищені показники концентрацій забруднень промислових стічних вод, на полях фільтрації необхідно зменшити навантаження в порівнянні з побутовими СВ у 2 рази.

Нижче наведено схему очистки стічних вод крохмале-патокового підприємства рис.1.4.

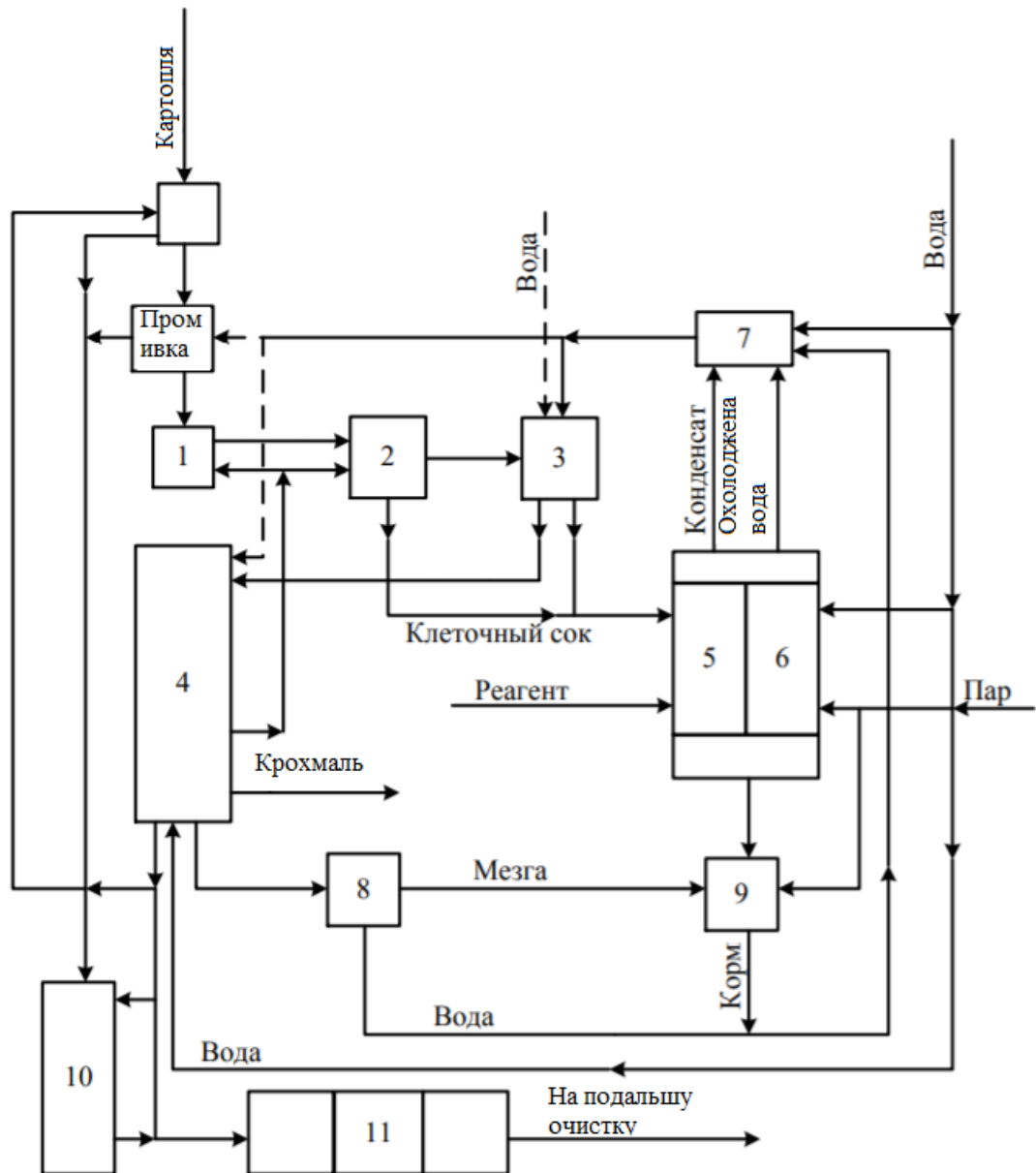


Рисунок 1.4 – Схема очищення стічних вод крохмале-патокового підприємства [6]:

1 – подрібнювач картоплі; 2 – центрифуга першого ступеня; 3 – центрифуга другого ступеня; 4 – центрифуги виробництва крохмалю; 5 – випарювання стічної води на першому ступені; 6 – випарювання стічної води на другому ступені; 7 – система оборотних вод; 8 – стадія зневоднення; 9 – стадія гомогенізації; 10 – відстійник; 11 – споруда двоступінчастої аерації.

При використанні СВ на полях зрошення варто звернути увагу на добове

завантаження 1 га, яке становить 100-125 м<sup>3</sup>/доб. Стічні води перед подачею на поля для зрошування варто нейтралізувати та розбавити в 1,5 – 2 рази. Для розбавлення можуть підійти транспортно-миючі води [7].

При відсутності великої площі, що відводяться для полів фільтрації, очищення здійснюють за допомогою схеми з біофільтраційною установкою, наведеною на рис 1.5.

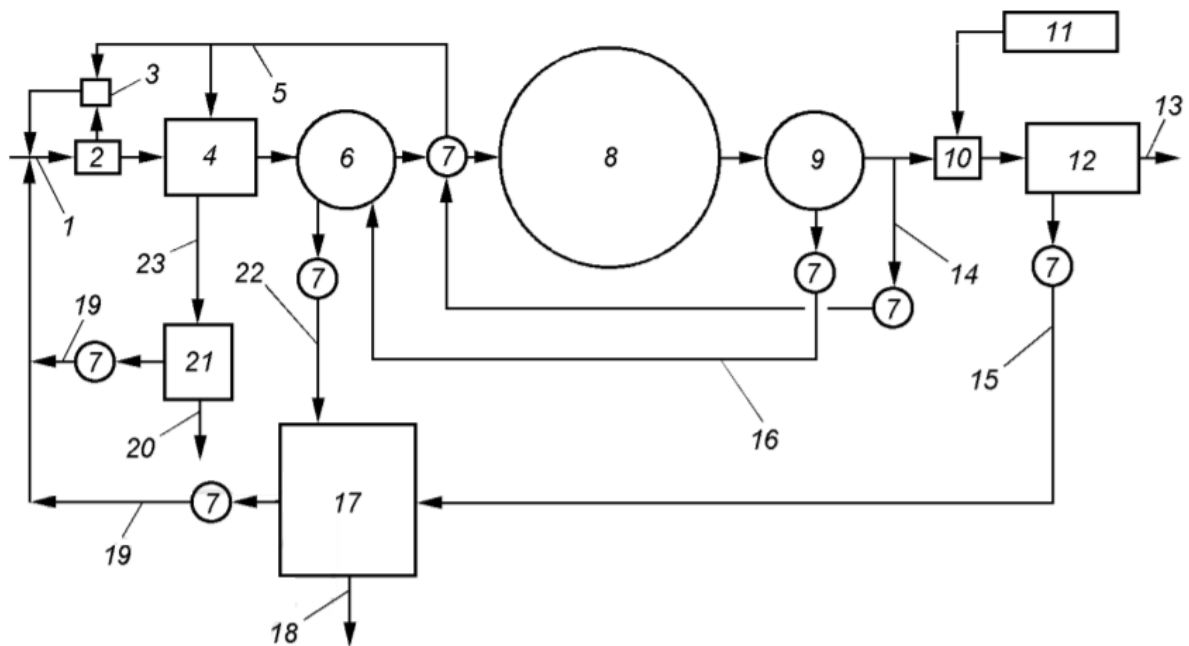


Рис 1.5 – Схема очистки крохмале-патокових стічних вод із допомогою біофільтраційної установки [8]:

1 – СВ для очистки; 2 – решітка; 3 – дробарка; 4 – піскоуловлювач; 5 – технічна вода; 6 – освітлювач-перегнівач; 7 – насосна станція; 8 – біофільтр; 9 – вторинний відстійник; 10 – змішувач; 11 – хлораторна; 12 – контактний резервуар; 13 – очищені СВ; 14 – рециркуляційна вода; 15 – осад з контактного резервуару; 16 – надлишкова біоплівка; 17 – муловий майданчик; 18 – Зневоднений осад; 19 – дренажна вода; 20 – зневоднений пісок; 21 – пісковий майданчик; 22 – стабілізований осад; 23 – піщана пульпа.

Біофільтр – споруда для очистки стічних вод за допомогою анаеробних мікроорганізмів. Вони закріплюються у вигляді шару біологічної плівки до завантажувача. Стічні води під час руху по поверхні завантаження, зазнають

біологічної очистки. Деколи, при необхідності, відбувається рециркуляція очищених СВ, на біофільтрах.

Надлишкова відпрацьована біоплівка, окремими клаптиками відривається від товщі завантаження та видаляється разом з очищеною водою до вторинних відстійників або до перегнивачів-освітлювачів, для подальшого анаеробного зброджування. У цьому ж місці відбувається мінералізація залишків, після вилучення із СВ, вони подрібнюються, повторно скидаються в канал перед решітками, і крізь піскоуловлювачі, далі затримуються у двоярусних відстійниках або перегнивачах-освітлювачах [8].

В даній схемі замість біофільтрів також можна застосовувати й аеротенки. У такій ситуації варто із вторинного відстійника, зворотний активний мул, перекачати в аеротенки, а НАМ, аналогічно до надлишкової біоплівки, подавати до двоярусних відстійників чи перегнивачах-освітлювачах.

Відповідно до даної схеми механічна механічне очищення СВ відбувається на решітках, пісколовках й в первинних відстійниках. Спорудами для біологічної очистки тут виступають аеротенки.

При недосягненні необхідного ступеня очистки січної води, відбувається процес доочистки на зернистих фільтрах, промивна вода відправляється на початок очисних споруд.

Сирий осад із первинних відстійників відправляється до метантенків на подальше зброджування разом із НАМ. Отриманий біогаз збирається в газгольдерах.

Наступна представлена схема локального очищення СВ крохмале-патокового підприємства з використанням МВВР-реакторів. Під час промивання сировини утворюється велика кількість стічних вод, що забруднені мінеральними речовинами, піском та глиною. Ці стічні води створюють перший потік промислових стічних вод, який очищується на гравітаційному роздільнику.

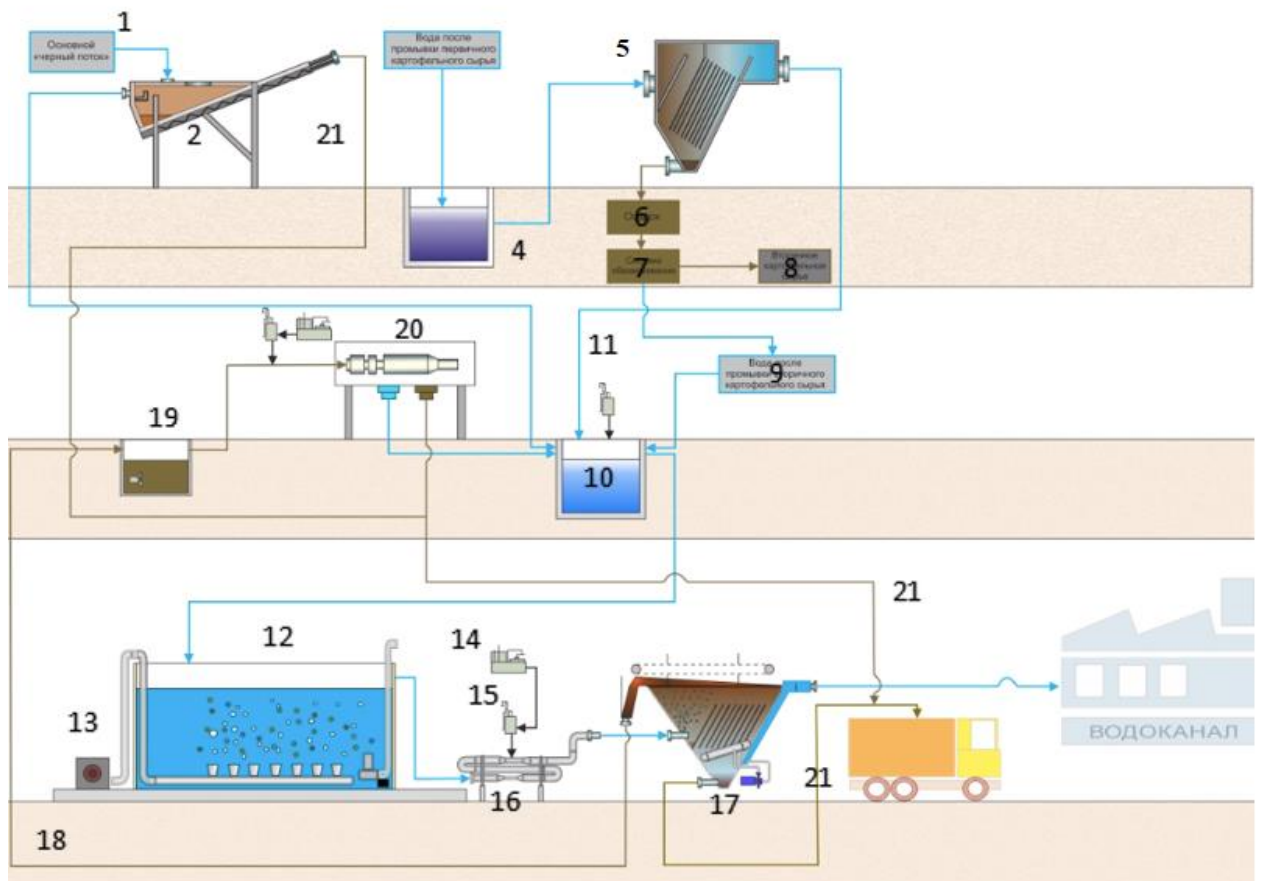


Рис.1.6 – Технологія локальної очистки стічних вод крохмале-патокового заводу з використанням МВВР-реакторів [9]:

1 – води забруднені мінеральними речовинами; 2 – шнековий сепаратор; 3 – води забруднені органічними речовинами; 4 – змішувач; 5 – седиментатор; 6 – осад на регенерацію; 7 – система зневоднення; 8 – вторинна картопляна сировина; 9 – вода після промивки вторинної сировини; 10 – аеробний реактор; 11 – дозатор  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ; 12 – реактор МВВР; 13 – повітродувка 14 – станція автоматичного приготування флокулянту; 15 – дозатор флокулянту; 16 – трубний-флокулятор; 17 – установка напірної флотації; 18 – флотаційний осад; 19 – резервуар для кондиціонування осаду; 20 – центрифуга; 21 – осад на вивезення.

Води, що забруднені органічними речовинами очищуються окремо на седиментаційній установці. За допомогою цієї установки відділяють крохмалевмісні речовини, що йдуть на повторне використання.

Біологічна очистка здійснюється в аеробному реакторі. Задля збільшення вмісту азоту у воді, до стічних вод додають сечовину, це забезпечує кращу роботу бактеріям активного мулу. Біологічний реактор має технологію MBBR, завдяки якій збільшується площа контакту активного мулу з водою. Активний мул кріпиться на вільноплаваючі елементи, що виготовлені з пластмас. Завдяки такій технології, значно збільшується ефективність очищення СВ. Однією з переваг установка є її компактні розміри.

Завдяки використанні наведеної технології очистки стічних вод крохмале-патокового підприємства, вдається отримати показники ХСК та БСК, що відповідають нормам встановленим міським водоканалом, для стоків що відводяться в загальноміські каналізаційні мережі.

Таблиця 1.4.1

Показники ефективності очистки СВ за технологією з використанням MBBR-реакторів [9]

Назва показника	Значення
Завислі речовини	450 мг/дм <sup>3</sup>
Загальний азот	20 мг/ дм <sup>3</sup>
БСК <sub>пов</sub>	250 мг/ дм <sup>3</sup>
ХСК	380 мг/ дм <sup>3</sup>
рН	6,5-8,5
Фосфор	3,5 мг/ дм <sup>3</sup>

Таблиця 1.4.2

Норми скиду промислових стічних вод до системи централізованого водовідведення

Показники	Норми скиду у міську каналізацію, концентрація в мг/дм <sup>3</sup>
Завислі речовини	<500
БСК	< 350
ХСК	згідно з проектом міських очисних споруд
Азот	< 150
Хром	< 2,5
рН	6-10
Температура °С	< 40

Показники ефективності очистки завдяки наведеній технології знаходяться в таблиці 1.4.1, норми скиду у міську каналізацію наведені у таблиці 1.4.2.

Доцільним є використання, для очистки СВ підприємства, саме останньої технології, оскільки вона має невеликі габарити та є простою в обслуговуванні. А показники очищення СВ відповідають «Правилам приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення».



## РОЗДІЛ 2. СХЕМА ПРОЦЕСІВ ЗБРОДЖЕННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД. ОПИС АНАЕРОБНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ

### 2.1. Схема процесів зброджування осадів стічних вод

Безкисневе зброджування органічної сировини на біогаз відбувається за чотирма наступними стадіями:

- Стадія гідролізу.
- Стадія ферментації.
- Ацетогенна стадія.
- Метаногенна стадія.

На кожній стадії метаногенезу беруть участь різні групи бактерій:

- целюлозолітичні, деструктивні гідролітики метаногенної асоціації – здатні гідролізувати складні органічні сполуки до аміаку, водню та простіших органічних кислот, спиртів;
- ацетотрофні ацетогени метаногенної асоціації – перероблюють оцтову кислоту й інші органічні кислоти, водень і оксиди вуглецю;
- ацетотрофні метаногени – можуть використати кислоти і ацетат, для отримання вуглецю та джерела енергії, що перетворюються до метану й вуглекислого газу;
- гідрогенотрофні метаногени – строгі анаероби, посеред них можна зустріти термофілів та мезофілів. Як для автотрофів так і для гетеротрофів вуглекислий газ є джерелом вуглецю, водень же є енергетичним, проте частина вуглекислоти при взаємодії з воднем утворює метан.

Бактерії, які проявляють целюлозолітичну, протеолітичну, ліполітичну дію, беруть участь на етапі гідролізу й розчинення. На даній фазі відбувається перетворення близько 75% органічних сполук у вищі жирні кислоти.

На ацетогенному етапі задіюються ацетогенні і гідрогенпродукуючі бактерії. Які переводять пропіонат в ацетат, CO<sub>2</sub> та H<sub>2</sub>, якщо в середовищі одночасно присутні водень-споживаючі бактерії, оскільки водень є інгібітором оцтовокислих бактерій. Бактерії оцтокислі й метанпродукуючі – симбіонти.

На третьому етапі – метаногенному, відповідно у ньому беруть участь метанутворюючі бактерії. Донорами електронів для метанобактерій є органічні молекули, такі як оцтова кислота, а також водень, його продукують певні типи анаеробних бактерій. З біохімічного погляду метанове бродіння – це анаеробне дихання, при якому електрони від органічних речовин спершу приєднуються до вуглекислого газу, а вже він потім відновлюється до метану [11].

При жорстких анаеробних умовах, джерелом метану можуть бути ароматичні сполуки. Деякі види мікроорганізмів здатні розкласти ароматичні до ацетату, який в свою чергу являється субстратом для метанопродукуючих бактерій. Дегідрування ацетату дозволяє отримати електрони для відновлення двоокису карбону до метану.

В розкладі органічної маси до кислот беруть участь облигатні й факультативні анаероби - гідролітичні, кислотогенні, ацетогенні представники родів: *Enterobacteriaceae*, *Lactobacilaceae*, *Sterptococcaceae*, *Clostridium*, *Butyrivibrio*.

Посеред метаногенної асоціації МО, активними метанотвірними бактеріями є невелике угруповання метаногенеруючих археобактерій, строгих анаеробів. Вони користуються енергією процесів біосинтезу метану, метаболізуючи водень, кислоти, спирти і оксид вуглецю в метан, відновлюючи вуглекислий газ в метан з поглинанням водню. Відкрито більше 50 видів метаногенів, яких можна поділити на три класи — *Methanobacteria*, *Methanococci* і *Methanopyri*, що входять до туну *Euryarchaeota*, до цієї групи метаногенів належать *Methanosarcina barkeri*, *Methanococcus mazei*, *Methanotherix soengeni*, *Methanobacterium formicicum*, *Methanospirillum hungati*,

*Mc. vannielii*, *Mb. thermoautotrophicum*, *Methanobacterium kadomensis*, *Methanobacillus kuzneceovii*, *Methanobrevibacter ruminantium* [10].

Відмінність архей та бактерій полягає у відсутності муреїну в клітинній стінці; особливим, без вмісту жирних кислот складом ліпідів; наявністю компонентів метаболізму у вигляді коферменту М (2-меркаптоетансульфонової кислоти) і фактора F420 (особливий флавін); специфічною нуклеотидною послідовністю 16S рРНК.

Рибосомальна РНК (рРНК) — вид РНК, центральний компонент рибосомального комплексу для біосинтезу білка, рРНК разом з 70 – 80 рибосомними білками утворюють велику й малу субодиницю рибосом. Генетичний матеріал рибосомальних РНК еукаріотичних організмів розміщені у кластерах тандемних повторів, довжиною 11 тис. пар основ.

Мала рибосомальна субодиниця бактерій, архей, мітохондрій та хлоропластів містить 16S рРНК. У великій рибосомальній субодиниці міститься два види рРНК (5S і 23S рРНК).

Метанобактеріям характерно рости у присутності водню та  $\text{CO}_2$ , вони також є чутливими до кисню та інгібіторів метанового виробництва. Природньо трофічна асоціація метанобактерій пов'язана із бактеріями гідрогенпродукуючими - виробляють газоподібний водень, який і споживають метаногенні бактерії. Таким чином бактерії метаногенні знижують рівень газу до безпечного для водневопродукуючих бактерій. Дані процеси відбуваються в один і той же час. Масштаб й швидкість процесу метанового бродіння залежать від метаболітичної активності бактерій [12].

## **2.2. Характеристика очищеної води**

Кінцевий продукт – очищена стічна вода крохмале-патокового заводу та міста Чернігів, з дотриманням норм скиду в природню водойму, враховуючи розрахований необхідний ступінь очищення. Очищена суміш стічних вод подається у водойму рибогосподарського водокористування.

З метою досягнення відповідних норм очищення стічна вода проходить етапи механічного очищення, біологічного очищення в аеротенку та знезараженню. Як споруда для анаеробного стабілізування осадів виступає метантенк в термофільному режимі роботи.

Основною метою при очищенні води є її екологічна безпечність, при скиданні у природню водойму, для того щоб уникнути потрапляння у довкілля небезпечних речовин, які можуть завдати непоправимих збитків всій екосистемі.

Також одні із важливих показників, перед скидом СВ у водойму рибогосподарського водокористування - органолептичні.

Отже, очищена СВ відповідає всім вимогам її температура не перевищує  $40^{\circ}\text{C}$ , концентрація завислих речовин  $C_{зр} = 15 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{БСК}_{\text{повн}} = 15 \text{ мг/дм}^3$ , колі-індекс не перевищує 1000, а концентрація активного хлору не менше 1,5 мг/л.

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Вибір та обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста і крохмале-патокового заводу

Стічні води крохмале-патокового виробництва після локального очищення потребують доочищення для їх скидання до річки. На рис. 3.1 представлена технологія очищення суміші стічних вод підприємства та міста, що допоможе отримати необхідні показники ступеня чистоти.

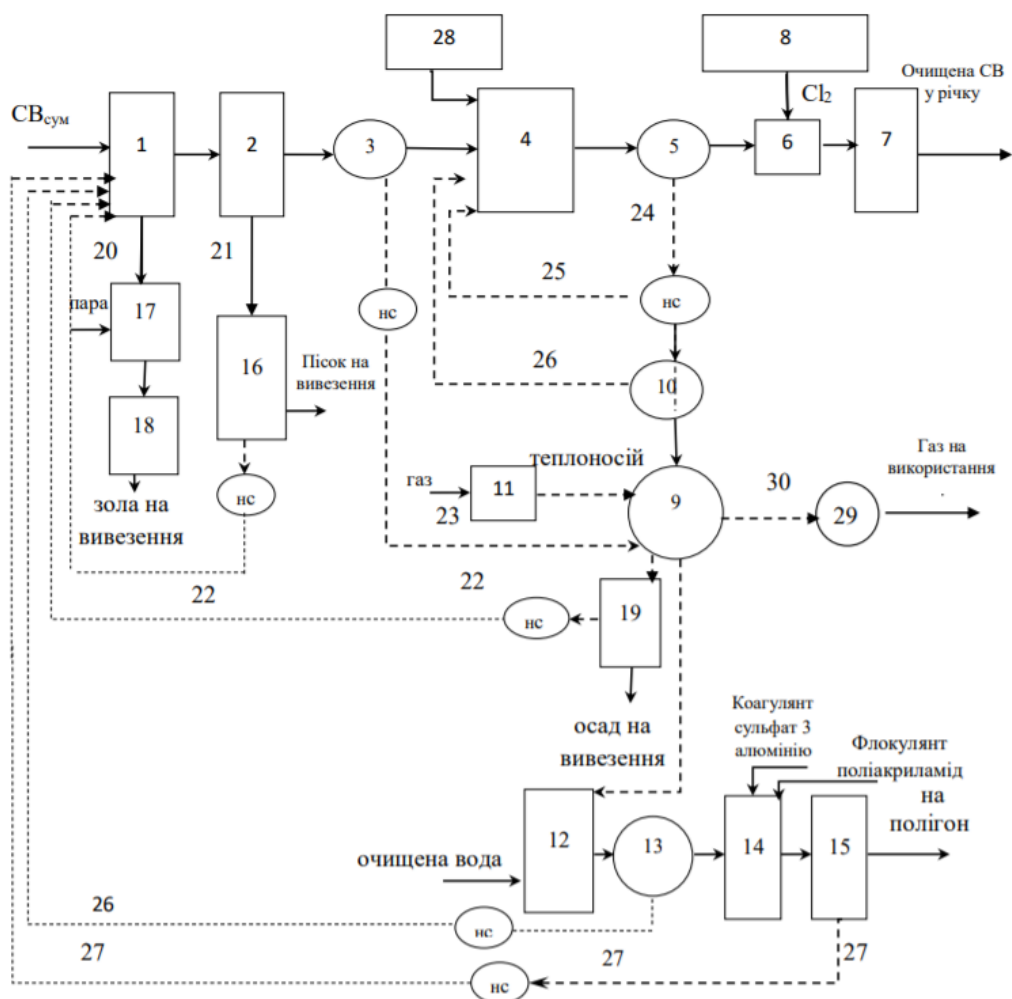


Рисунок 3.1 – Схема біологічного очищення суміші стічних вод

1 – решітки; 2 – пісковловлювач; 3 – первинний відстійник; 4 – аеротенк; 5 – вторинний відстійник; 6 – змішувач ; 7 – контактний резервуар; 8 – хлораторна; 9 – метантенк; 10 – мулоуцільнювач; 11 – котельня; 12 – камера

промивки осаду; 13 – ущільнювач осаду; 14 – камера коагуляції; 15 – вакуум-фільтр; 16 – пісковий майданчик; 17 – сушарка; 18 – піч; 19 – аварійний муловий майданчик; 28 – повітродувна станція, 29 – газгольдер. Потоки: 20 – відходи на утилізацію; 21 – піщана пульпа; 22 – дренажна вода; 23 – сирий осад на переробку; 24 – надлишковий активний мул; 25 – рециркуляційний активний мул; 26 – мулова вода; 27 – фільтрат, 30 – газ.

Перший етап очищення суміші СВ, що використовується у наведеній технології є механічне очищення. На даній стадії здійснюється очищення суміші СВ від великих механічних домішок, суспензій та дисперсно-колоїдних частинок. Механічне очищення здійснюється на решітках, пісковловлювачах та у первинних відстійниках [12].

Наступним етапом очищення СВ є біологічне очищення, що здійснюється в аеротенку та вторинних відстійниках. Використовується аеротенк-витиснювач в якому відбувається змішування суміші СВ з активним мулом та повітрям. На вторинних відстійниках активний мул відділяється від СВ. Частина активно мулу повторно використовується в аеротенках, решта знешкоджується в метантенку.

Після біологічного очищення стічні води знезаражують. У змішувач подають хлор, який контактує з водою 30 хвилин. Очищена СВ скидається до водойми.

Наведена технологічна схема має споруди для знезараження та знищення осадів. НАМ потрапляючи до метантенку зброджується, отриманий біогаз прямує до газгольдерів. Після бродіння осад має пройти стадію промивки, ущільнення, коагуляцію.

### **3.2 Опис сировини, матеріалів і напівпродуктів очищення суміші СВ**

До основної сировини відносять промислові СВ, побутові СВ, водопровідна вода та зріджений хлор.

Промислові та побутові стічні води мають відповідати правилам приймання стічних вод до системи каналізації населених пунктів України від 19.02.2002 р. №37. Суміш СВ, що приймається до міської каналізаційної мережі має:

- не містити вибухонебезпечних речовин та сумішей;
- мати показники температури не більше 40 °С;
- не містити біологічно та радіаційно небезпечного забруднення;
- містити речовини, що нездатні забити труби чи решітки;
- мати показник рН від 6,5 до 9;
- мати показник ХСК вище БСК<sub>5</sub> не більше чим у 2,5 рази;

Показники якості водопровідної води мають не перевищувати нормативні величини фізичних, органолептичних, хімічних, токсикологічних та радіаційних показників, що встановлені у ДСанПіН 2.2.4-171. Вода що постачається централізованою системою не має містити:

- термостабільних кишкових паличок;
- патогенних мікроорганізмів;
- коліфагів;
- спорів сульфіторедукувальних клостридій;
- ентеровірусів, аденовірусів, реовірусів та антигенів вірусу гепатиту;
- мікроміцетів;

Рідкий хлор першої категорії повинен містити не менше 99,6% хлору, та не більше 0,04% води. Для зберігання хлору використовують балони малих та середніх об'ємів.

### **3.3 Опис процесів очистки стічних вод**

ДР1. Підготовка аераційного повітря.

Під час даної стадії виконуються операції із забору повітря, його стиснення та очищення. Також здійснюється контроль за показниками

температури повітря та його вологості.

ДР1.1 Забір повітря для аерації із надвору.

Забір виконується за допомогою труб, точка забору повітря має становити 4-6 м. над рівнем землі.

ДР1.2 Очищення аераційного повітря.

Очищення забраного повітря здійснюється на фільтрах. Тканина Петрянова обрана, як фільтруючий матеріал даних фільтрів. Вона має наступні переваги:

- гідрофобність;
- стійка до впливу концентрованих кислот, лугів та спиртів;
- не виділяє в навколишнє середовище токсичних речовин;
- при контакті з людиною не впливає на її організм;
- не здатна до самозаймання;
- невибухонебезпечна;
- може уловлювати аерозолі до 0,1-0,2 мкм;
- забезпечує високу ефективність очищення повітря.

ДР1.3 Стиснення повітря.

Зменшення об'ємів очищеного повітря здійснюється на повітродувках ( $P_{роб} = 2,5$  кПа). Згідно із ДБН В.2.5-75 для біологічного очищення стічних вод дозування, за розрахунками, активного хлору становить  $3 \text{ г/м}^3$  води, що піддається знезараженню. При вмісті хлору в хлорній воді  $7-10 \text{ г/дм}^3$ . Дана стадія передбачає наявність технологічного контролю - концентрації активного хлору у воді, тиску.

ДР3 Підготовка розчинів для коагуляції.

Як коагулянт, для обробки осадів СВ та активного мулу, використовують хлорид заліза (III) марки Б та гашене вапно.

ДР3.1 Підготовка розчину хлориду заліза.

Хлорид заліза (III) марки Б виготовляють згідно ТУ 6-18-33-85. Щоб забезпечити процес коагуляції концентрація розчину хлориду заліза становить



$C=5\%$ . Очищена стічна вода, застосовується для приготування розчину. Розчин подається на стадію ПВ8.5.

ДР3.2 Підготовка розчину  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  для корекції рН процесу коагуляції осадів. Негашене вапно розчиняють у воді, щоб отримати розчин гашеного вапна. Стічна вода використовується для приготування розчину. Концентрація розчину гашеного вапна становить  $C = 10 \%$ . Розчин подається на етап ПВ8.5.

ТП 4. Механічне очищення стічної води.

ТП. 4.1. Очищення на решітках

Решітки - це перший бар'єр, щоб затримати та вилучити зі стічних вод крупне сміття: частки паперу, кісток, ганчірки, гілля, каміння, залишки овочів і фруктів, пластику та ін. Застосовується решітка з механічним очищенням. Час від часу відбувається технічний контроль. Потік рідини в апараті рухається зі швидкістю до 0,8 - 1,0 м/с. Передбачено встановлення типових решіток типу РМУ-1 з механічним очищенням. Кількість прозорів у решітці – 13, розмір прозорів 16 мм. Пропускна здатність – до 85 000 м<sup>3</sup>/добу [18].

ТП 4.2 Очищення на пісковловлювачах.

Після решіток знаходяться споруди – пісковловлювачі, які здатні затримувати пісок та інші мінеральні речовини. Оптимум швидкості руху води в горизонтальних пісковловлювачах становить  $V = 0,15-0,3$  м/с, гідравлічна крупність затриманого піску  $U_0 = 20-24$  мм/с. Кожна секція обладнана, на виході з пісковловлювачів щитовим затвором 1600x1200 мм. Для того, щоб видаляти пісок із секції, вона обладнана скребковим механізмом, який допомагає згрібати пісок із днища та підводити до бункера, що знаходиться на початку секцій. Пісок періодично видаляється з бункерів – двічі на добу, гідроелеватором, на який направляється освітлена вода від первинних відстійників. Піщана пульпа видаляється на піскові майданчики. Дренажна вода із піскових майданчиків відправляється до решіток.

ТП 4.3 Очищення в первинних відстійниках.

У СВ висока концентрація завислих речовин. Щоб активний мул не загромаджував аеротенки, концентрація завислих речовин у стічних водах

обмежена - не більше – 150 мг/л. Ефективність усунення завислих речовин становить 50,8 %. Діаметр радіальних відстійників становить 30 м, діаметр розподільного пристрою 1.8 м, при виході з відстійників концентрація завислих речовин  $C_{зр} = 152,2$  мг/дм<sup>3</sup>. Після первинних відстійників осад відправляється зброджуватись в метантенк на ПВ8.2. Освітлена стічна вода направляєється на біологічне очищення в аеротенк, та на гідроелеватори пісковловлювачів.

#### ТП 5. Біологічне очищення в аеротенку.

Освітлена вода після первинного відстоювання із рециркуляційним активним мулом з ТП 4.3 направляєються до аеротенка. Повітря для аерації подається зі стадії ДР 1. Приріст активного мулу сягає 212,5 мг/дм<sup>3</sup>. На даній стадії проводиться контроль температури води, інтенсивності аерації й температури води [14].

#### ТП 6. Відстоювання у вторинних відстійниках.

Вода разом із надлишковим АМ з ТП 5 подається до вторинних відстійників. Тривалість відстоювання – 1,5 год. Рециркуляційний активний мул повертається до входу аеротенка ТП 5. Накопичений у відстійниках НАМ прямує до ПВ 8.1 на ущільнення. Очищена вода передається на ТП 7 для подальшого знезараження.

#### ТП 7. Знезараження очищеної стічної води хлоруванням.

##### ТП 7.1 Змішування очищеної води з хлором.

Хлор змішується із водою Відбувається змішування води з хлором (у вигляді хлорної води) у змішувачі. Концентрація хлору у воді 3 мг/дм<sup>3</sup>.

##### ТП 7.2 Знезараження в контактному резервуарі.

Хлор контактує із стічною водою протягом 30 хв. При виході зі споруди концентрація хлору становить не менше 1,5 мг/м<sup>3</sup>. Після проведення хлорування очищена вода скидається у водойму. Отриманий осад відправляється до ПВ 9 на мулові майданчики. Для промивання осаду та виробництва розчинів коагулянту й гашеного вапна (з ДР3.1, ДР3.2) на ПВ 8.3 використовується очищена вода.

## ПВ8 Обробка надлишкового активного мулу та осадів

### ПВ 8.1 Ущільнення активного мулу.

З метою зниження рівня вологості мулу, передбачена стадія ущільнення. Під дією сили тяжіння, осад потрапляє на дно споруди та відкачується насосом до ПВ 8.2. Тривалість ущільнення – 10 годин. Далі мулова вода відправляється до ТП 5.

### ПВ 8.2 Збродження осаду та мулу в метантенках

Близько 60% беззольної речовини АМ піддається хімічному розпаду. За розрахунками було прийнято 4 метантенки, з такими характеристиками: корисний об'єм – 2500 м<sup>3</sup>; діаметр — 17,5 м; висота верхнього конуса — 2,5 м; висота циліндричної частини — 8,5 м; висота нижнього конуса — 3,05 м.

### ПВ 8.3 Промивка зброджених осадів.

Даний процес відбувається в камері промивки осаду, протягом 30 хв. Очищена вода використовується від ТП7.2 задля промивання осадів.

### ПВ 8.4 Ущільнення зброджених осадів.

Для зменшення рівня вологості осаду, проводиться ущільнення, протягом 4 год. Мулова вода відводиться до ТП 4.1.

### ПВ 8.5 Коагуляція зброджених осадів.

Для покращення водовіддаючих властивостей, осад обробляють коагулянтами. В якості реагенту для коагуляції використовуємо 5%-ий попередньо підготовлений на стадії ДР 3.1 розчин хлориду заліза (III), після чого обробляють гашеним вапном з ДР 3.2 для коригування рН та підвищення жорсткості структури осаду.

### ПВ 8.6 Зневоднення осаду на фільтр-пресах.

Осад, пройшовши попередню обробку, подається на фільтр-преси. Тиск фільтрації 0,3 мПа. При виході вологість осаду становить - 70%. В голову очисних споруд на ТП 4.1 перекачують фільтрат. Кек на вивіз.

### ПВ 9. Підсушування осаду на аварійних мулових майданчиках.

На випадок аварії, станції механічного зневоднення, задля підсушування осаду зі станції ПВ 8.2 передбачено мулові майданчики місткістю - 20% від

річної кількості осаду, що утворюється на станції. Дренажна вода переводиться до ТП 4.1. Зневоднений осад на вивезення.

ПВ 10. Підсушування піску на піскових майданчиках.

Піщана пульпа надходить до піскових майданчиків від ТП 4.2, після зневоднення підлягає вивезенню. Дренажна вода перекачується до ТП 4.1.

ЗВ 11. Збір газу в газгольдері.

В газгольдерах об'ємом 3000 м<sup>3</sup> збирається біогаз, в свою чергу, газгольдери розраховані на перебування газу протягом 4 год, звідки він відводиться на очищення і використання.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

### 4.1. Розрахунок витрати стічних вод крохмале-патокового підприємства та міста Чернігів

Для розрахунку обладнання взято усереднені показники стічних вод крохмале-патокового підприємства з витратою стічних вод 85000 м<sup>3</sup>/добу, з яких 80000 м<sup>3</sup>/добу є побутовими.

Розрахунки було проведено за методикою, що наведена в посібнику [15] [22].

Середня витрата СВ міста та підприємства становить:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{85000}{24} = 3541,6 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.1)$$

Витрата СВ за секунду становить:

$$Q_{\text{сер.с.}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24 \cdot 3600} = \frac{85000}{24 \cdot 3600} = 0,983 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4.2)$$

Витрата СВ за секунду в дм<sup>3</sup> становить:

$$q_{\text{сер.с.}} = Q_{\text{сер.с.}} \cdot 1000 = 0,983 \cdot 1000 = 983 \text{ дм}^3/\text{с}. \quad (4.3)$$

Максимальна та мінімальні витрати СВ становлять:

$$q_{\text{max.с.}} = K_{\text{max.}} \cdot q_{\text{сер.с.}} = 1,473 \cdot 983 = 1447,9 \text{ дм}^3/\text{с}. \quad (4.4)$$

$$q_{\text{min.с.}} = K_{\text{min.}} \cdot q_{\text{сер.с.}} = 0,689 \cdot 983 = 677,3 \text{ дм}^3/\text{с}. \quad (4.5)$$

де  $q_{\text{сер.с}}$  – середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод, дм<sup>3</sup>/с;  $K_{\text{max}}$  – максимальний коефіцієнт нерівномірності водовідведення;  $K_{\text{min}}$  – мінімальний коефіцієнт нерівномірності водовідведення.

Максимальна годинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{max.год}} = q_{\text{max.с.}} \cdot 3,6 = 3,6 \cdot 1447,9 = 5212,4 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.6)$$

## 4.2. Розрахунок концентрації забруднень господарсько-побутових стічних вод

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод:

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{поб}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (4.7)$$

де  $a$  – кількість забруднюючих речовин на одного жителя 65 г/доб;  $N$  – кількість жителів міста, розраховується нижче.;  $Q_{\text{поб}}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

Кількість жителів міста:

$$N = \frac{Q_{\text{поб}}}{n_{\text{в}}} \cdot 1000 = \frac{80000}{200} \cdot 1000 = 400\,000 \text{ чол.} \quad (4.8)$$

Де  $Q_{\text{поб}}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб;

$n_{\text{в}}$  – норма водовідведення на одну людину, яка приймається 200 дм<sup>3</sup>/(люд·доб)

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ЗР}} = \frac{a_{\text{ЗР}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{65 \cdot 400\,000}{80\,000} = 325 \text{ мг/дм}^3. \quad (4.9)$$

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

$$C_{\text{БСК}} = \frac{a_{\text{БСК}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{75 \cdot 400\,000}{80\,000} = 375 \text{ мг/дм}^3. \quad (4.10)$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

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

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

$$C_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (4.11)$$

де  $C_{\text{вир}}$  – концентрація забруднень у виробничих стічних водах після їх очищення на локальних очисних спорудах:  $30 \text{ мг/дм}^3$  завислих речовин,  $55 \text{ мг/дм}^3$  – БСК<sub>повн</sub>,  $3 \text{ мг/дм}^3$  – ПАР  $\text{мг/дм}^3$ ; вир  $Q$  – витрата виробничих стічних вод:  $5000 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

Концентрація завислих речовин у суміші стічних вод:

$$C_{\text{сум,ЗР}} = \frac{C_{\text{ЗР}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,ЗР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{325 \cdot 80000 + 30 \cdot 5000}{80000 + 5000} \quad (4.12)$$

$$= 307,6 \text{ мг/дм}^3.$$

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

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{C_{\text{БСК}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,БСК}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{375 \cdot 80000 + 55 \cdot 5000}{80000 + 5000} = 356,2 \text{ мг/дм}^3. \quad (4.13)$$

Концентрація ПАР у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,ПАР}} = \frac{C_{\text{ПАР}} \cdot Q_{\text{ноб}} + C_{\text{вир,ПАР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{ноб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{12,5 \cdot 80000 + 3 \cdot 5000}{80000 + 5000} = 11,96 \text{ мг/дм}^3. \quad (4.14)$$

### 4.3 Розрахунок необхідного ступеня очищення суміш СВ

Розрахунок коефіцієнта змішування стічних вод з водою річки Десна

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

$$E = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200} = \frac{2 \cdot 4}{200} = 0,04 \quad (4.15)$$

де  $V_{\text{ср}}$  – середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом,  $2 \text{ м/с}$ ;  $H_{\text{ср}}$  – середня глибина річки на тій же ділянці,  $4 \text{ м}$ .

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

$$\alpha = \phi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{\text{сер.с.}}}} = 1,7 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,04}{0,983}} = 0,88 \quad (4.16)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт звивистості річки 1.7;  $\xi$  – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму (при русловому випуску становить – 1,5);  $q$  – середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м<sup>3</sup>/с [22].

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{сер.с.}}\right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0,88 \sqrt[3]{3000}}}{1 + \left(\frac{18}{0,983}\right) e^{-0,88 \sqrt[3]{3000}}} = 0,98 \quad (4.17)$$

де  $L$  – відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, 3000 м;  $Q$  – розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, 18 м<sup>3</sup>/с;  $q$  – середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м<sup>3</sup>/с [22].

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

$$C_{зр}^{дон} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{сер.с.}} + 1\right) + C_{\phi} = 0,75 \cdot \left(\frac{0,98 \cdot 18}{0,983} + 1\right) + 17 = \quad (4.18)$$

$$= 31,2 \text{ мг/дм}^3,$$

де  $p$  – приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (0,75 г/м<sup>3</sup>);  $C_{\phi}$  – фонові концентрації завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, 17 мг/дм<sup>3</sup>.

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

$$C_{БСК}^{дон} = \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{сер.с.}} \cdot \left(\frac{C_{БСК}^н}{10^{-k \cdot t}} - C_{БСК}^{\phi}\right) + \frac{C_{БСК}^н}{10^{-k \cdot t}} = \quad (4.19)$$

$$= \frac{0,99 \cdot 18}{0,983} \cdot \left(\frac{6}{10^{-0,095 \cdot 0,02}} - 3,5\right) + \frac{6}{10^{-0,095 \cdot 0,02}} = 66 \text{ мг/дм}^3,$$

де  $C_{БСК}^{дон}$  – значення БСК<sub>повн</sub>, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{БСК}^н$  – гранично-допустиме значення БСК<sub>повн</sub> у розрахунковому створі річки, 6 мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{БСК}^{\phi}$  – фонові значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод, 3,5 мг/дм<sup>3</sup>;  $k$  – константа швидкості



споживання кисню у суміші річкової та стічних вод,  $0,095 \text{ доба}^{-1}$ ;  $t$  – тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{L}{V_{\text{cp}} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{3000}{2 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,02 \text{ дїб} \quad (4.20)$$

де  $L$  – відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу,  $V_{\text{cp}}$  – середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с [22].

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

$$\begin{aligned} C_{\text{БСК}}^{O_2} &= \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{\text{сер.с.}}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{\text{БСК}}^{\phi} - O_{\text{min}}) - \frac{O_{\text{min}}}{0,4} = \quad (4.21) \\ &= \frac{0,99 \cdot 18}{0,4 \cdot 0,983} \cdot (6 - 0,4 \cdot 3,5 - 4) - \frac{4}{0,4} = 26,12 \text{ мг/дм}^3 \end{aligned}$$

де  $C_{\text{БСК}}^{O_2}$  – БСК<sub>повн</sub> стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм<sup>3</sup>;  $O_{\phi}$  – фонові концентрація розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $O_{\text{min}}$  – найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі, 4 мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{\text{БСК}}^{\phi}$  – фонові значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод; 0,4 – коефіцієнт для перерахунку БСК<sub>повн</sub> у БСК<sub>2</sub>.

За розрахункові значення БСК<sub>повн</sub> приймаємо менше з двох отриманих у попередніх розрахунках. Отримані значення концентрації завислих речовин (31,2 мг/дм<sup>3</sup>) свідчить про достатність повного біологічного очищення, значення БСК<sub>повн</sub> (26,12 мг/дм<sup>3</sup>) свідчить також про достатність повного біологічного очищення, бо повне біологічне очищення дозволяє досягти значень БСК<sub>повн</sub>=15 мг/дм<sup>3</sup>,  $C_{\text{зр}}$ =15 мг/дм<sup>3</sup> [22].

#### 4.4. Розрахунок основних очисних споруд

Приймається тип відстійника – радіальний, визначається в залежності від пропускної здатності очисних споруд. Ефективність відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує 150 мг/дм<sup>3</sup>. Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{zp}^n - C_{zp}^k}{C_{zp}^n} \cdot 100\% = \frac{307,6 - 150}{307,6} \cdot 100 = 51\%, \quad (4.22)$$

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

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод  $t_{set}=640$ с [16].

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

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 5,0}{1,0 \cdot 640 \left( \frac{0,45 \cdot 5,0}{0,5} \right)^{0,2}} = 2,41 \text{ мм/с}, \quad (4.23)$$

де  $K_{set}$  - коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника – 0,45;  $H_{set}$  – робоча глибина відстійника, залежить від типу відстійника (для радіального приймаємо 5 м);  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод – 1,0;  $t_{set}$  – тривалість відстоювання, 640 с;  $h$  – висота циліндра, 0,5 м;  $n_2$  – показник степеня, який залежить від агломерації частинок, приймається 0,2 [15].

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу відстійників:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)(U_o - v) = 2,8 \cdot 0,45 (30^2 - 1,8^2)(2,4 - 0) = 2711 \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (4.24)$$

де D – діаметр відстійника 30 м; d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника 1,8 м; v – турбулентна складова приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді 0 мм/с.

Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{vax}}{q_{set}} = \frac{5212,4}{2711} = 1,9 \text{ шт} \quad (4.25)$$

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

Приймаємо 2 радіальних відстійників діаметром 30 м.

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника типу ТП 902-2-363.83 діаметром 30 м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{vax}}{N_{\phi}} = \frac{5212}{2} = 2606 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (4.26)$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{2606}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,8^2)} = 2,3 \text{ мм/с} \quad (4.27)$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{set}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 5,0}{2,3 \cdot 1,0 \left( \frac{0,45 \cdot 5,0}{0,5} \right)^{0,2}} = 724 \text{ с} \quad (4.28)$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при  $C_{поч}$  і  $t_{set}^{\phi}$  становить:  $E^{\phi} = 50,8 \%$ .

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

$$C_{зп}^{к, \phi} = C_{зп}^n - \frac{E^{\phi} \cdot C_{зп}^n}{100} = 307,6 - \frac{50,8 \cdot 307,6}{100} = 152,2 \text{ мг / дм}^3 \quad (4.29)$$

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

$$M_{oc} = \frac{(C_{зр}^n - C_{зр}^{к.ф.}) \cdot Q_{сер.доб} \cdot K}{10^6} = \frac{(307,6 - 152,2) \cdot 85000 \cdot 1,2}{10^6} = 15,8 \text{ т / добу}, \quad (4.30)$$

де  $Q_{сер.доб}$  – витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/доб;  $K=1,2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу.

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{oc}}{100 - W_{oc}} = \frac{100 \cdot 15,8}{100 - 95} = 316 \text{ м}^3, \quad (4.31)$$

де  $W_{oc}$  – вологість осаду, %.

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$P = 0,8 \cdot C_{зр}^{к.ф.} + K_{II} \cdot C_{сум,БСК}^a = 0,8 \cdot 152,2 + 0,3 \cdot 302,7 = 212,5 \text{ мг / дм}^3 \quad (4.32)$$

де  $C_{зр}^{к.ф.}$  – концентрація завислих речовин в стічній воді, що надходить в аеротенк, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{сум,БСК}^a$  – показник БСК<sub>повн</sub> стічної води, що надходить в аеротенк, 302,7 мг/дм<sup>3</sup> (85% від  $C_{сум,БСК}$ );  $K_{II}$  – коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Максимальна годинна витрата надлишкового активного мулу визначається за формулою:

$$Q_{нам} = \frac{1,3 \cdot P \cdot Q_{сум.доб}}{24 \cdot C_{НАМ}} = \frac{1,3 \cdot 212,5 \cdot 85000}{24 \cdot 6700} = 146 \text{ м}^3 / год, \quad (4.33)$$

де  $Q_{сум.доб}$  – добова витрата суміші побутових та виробничих стічних вод, м<sup>3</sup>/добу;  $C_{НАМ}$  – концентрація надлишкового активного мулу, яка приймається рівною дозі активного мулу у регенераторі, 6700 мг/дм<sup>3</sup>; 1,3 – коефіцієнт сезонної нерівномірності приросту активного мулу.

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left( \frac{1}{2R} + 1 \right) = 2.5 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 0.3} + 1 \right) = 6,72 / \text{дм}^3, \quad (4.34)$$

де значення  $a_a$  – доза мулу, що дорівнює 2,5 г/дм<sup>3</sup>; R – ступінь рециркуляції активного мулу, при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймаємо R=0,3 [22].

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

$$q_{mr} = \frac{q_{нам} \cdot (W_{ну} - W_{ущ})}{100 - W_{ущ}} = \frac{146 \cdot (99,4 - 97)}{100 - 97} = 116,8 \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (4.35)$$

де  $W_{ну}$  – вологість неущільненого мулу, 99,4%;  $W_{ущ}$  – вологість ущільненого мулу, 97%.

Годинна витрата ущільненого мулу складає:

$$q_{ущ} = q_{нам} - q_{mr} = 146 - 116,8 = 29,2 \text{ м}^3 / \text{год}. \quad (4.36)$$

При розрахунку радіальних мулозгущувачів визначають корисну площу поверхні за формулою:

$$F_m = \frac{q_{нам}}{q_0} = \frac{146}{0,3} = 486,6 \text{ м}^2 \quad (4.37)$$

де  $q_0$  – розрахункове навантаження на одиницю площі поверхні, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год), яке приймається 0,3 при концентрації активного мулу 5 г/дм<sup>3</sup>.

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

$$D = \sqrt{4F_m / (\pi \cdot N)} = \sqrt{4 \cdot 486,6 / (\pi \cdot 2)} = 17,6 \text{ м} \quad (4.38)$$

де N- кількість мулозгущувачів, яка становить:

$$N = \frac{4F_m}{\pi D^2} = 1,3 = 2$$

Радіальні мулозгущувачі влаштовують на базі типових вторинних відстійників.

Приймаємо 2 мулозгущувачі на базі радіального вторинного відстійника з такими параметрами:

- діаметр – 18 м;
- глибина – 3,7 м;
- діаметр трубопровода – 800 мм підвідного;  
– 500 мм, відвідного;
- об'єм мулової зони – 160 м<sup>3</sup>;
- об'єм зони відстійника – 788 м<sup>3</sup>.

Висоту зони ущільнення мулу визначають за формулою:

$$H_{уц} = q_o \cdot t = 0,3 \cdot 10 = 3, \text{ м}, \quad (4.39)$$

де  $t$  – тривалість ущільнення активного мулу, год, приймається 10 год при концентрації НАМ 5 г/дм<sup>3</sup> [22].

Для розрахунку метантенка потрібно визначити витрату сухої речовини осаду:

$$O_{сух} = \frac{C_{ЗР}^{сум} \cdot E \cdot k \cdot Q_{сум.доб}}{10^8} = \frac{307,6 \cdot 50,8 \cdot 1,1 \cdot 85000}{10^8} = 14,6 \text{ т/доб} \quad (4.40)$$

де  $C_{ЗР}^{сум}$  – концентрація завислих речовин в суміші побутових і виробничих стічних вод міста, 307,6 мг/дм<sup>3</sup>;  $E$  – ефект затримання завислих речовин у первинних відстійниках, 50,8%;  $k$  – коефіцієнт, що враховує крупні частинки, які не уловлюються при відборі проб 1,1;  $Q_{сер.доб}$  – розрахункова витрата стічних вод, 85000 м<sup>3</sup>/добу.

Визначається витрата надлишкового активного мулу:

$$M_{сух} = \frac{Q_{сум.доб} \cdot (\Pi - b)}{10^6} = \frac{85000 \cdot (212,5 - 15)}{10^6} = 16,78 \text{ т/доб} \quad (4.41)$$

де  $\Pi$  – приріст активного мулу, мг/дм<sup>3</sup>;  $b$  – концентрація активного мулу в стічній воді на виході із вторинних відстійників, 15 мг/дм<sup>3</sup>.

Витрату беззольної речовини осаду ( $O_{без}$ ) та надлишкового активного

мулу ( $M_{\text{без}}$ ) визначають за формулами:

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{ос}}) \cdot (100 - Z_{\text{ос}})}{10^4} = \frac{14,6 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{10^4} = 9,7 \text{ м / доб} \quad (4.42)$$

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - B_{\text{м}}) \cdot (100 - Z_{\text{м}})}{10^4} = \frac{16,78 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{10^4} = 11,1 \text{ м / доб} \quad (4.43)$$

де  $B_{\text{ос}}$  та  $B_{\text{м}}$  – гігроскопічна вологість осаду та активного мулу, яка приймається 5 %;  $Z_{\text{ос}}$  та  $Z_{\text{м}}$  – зольності, відповідно, осаду та активного мулу, які для побутових стічних вод приймають рівними 30%.

Витрати осаду та активного мулу фактичної вологості за умови, що їх густина дорівнює  $1 \text{ т/м}^3$ , визначають за формулами:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot O_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}})} = \frac{100 \cdot 14,6}{(100 - 95)} = 292 \text{ м}^3 / \text{доб} \quad (4.44)$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{м}})} = \frac{100 \cdot 16,78}{(100 - 97)} = 559 \text{ м}^3 / \text{доб} \quad (4.45)$$

Де  $W_{\text{ос}}$  – вологість осаду, яка приймається: при самопливному видаленні – 95%;  $W_{\text{м}}$  – вологість ущільненого мулу, 97 % [15].

Вміст сухої речовини у осаді:

$$S_{\text{сух}} = O_{\text{сух}} + M_{\text{сух}} = 14,6 + 16,78 = 31,4 \text{ м / доб} \quad (4.46)$$

Вміст беззольної речовини осади:

$$S_{\text{без}} = O_{\text{без}} + M_{\text{без}} = 9,7 + 11,1 = 20,8 \text{ м / доб.} \quad (4.47)$$

Загальна витрата осаду та активного мулу буде складати:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ос}} + V_{\text{м}} = 292 + 559 = 851 \text{ м}^3 / \text{доб.} \quad (4.48)$$

Загальна вологість суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$W_{\text{заг}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{S_{\text{сух}}}{V_{\text{заг}}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{31,4}{851}\right) = 96,3\% \quad (4.49)$$

Загальна зольність суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$Z_{\text{заг}} = \left[1 - \frac{S_{\text{без}}}{O_{\text{сух}} \cdot \left(\frac{100 - B_{\text{ос}}}{100}\right) + M_{\text{сух}} \cdot \left(\frac{100 - B_{\text{м}}}{100}\right)}\right] \cdot 100 = 30, \% \quad (4.50)$$

Робочий об'єм метантенка визначається за формулою:

$$W_{\text{заг}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{S_{\text{сух}}}{V_{\text{заг}}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{31,4}{851}\right) = 96,3\% \quad (4.51)$$

де  $D$  – добова доза завантаження осаду в метантенк 10%, яка приймається в залежності від режиму зброджування та середньої вологості завантажуваного осаду (термофільний режим  $W_{\text{заг}}=96,3\%$ )

При наявності в стічних водах поверхнево-активних речовин прийняту дозу завантаження необхідно перевірити за формулою:

$$D_{\text{ПАР}} = \frac{10 \cdot D_{\text{гр}}^{\text{ПАР}}}{C_{\text{ПАР}} \cdot (100 - W_{\text{заг}})} = \frac{10 \cdot 65}{12,5 \cdot (100 - 96,3)} = 14\% \quad (4.52)$$

де  $D_{\text{гр}}^{\text{ПАР}}$  – гранично допустиме завантаження робочого об'єму метантенків ПАР, яке для побутових стічних вод приймається рівним 65 г/(м<sup>3</sup>·добу);  $C_{\text{ПАР}}$  – концентрація поверхнево-активних речовин в осаді [22].

Концентрація поверхнево-активних речовин в суміші осаду та активного мулу визначається за виразом:

$$C_{\text{ПАР}} = \frac{(a_o \cdot O_{\text{сух}} + a_m \cdot M_{\text{сух}})}{S_{\text{сух}}} = \frac{(11 \cdot 14,6 + 7 \cdot 16,78)}{31,4} = 8,85 \text{ мг/л} \quad (4.53)$$

де  $a_o=10,6$  мг/г та  $a_m= 5,8$  мг/г концентрація ПАР в осаді та в активному мулі, яка приймається в залежності від концентрації ПАР у стічній воді (12 мг/дм<sup>3</sup>).

Оскільки значення  $D_{\text{гр}}^{\text{ПАР}}$  більше ніж прийнята доза завантаження, то коригування дози завантаження не потрібне.

Приймаємо 4 метантенка з такими параметрами:

- Корисний об'єм – 2500 м<sup>3</sup>;
- діаметр – 17,5м;
- висота верхнього конуса – 2,5 м;
- висота циліндричної поверхні – 8,5 м;
- висота нижнього конуса – 3,05 м.



Максимально можливий розпад беззольної речовини суміші осаду та активного мулу визначається за формулою:

$$R_{zp} = \frac{(R_o \cdot O_{без} + R_m \cdot M_{без})}{S_{без}} = \frac{(53 \cdot 9,7 + 44 \cdot 11,1)}{20,8} = 48,2\% \quad (4.54)$$

де  $R_o$  та  $R_m$  – максимально можливий розпад беззольної речовини осаду та активного мулу, який складає, відповідно, 53 та 44 %.

Фактичний розпад беззольної речовини буде складати:

$$R = R_{zp} - (D^\Phi \cdot K_p) = 48,2 - (10 \cdot 0,40) = 44,2\% \quad (4.55)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт, який залежить від вологості та режиму зброджування 0,4;  $D^\Phi$  – фактична доза завантаження метантенка, 10%.

Кількість беззольної та сухої речовини в зброженій суміші буде складати:

$$S_{без}^{зб} = \frac{S_{без} \cdot (100 - R)}{100} = \frac{20,8 \cdot (100 - 44,2)}{100} = 11,6 \text{ м/доб} \quad (4.56)$$

$$S_{сух}^{зб} = (S_{сух} - S_{без}) + S_{без}^{зб} = (31,4 - 20,8) + 11,6 = 22,2 \text{ м/доб} \quad (4.57)$$

Зольність та вологість зброженої суміші визначаються за формулами:

$$Z_{зб}^{зб} = 100 \cdot \left( 1 - \frac{100 \cdot S_{без}^{зб}}{S_{сух}^{зб} (100 - B_z)} \right) = 100 \cdot \left( 1 - \frac{100 \cdot 11,6}{22,2 \cdot (100 - 5)} \right) = 44,99\% \quad (4.58)$$

$$W_{зб}^{зб} = 100 \cdot \left( 1 - \frac{S_{сух}^{зб}}{V_{зб}} \right) = 100 \cdot \left( 1 - \frac{22,2}{851} \right) = 97,4\% \quad (4.59)$$

При метановому зброджуванні осаду утворюється біогаз із розрахунку 1

г газу на 1 г розкладеної беззольної речовини. Об'ємна вага газу ( $\rho_r$ ) складає 1 кг/м<sup>3</sup>. Тоді витрата утвореного біогазу буде складати:

$$Q_r = \frac{1000 \cdot q_z \cdot S_{\text{ббз}}^{\text{зб}}}{\rho_z} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 11,6}{1} = 11600 \text{ м}^3 / \text{доб}, \quad (4.60)$$

де  $q_r$  – питомий вихід газу, який становить 1 м<sup>3</sup> на 1 кг беззольної речовини осаду, що розпався в процесі зброджування.

Для регулювання тиску і зберігання газу у складі очисних споруд передбачаються газгольдери «мокрого типу», об'єм яких розраховується на 2-4 години перебування газу ( $t_r$ ) [22].

$$V_r = \frac{Q_r \cdot t_r}{24} = \frac{11600 \cdot 4}{24} = 1933 \text{ м}^3. \quad (4.61)$$

Приймаємо 5 газгольдери із параметрами:

- об'єм газгольдера – 3000 м<sup>3</sup>;
- діаметр резервуара – 21050 мм;
- висота газгольдера – 20100 мм.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз умов праці на очисних спорудах

На водоочисних станціях існує цілий ряд небезпек, що несуть загрозу життю людини. Задля уникнення нещасних випадків існує цілий ряд вимог та стандартів яких необхідно дотримуватися. Головна мета охорони праці на виробництві є мінімізація впливу шкідливих факторів на організм людини, задля збереження здоров'я та життя працівників.

Тож, для аналізу умов праці було вибрано очисні споруди, на яких здійснюються біологічне очищення суміші побутових та попередньо очищених крохмале-патокових стічних вод.

На водоочисній станції створено ряд споруд, основними з яких є насосна станція, цех обробки осадів, станція аерації, цех котельної і теплової мережі, хіміко-бактерологічна лабораторія та інші. На підприємстві існують такі шкідливі виробничі фактори:

- рухомі механізми та автомобілі на очисній станції;
- потоки рідним та газів під високим тиском;
- зледеніння та замащування поверхонь переміщень персоналу;
- підвищене чи знижена температура обладнання чи техніки;
- високий рівень шуму та вібрації;
- підвищений рівень статичної електрики;
- незадовільний рівень забезпечення природнього світла;
- контакт з хімічно-небезпечними речовинами, що використовуються при очищенні води;
- вміст патогенних організмів у суміші стічних вод.

Приміщення водоочисної станції відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 відносять до приміщень з підвищеним класом безпеки. Робота працівників

пов'язана з впливом небезпечних факторів, тому вони мають право на пільги та компенсації.

## **5.2. Забезпечення параметрів для мікрокліматичних умов**

Опалення та вентиляція проектується згідно з ДБН В.2.5-67 опалення, вентиляцію та кондиціонування повітря адміністративних будинків на майданчиках очисних споруд - згідно з ДБН В.2.2-28.

Повітрообмін розраховується в залежності від кількості шкідливих виділень на очисних спорудах. Якщо у приміщеннях постійно перебуває обслуговуючий персонал, то температура повітря приймається відповідно з ГОСТ 12.1.005. Температура повітря в аеротенках має становити не більше ніж на 2 °С ніж температура стічної води.

Відповідно до СНіП 2.04.05 – 91, всі споруди очисних споруд мають бути обладнаними механічною припливною та витяжною вентиляцією [17].

Всі небезпечні місця очисної станції мають бути огороженими захисним бар'єром. В деяких випадках можуть застосовуватися попереджувальні таблички та знаки.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 споруди та механізми мають бути забезпечені природнім і штучним освітленням.

До всіх агрегатів і механізмів на очисних спорудах мають бути забезпечені робочим проходом. При розміщені робочих проходів на висоті 0,5 м над підлогою чи майданчики для обслуговування резервуарів з водою забезпечуються огороженням з висотою понад 1 м.

Електричне устаткування, що може опинитися під напругою має бути заземленим. Експлуатація електрообладнання повинна відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджених наказом Держнаглядохоронпраці України від 09.01.98 N 4, зареєстрованих у Мін'юсті України 10.02.98 за N 93/2533. При включенні електродвигунів необхідно використовувати діелектричні рукавички та гумові килимки [17].

При застосуванні реагентів що використовуються при очищенні стічних вод, необхідно дотримуватися вимог СПП СДЯВ та НАПБ. Допускаються працівники у гумовому фартусі, чоботях та рукавицях. Баки для приготування розчинів хлорного вапна мають бути обладнані змінними кришками та мішалками. Під час приготування реактивів необхідно користуватися протипогозом і працювати за включеної вентиляції.

Вимоги безпеки під час експлуатації водозабірних споруд:

1. Водозабірні споруди мають забезпечити безпеку робітників при очищенні решіток.
2. Піднімаючі механізми, приймальні клапани та інші механізми мають бути у вільному доступі для здійснення технічного обслуговування та ремонту.
3. Очищення решіток за допомогою човнів та грабелів дозволяється лише тоді, коли стічні води мають слабку течію, малу глибину та відносно низький рівень забруднення. В інших випадках очищення здійснюється водолазами.
4. Укріплення водозабірних споруд є можливим, при наявності човна із засобами першої медичної допомоги.
5. Насоси мають бути виключені, при здійсненні ремонтних робіт на решітках.
6. Шланги для обігрівання решіток паром, мають бути щільно скріплені та перевірені на тиск, для уникнення опіків працівників.

Вимоги безпеки під час експлуатації насосної станції:

1. Природнє та штучне освітлення має бути забезпечене на всіх механізмах насосної станції. Забезпечується аварійне освітлення ліхтарями.
2. В опалювальний період температура повітря в приміщеннях не має бути нижчою за +16°C. Влітку температура повітря в приміщенні не має бути більшою за температуру повітря на 5°C.
3. При відсутності загроз безпеці людей, припинення робіт без відома керівництва є забороненим.

4. До місць встановлення двигунів внутрішнього згорання у приміщеннях має бути прокладена припливно-витяжна вентиляція. Двигуни мають встановлені на фундаменті, що не зв'язаний із стінами будівлі.

5. Чищення та ремонт допускаються лише при повному зупиненні двигунів.

6. Відведення вихлопних газів здійснюється за допомогою відповідної труби, що розміщена на висоті 1 м відносно дахів сусідніх будівель.

Вимоги безпеки під час експлуатації споруд для біологічного очищення:

1. На каналах, через які проходять стічні води, встановлюють захисні щити чи огорожу.

2. Працівники, що працюють на полях фільтрації, мають бути забезпечені утепленими приміщеннями.

3. Аерофільтри мають бути обладнані решітками чи сітками.

4. Працівниками здійснюється протирання фільтроносних частин аеротенків, що здійснюється 20% соляною кислотою. Працівники мають бути забезпечені спецодягом відповідно до НПАОП 5.1.11-3.01-04.

Вимоги безпеки під час експлуатації хлораторних:

1. Будівля, що містить хлораторні механізми має знаходитися в ізоляції, окремо від інших приміщень. В приміщенні дозволено зберігати триденний запас хлору.

2. Вентиляція хлораторної не має бути з'єднаною з вентиляцією інших будівель.

3. Перед входом до хлораторної має знаходитися тамбур, що містить шафи із спецодягом.

4. Хлорне вапно зберігається у дерев'яних бочках в окремому приміщенні.

5. Устаткування для хлорації, піддаються ретельному огляду.

6. На кожного працівника в хлораторній має знаходитися фільтруючих протигаз марки В і Кд.

7. Біля хлораторної і складу, де зберігається рідкий хлор, на відстані 10 м від них споруджують колодязь глибиною 2 м і заповнюють його вапняним розчином для занурення аварійних балонів, а також установлюють гідропульти з антихлором (гіпосульфит натрію  $\text{NaHSO}_3$ ) для розбризкування його у разі потреби. Запас реагентів розміщується в сухому місці в кількості 50 - 100 кг [17].

8. У разі витоку хлору з балону на нього надівають захисний футляр чи занурюють його у розчин вапна.

9. Бочки з рідким хлором мають бути заповнені не більше ніж на 80%.

10. Склади забезпечують переносними хімічними вогнегасниками згідно з НАПБ.

11. При значному витоку газу в приміщенні здійснюється природня вентиляція, для цього відкривають вікна на дві години. З приміщення виносять протікаючі балони.

12. Ремонт протікаючих балонів здійснюється під навісом на відкритому повітрі.

13. Працівникам, що отримали хімічне отруєння хлором, здійснюють промивання очей, роту та носу розчином соди. Викликають швидку.

### **5.3. Пожежна безпека на очисній станції**

Проекти каналізаційних споруд мають відповідати нормам і правилам пожежної безпеки та мати відповідати вимогам ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7, Кодексу цивільного захисту України, НАПБ А.01.001, НАПБ Б.03.002., також повинні мати позитивний висновок органу державного пожежного нагляду. На дверях будівель зазначається клас пожежонебезпечної зони. Усі будівлі мають бути забезпечені справними засобами пожежогасіння [18].

Усі приміщення мають бути обладнані системою пожежогасіння відповідно до ДБН В.2.5-56. Сигнали від пожежної системи мають потрапляти до диспетчерського пункту пожежної безпеки відповідно з вимогами ДБН

В.2.5-56. В хлораторній та лабораторії необхідно встановити систему для контролю загазованості шкідливими газами вище норм ГДК.

При визначенні заходів щодо техногенної безпеки, пов'язаних із запобіганням можливості виникнення аварій на об'єктах каналізації, слід проектування здійснювати з урахуванням вимог Кодексу цивільного захисту України [19].

Працівники очисних споруд мають чітко знати правила пожежної безпеки на підприємстві, вони не мають допускати дій, що можуть призвести до пожежі. На очисній станції заборонене любе використання відкритого вогню. Паління в приміщеннях, та біля резервуарів чи трубопроводів є забороненим.

#### **5.4. Комплекс заходів для захисту від статистичної електрики**

Одним із основних методів захисту від статистичної електрики є відвід заряду шляхом заземлення. Пристрій що заземлює, повинен мати опір не більше ніж 100 Ом.

Усе обладнання що знаходиться під струмом та електропровідні неметалічні предмети мають бути заземленими, незважаючи на використання інших методів захисту із статичною електрикою. Устаткування яке є неметалічним можна вважати заземленим, коли опір розтікання з будь-якої точки поверхні не перевищує  $10^7$  Ом, при вологості 50% та температури 23°C. Технологічна лінія повинна мати вигляд електричного кільця, яке має приєднуватися до заземлення через кожні 50 м [20].

Об'єкти, що здатні створювати заряд повинні приєднуватися окремими відгалудженнями. До них відносять також окремо розташовані машини, агрегати та апарати. Великі резервуари, мають бути з'єднані з заземлювачем за допомогою двох і більше провідників.

Провідники, що приєднані до автоцистерн мають мати наконечник під болт, для приєднання до заземлювача. При відсутності приєднаних постійних провідників, цистерна має бути заземлене інвентарним провідником за



схемою: заземлюючий провідник → корпус цистерни → заземлюючий пристрій.

Шланги, що використовуються для наливу рідин у цистерни, повинні бути обвиті мідним дротом з діаметром більше 2 мм, та кроком витків 100-150 мм. Один кінець проводу з'єднується паянням або болтом з заземленою трубою, а другий - з наконечником шланга [21].

## ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту, розглянуто рівень забезпеченості водними ресурсами України, який вказує на незадовільний рівень забезпеченості прісною водою. Встановлено склад стічних вод крохмале-патокового підприємства, основними забруднювачами яких є органічні та мінеральні речовини.

Обрано технологію з використанням MBBR-реакторів як найбільш оптимальну для локального очищення промислових стічних вод. Вказана технологія забезпечує необхідний рівень очистки, після якої попередньо очищені стічні води потрапляють до міської каналізаційної системи.

Розроблено схему очистки суміші стічних вод, що включає стадії механічної та біологічної очистки та хлорування. На основі схеми очистки суміші стічних вод розроблено АС та ТС. Розраховано концентрації забруднень стічних вод, основного та допоміжного обладнання.

Виконано креслення метантенку на основі розрахунків. Охарактеризована анаеробний активний мул, що здійснює анаеробне знешкодження осадів у метантенку.

Вказані основні вимоги техніки безпеки при роботі на очисних спорудах. Перелічені вимоги при роботі на хлораторній, спорудах біологічного очищення, водозабірній та повітрорудувній станції. Розроблено комплекс заходів для захисту від статистичної електрики та пожеж.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

### ДЖЕРЕЛ

1. Хвесика М. А. Водні ресурси на рубежі ХХІ ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення / За редакцією академіка УЕАН, д. е. н., професора М. А. Хвесика. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 564с.
2. Левковський С. С. Водні ресурси Української РСР. - К.: Вища школа.
3. Васильев С. М. Анализ источников формирования сточных вод на агропредприятиях, их качественных и количественных показателей (научный аналитический обзор) / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, М. А. Ляшков, А. О. Матвиенко, Л. А. Митяева, Ю. Ю. Глущенко. – Новочеркасск, 2017.
4. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности / Совет эконом. взаимопомощи, ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1978. – 590 с.
5. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод. Навчальний посібник - Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2017. – 51 с.
6. Способ очистки сточных вод картофеле-крахмальных заводов: а.с. 448162 СССР: МКИ С 02 с 1/24 / Э. Э. Кират, П. Т. Реха, О. О. Саарне (СССР). – № 1726351/23-26; заявл. 27.12.71; опубл. 30.10.74, Бюл. № 12.
7. Лоренц, В. И. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / В. И. Лоренц. – Киев.: Будівельник, 1972. – 188 с.
8. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод. Навчальний посібник – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», - 2002. – 622 с.
9. ООО "Номитек"/Очистка сточных вод завода по производству картофельных - Комплексные решения/ Москва 2015г.
10. Долина Л. Ф. Реакторы для очистки сточных вод / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск, 2001. – 9 с.
11. Ручай Н. С. Экологическая биотехнология: учеб. пособие для студентов

- спеціальності «Биокология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск: БГТУ, 2006. – 312 с.
12. Куріс Ю.В. Метаногенез і технологічні схеми отримання біогазу / Ю. В. КУРІС // Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, м. Київ. – с. 41-45.
13. Когановский А.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский, Н.А. Клименко / – М.: Химия, 1983. – 288 с.
14. Колобанов С. К. Проектирование очистных сооружений канализации / С. К Колобанов., А. В. Ершов, М. Е. Кигель – Киев, «Будівельник», 1977. – 224 с.
15. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія / Л. А. Саблій. – Рівне: НУВГП, 2013. – 291 с.
16. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учебное пособие для ВУЗов/Ю.М. Ласков, Ю.М. Воронов, В.И. Калищун. :- М., Стройиздат, 1987.- 255с.
17. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мін. регіонального розвитку та житлово - комунального господарства України, 2013. – 96 с.
18. НПАОП 60.1-1.01-04 “Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації водопровідно-каналізаційних споруд на залізничному транспорті.” Чинний від 2.11.2004 р: Редакція від 02.12.2007. – Київ: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, 2007. – с.
19. ДСТУ 3273-95. Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги. [Чинний від 1996-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1996. – 15 с.
20. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 р. № 5403-VI

21. О.В. Кулаков. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках. Навчальний посібник для студентів ВНЗ/ О.В. Кулаков, В.О. Росоха, В.С. Хоменко - Харків 2006.
22. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнологія очищення води» напряму підготовки 6.051401 – біотехнологія, Електронне видання . Уклад.: Саблій Л.А, Бойчук С.Д., Жукова В. С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.- 58с.

## Специфікація обладнання

Позиція	Найменування	К-сть	Маса кг	Примітки
1	3	4	5	6
ПЗ-1	Повітрязабірник, діаметр труби 300 мм, висота складає 4 м.	2		Збірний
Ф-2	Фільтр попередньої очистки, ефективність очищення складає 85%	4		Збірний
В-3	Повітродувка потужністю 250 кВт, продуктивність 140 м <sup>3</sup> /хв	2		Збірний
Н-5, Н-7, Н-9	Насос відцентровий			Збірний
Р-4	Реактор для приготування хлорної води з пневматичним перемішуванням, місткістю 5 м <sup>3</sup> .	2		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
Р-6	Реактор для приготування розчину коагулянта з мішалкою, місткістю 5 м <sup>3</sup> .	2		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
Р-8	Реактор для	2		Нержавіюча

	приготування гашеного вапна з мішалкою, місткістю 5 м <sup>3</sup> .			сталь 12X18H10 T
P-10	Решітки зі швидкість потоку 0,9 м/с, розмір прорізів 0,016 м. Пропускна здатність більше 60%.	2	1690	Збірний
П-11	Пісковловлювач з середньою швидкістю руху 0,3 м <sup>3</sup> /добу	2		Збірний
B-12	Первинний відстійник радіальний з діаметром 30м, діаметром розподільчого пристрою 1,8 м.	6		Збірний
A-13	Аеротенк глибиною 4,4 м, доза мулу – 3 г/дм <sup>3</sup> . Система аерації дрібнобульбашкова, глибинно-напірного типу.	2		Збірний
B-14	Вторинний відстійник, діаметром 24 м, глибина 3,7 м.	4		Збірний
P-15	Реактор для змішування хлорної води зі стічною типу «Лоток Паршала» шириною 600 м,	2		Неіржав. сталь 12X18H10 T

	довжиною 13,63 м.			
КР-16	Контактний резервуар глибиною 3,2 м, широною 6 м, з продуктивністю 65 тис. м <sup>3</sup> /доб	2		Збірний
МУ-17	Мулоущільнювач з тривалістю ущільнення 10 год, вологість ущільненого НАМ 97%	2		Збірний
М-18	Метантенк з корисним об'ємом – 2500 м <sup>3</sup> , діаметром – 17,5 м, висотою верхнього конуса – 2,5 м, висотою циліндричної поверхні – 8,5 м.	4		Неіржав. сталь 12Х18Н10 Т
Р-19	Спеціальний резервуар для промивання осаду протягом 30 хв.	4		Збірний
МУ-20	Мулоущільнювач з тривалістю ущільнення 12 год, вологість ущільненого осаду 97%	4		Збірний
КР-21	Контактний резервуар для змішування осаду з коагулянтами	2		Збірний
ФП-22	Стрічковий фільтр-прес з потужністю 3 кВт,	8		Збірний



	шириною стрічок 900 мм, швидкість стрічок 7 м/хв.			
ММ-23	Аварійний муловий майданчик, вологість осаду 70-80%.	2		
ПМ-24	Пісковий майданчик для підсушування піщаної пульпи. Навантаження 3 м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	2		
Г-25	Газгольдер з об'ємом – 3000 м <sup>3</sup> , діаметром резервуара – 21 150 мм, висота газгольдера – 21100 мм	2		