

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»
Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

«До захисту ...»

В.о. Завідувача кафедри

_____ Галиш В.В .

«___» _____ 2026 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
зі спеціальності 101 «Екологія»**

на тему:

**«МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ КОМУНАЛЬНО-
ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД М. БІЛА ЦЕРКВА»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ЛЕ-з21, Ткаченко Є.А. _____

Керівник:

Ст.викл, к.т.н. Оверченко Т.А. _____

Консультант з розділу «Охорона праці»:

Ст.викл, к.т.н. Ковтун А.І. _____

Рецензент: _____

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

Студентка _____

Київ – 2026

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1.	A4		Завдання на дипломний проєкт	1	
2.	A4	ДП з2103.00.26 ПЗ	Пояснювальна записка	65	
3.	A1	ДП з2103.01.26 ТХ	Технологічна схема	1	
4.	A1	ДП з2103.02.26 МБ	Блок-схема матеріального балансу	1	
5.	A1	ДП з2103.03.26 ПС	План розміщення очисних споруд	1	
6.	A1	ДП з2103.04.26 ПР	Профіль руху води	1	
7.	A1	ДП з2102.05.26 ПМ	Профіль руху використаного активного мулу	1	

	ПІБ	Підпис	Дата			
Розроб.	Ткаченко Є.А.				Лист	Листів
Керівник	Оверченко Т.А.			Відомість дипломного проєкту	2	65
Консульт.	Ковтун А.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. Е та ТРП Гр. ЛЕ-з21	
Н/контр.						
В.о.Зав.каф	Галиш В.В.					

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пояснювальна записка до дипломного проекту на тему:
«МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ КОМУНАЛЬНО-
ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД М. БІЛА ЦЕРКВА»

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»
Факультет автоматизації, промислової інженерії та екології
Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

ОПП «Екологічна безпека»

В.о. Завідувач кафедри

_____ Галиш В.В.

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Ткаченко Єлизавети Артемівни

1. Тема проекту «Модернізація системи очищення комунально-побутових стічних вод в м. Біла Церква», керівник проекту Оверченко Т.А. ст.викл, к.т.н, затверджені наказом по університету від 26.05.2023 р. № 2024-с.

2. Термін подання студентом проекту: 09.06.2025

3. Вихідні дані до проекту: Витрата води – $62500 \text{ м}^3/\text{добу}$; концентрація завислих речовин – 165 мг/дм^3 ; БСКповне – 153 мг/дм^3 ; рН – 7,3; вміст іонів важких металів – до $0,7 \text{ мг/дм}^3$; хлориди – 142 мг/дм^3 ; сульфати – 300 мг/дм^3 ; ХСК – 680 мг/дм^3 ; залізо загальне – $1,2 \text{ мг/дм}^3$

4. Зміст пояснювальної записки: вступ, техніко-економічне обґрунтування проекту, технологічна частина, технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд, будівельна частина, охорона праці, висновки, список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу: креслення технологічної схеми очищення, розміщення споруд, схема зневоднення мулу та профіль руху води.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання видав	Підпис, дата завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	20.04 – 17.05	
2	Обґрунтування технологічної схеми	17.05 – 24.05	
3	Виконання розрахунків	24.05 – 28.05	
4	Оформлення пояснювальної записки	28.05 – 03.06	
5	Виконання креслень	03.06 – 09.06	

Студент:

Ткаченко Є.А.

Керівник проєкту:

Оверченко Т.А.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з : 65 сторінок, 5 таблиць, 11 рисунків, 17 джерел, 4 додатки.

Мета проєкту: Модернізація системи очищення комунально-побутових стічних вод в м. Біла Церква, для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та покращення санітарно-епідеміологічного стану регіону.

Задачею дипломного проєкту є аналіз та характеристика вже існуючих технологічних систем очищення стічних вод на підприємстві ТОВ «БІЛОЦЕРКІВВОДА», проаналізувати фізико-хімічні та мікробіологічні показники стічних вод, що надходять на очистку, запропонувати заходи модернізації очисних споруд для підвищення якості очищення та мінімізації антропогенного навантаження на довкілля.

Головною умовою при виконанні дипломного проєкту є розробка графічної частини проєкту, що включає технологічну схему очищення, план розміщення споруд, схему зневоднення мулу, а також гідравлічні профілі руху води та мулу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВІ СТІЧНІ ВОДИ, ОЧИСНІ СПОРУДИ, ОСАДИ, АКТИВНИЙ МУЛ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, РІЧКА РОСЬ.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The diploma project consists of: 65 pages, 5 tables, 11 figures, 17 references and 4 appendices.

Project Objective: Modernization of the municipal wastewater treatment system in Bila Tserkva to minimize negative environmental impact and improve the sanitary and epidemiological condition of the region.

The scope of the thesis project includes the analysis and characterization of existing wastewater treatment technologies at "BILOTSEKIVVODA" LLC, analysis of physicochemical and microbiological parameters of incoming wastewater, and proposing modernization measures for treatment facilities to enhance purification quality and minimize anthropogenic pressure on the environment.

The core requirement of the thesis project is the development of the graphic part, including the technological treatment scheme, the general site plan, the sludge dewatering scheme, as well as hydraulic profiles for water and sludge flow.

KEYWORDS: MUNICIPAL WASTEWATER, TREATMENT FACILITIES, SLUDGE, ACTIVATED SLUDGE, BIOLOGICAL TREATMENT, ROS RIVER.

					ДП 32103.00.26 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1.Техніко-економічне обґрунтування проекту	11
2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	12
2.1. Характеристики води та вимоги до очищення комунально- побутових стічних вод	12
2.2. Розрахунок гранично допустимих скидів	13
2.3. Вибір та обґрунтування технологічної схеми очищення стічних вод	18
2.4. Матеріальний баланс	21
2.5. Теоретичні дані про фізичні та хімічні процеси, які реалізуються в даній технологічній схемі очищення комунальних стічних вод	29
2.5.1. Механічна очистка стічних вод.....	29
2.5.2. Біологічна очистка стічних вод.....	31
2.5.3. Знезараження стічних вод	34
2.5.4. Обробка осаду	35
Розділ 3. Технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд.....	37
3.1 Розрахунок приймальних камер	37
3.2. Розрахунок решіток для потоку стічних вод	37
3.4. Розрахунок горизонтального пісковловлювача потоку комунально- побутових стічних вод	38
3.5. Розрахунок первинних відстійників для потоку стічних вод	39
3.6. Розрахунок аеротенку.....	40
3.7. Розрахунок вторинних відстійників.....	42
3.8. Розрахунок мулоушільювачів	43
3.9. Розрахунок метантенків.....	44

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.10. Розрахунок цинтрифуг	46
4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	48
4.1. План розміщення очисних споруд	48
4.2. Профіль руху води та активного мулу.....	49
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	51
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТОК А	
ДОДАТОК Б	
ДОДАТОК В	
ДОДАТОК Г	

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Забезпечення населення якісною питною водою та ефективне очищення стічних вод є однією з пріоритетних цілей сталого розвитку України. В умовах сучасного антропогенного навантаження стан головної водної артерії Київщини — річки Рось — демонструє тривожну тенденцію до погіршення. Висока зарегульованість течії каскадом водосховищ призвела до сповільнення водообміну та втрати річкою здатності до самоочищення, що на тлі інтенсивного «цвітіння» води створює критичні умови для роботи очисних споруд.

Одним із ключових підприємств регіону є ТОВ «Білоцерківвода», яке обслуговує понад 200 тисяч мешканців та численні промислові об'єкти. На сьогодні класична технологічна схема очищення з використанням мулових майданчиків вичерпала свій ресурс. Мулові поля є джерелом постійної екологічної небезпеки: вони займають значні площі, створюють ризик аерогенного поширення патогенів та можуть спричинити вторинне забруднення підземних вод. Крім того, осад стічних вод містить іони важких металів, концентрація яких потребує жорсткого контролю для забезпечення екологічної безпеки регіону.

Таким чином, модернізація системи обробки осадів із переходом на механічне зневоднення є критично необхідною для стабільного функціонування міської інфраструктури та відновлення екосистеми басейну річки Рось.

Мета роботи полягає у техніко-економічному обґрунтуванні модернізації очисних споруд ТОВ «Білоцерківвода» шляхом впровадження процесу механічного зневоднення осадів на центрифугах.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Техніко-економічне обґрунтування проекту

Обґрунтування обраної схеми базується на комплексному підході до модернізації ТОВ «Білоцерківвода», що дозволяє одночасно вирішити питання екологічної безпеки (токсичність осадів), мінімізації відходів та енергонезалежності підприємства.

Вибір декантерних центрифуг замість традиційних методів (фільтр-пресів чи мулових майданчиків) зумовлений такими факторами:

- 1) Центрифуги займають у 3–5 разів меншу площу, ніж фільтр-преси аналогічної потужності, та дозволяють працювати у безперервному автоматичному режимі, що знижує витрати на персонал.
- 2) Зниження вологості осаду до 70–75% зменшує загальну масу відходів, що підлягають транспортуванню, у кілька разів. Це суттєво знижує логістичні витрати.
- 3) Завдяки оптимізації дози катіонних флокулянтів досягається високий ступінь освітлення рідкої фази. Це запобігає «зацикленню» забруднень, коли надмірна кількість завислих речовин повертається на початок очисних споруд, перевантажуючи первинні відстійники.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристики води та вимоги до очищення комунально- побутових стічних вод

Таблиця. 2.1 – Характеристики стічної води

Показник якості	Стічна вода
Завислі речовини	165 мг/дм ³
ХСК	680 мг/дм ³
рН	7,3
Хлориди	142 мг/дм ³
Сульфати	30 мг/дм ³
Залізо загальне	1,2 мг/дм ³
Вміст іонів важких металів	до 0,7 мг/дм ³

Таблиця 2.2 – Допустимі концентрації забруднюючих речовин у стічних водах, які скидаються до системи централізованого водовідведення міста Біла Церква.

Назва речовини	Одиниця виміру	Рекомендована концентрація
Завислі речовини	г/м ³	261,0
БСК5	г/м ³	240,0
ХСК	г/м ³	500,0
Залізо (загальне)	г/м ³	1,67
Хлориди	г/м ³	104,09
Сульфати	г/м ³	244,7
Вміст іонів важких металів	г/м ³	0,35

2.2. Розрахунок гранично допустимих скидів

Основні параметри річки у місці скиду стічних вод наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. – Параметри річки у місці скиду

Параметр	Позначення	Значення
Витрата води у поперечному перерізі річки в місці скиду стічних вод	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	2,65
Середня швидкість течії	$V_c, \text{ м/с}$	0,2
Середня глибина річки	$H_c, \text{ м}$	2,0
Середня температура води влітку	$t, ^\circ\text{C}$	15
Коефіцієнт звивистості русла	φ	1
Відстань від контрольного створу до місця скиду	$L, \text{ м}$	500
Концентрація змулених речовин у річці до скиду	$C_p, \text{ мг/дм}^3$	20
Концентрація розчиненого кисню	$O, \text{ мг/дм}^3$	7
БПК у річці до скиду	$L_p, \text{ мг/дм}^3$	2,95
Концентрація змулених речовин до очищення	$C, \text{ мг/дм}^3$	165
БСК до очищення	$L_a, \text{ мг/дм}^3$	153

Розрахунок ступеня змішування виконується в поперечному перерізі :

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha^3 \sqrt{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \times e^{-\alpha^3 \sqrt{L}}} \quad (2.1)$$

де α - коефіцієнт, що зважає на гідравлічні факторів змішування зворотних та природних вод; q - витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$; L - довжина русла від місця

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випуску стічних вод до розрахункового поперечного перерізу за фарватером, м; q - продуктивність станції, $\text{м}^3/\text{с}$.

Коефіцієнт, який враховує гідравлічні умови змішування розраховуємо за формулою:

$$\alpha = \varphi \xi \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (2.2)$$

де ε - коефіцієнт, який зважає на розміщення скиду стічних вод до природних, для руслового $\varepsilon = 1$; φ - коефіцієнт вигину русла, враховує звивистість водоймища $\varphi=1$; E - коефіцієнт турбулентної дифузії.

Спочатку, переводимо продуктивність станції в секундну розмірність:

$$q = \frac{Q_{\text{доб}}}{3600 \times 24} = \frac{62500}{3600 \times 24} = 0,723 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.3)$$

Де: $Q_{\text{доб}}$ - витрата комунально-побутових стоків, $\text{м}^3/\text{добу}$.

Коефіцієнт, який враховує гідравлічні умови змішування дорівнює:

$$\alpha = 1 \times 1 \times \sqrt[3]{\frac{0,002}{0,723}} = 0,14$$

Коефіцієнт турбулентної дифузії:

$$E = \frac{V_{\text{сер}} \times H_{\text{сер}}}{200} = \frac{0,2 \times 2,0}{200} = 0,002 \text{ м}^2/\text{с} \quad (2.4)$$

Тоді, ступень змішування в поперечному перерізі дорівнює:

$$a = \frac{(1 - e^{-0,14 \sqrt[3]{500}})}{(1 + (\frac{2,65}{0,723} \times e^{-0,14 \sqrt[3]{500}}))} = 0,304$$

Розрахуємо кратність розведення:

$$n = \frac{(a + Q \times q)}{q} \quad (2.5)$$

Де: a — ступінь змішування; q - продуктивність станції, $\text{м}^3/\text{с}$; Q - витрата води у поперечному перерізі річки в місці скиду стічних вод.

$$n = \frac{(0,304 + 2,65 \times 0,723)}{0,723} = 3.07$$

Розрахуємо гранично допустимий вміст змулених речовин у стічних водах, $\text{мг}/\text{м}^3$:

$$m = P \times \left(\frac{(a + Q \times q)}{q} + 1 \right) + C_p \quad (2.6)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де: p - допустиме по санітарним нормам збільшення кількості завислих речовин у водоймі після спуску стічних вод, $P = 0,25$ мг/дм³; C_p – вміст змулених речовин у річці до скиду, мг/дм³;

$$m = 0,25 \times \left(\frac{(0,304 + 2,65 \times 0,723)}{0,723} + 1 \right) + 20 = 21,02 \text{ мг/м}^3$$

Ступінь необхідного очищення щодо змулених речовин, %:

$$E = \frac{(C-m) \times 100}{C} \quad (2.7)$$

$$E = \frac{(165-21,02) \times 100}{165} = 87\%$$

ГДС по зваженим речовинам:

$$ГДС_{\text{зваж реч}} = q \times m \quad (2.8)$$

$$\text{Де: } q = 0,723 \cdot 3600 = 2602,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$ГДС_{\text{зваж реч}} = 2602,8 \times 21,02 = 54710.856 \text{ г/год}$$

Розрахуємо допустимий БСК стічних вод:

$$L_{\text{ст}} = \frac{aQ}{q \times 0,4} (O_p - 0,4 \times L_p - O) + \frac{O}{0,4} \quad (2.9)$$

Де: O – мінімальний вміст кисню у воді з річки, мг/дм³; O_p – вміст кисню у воді з річки, мг/дм; L_p – БСК у води з річки;

$$L_{\text{ст}} = \frac{0,304 \times 2,65}{0,723 \times 0,4} (7 - 0,4 \times 2,95 - 3) + \frac{3}{0,4} = 15,36$$

Потрібний ступінь очищення, %:

$$E = \frac{(L_a - L_{\text{ст}}) \times 100}{L_a} \quad (2.10)$$

Де: L_a – БСК неочищених стічних вод; $L_{\text{ст}}$ – БСК стічних вод, що випускаються.

$$E = \frac{(153 - 15,36) \times 100}{153} = 89,96\%$$

Розрахунок допустимої концентрації вмісту забруднюючих речовин у зворотних водах, що скидаються у водний об'єкт, проводиться за методикою врахування змішування стічних вод із водою водного об'єкта.

$$C_{\text{ГДС}} = n \times (ГДК - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}} \quad (2.11)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де: n — кратність розведення; ГДК — гранично допустима концентрація; C_{ϕ} — фонова концентрація забруднюючих речовин, у водному об'єкті.

На основі розрахованої допустимої концентрації забруднюючих речовин ($C_{ГДС}$) визначається величина гранично допустимого скиду (ГДС).

$$ГДС = q \times C_{ГДС} \quad (2.12)$$

Де: q — фактична або проектна витрата стічних вод, м³/год (або м³/добу);

$C_{ГДС}$ — допустима концентрація забруднюючої речовини, мг/дм³.

Розрахуємо допустиму концентрацію забруднюючих речовин та гранично допустимий скид для хлоридів:

$$C_{ГДС} = 3,07 \times (300 - 27) + 27 = 865,11 \text{ мг/дм}^3$$

$$ГДС = 2602,8 \times 865,11 = 2251708,31 \text{ г/год}$$

Розрахуємо допустиму концентрацію забруднюючих речовин та гранично допустимий скид для сульфатів:

$$C_{ГДС} = 3,07 \times (100 - 41) + 41 = 222,13 \text{ мг/дм}^3$$

$$ГДС = 2602,8 \times 222,13 = 578159,96 \text{ г/год}$$

Розрахуємо допустиму концентрацію забруднюючих речовин та гранично допустимий скид для нітратів:

$$C_{ГДС} = 3,07 \times (40 - 0,01) + 0,01 = 122,78 \text{ мг/дм}^3$$

$$ГДС = 2602,8 \times 122,78 = 319571,78 \text{ г/год}$$

Розрахуємо допустиму концентрацію забруднюючих речовин та гранично допустимий скид для азоту амонійного:

$$C_{ГДС} = 3,07 \times (0,5 - 0,01) + 0,01 = 1,5143 \text{ мг/дм}^3$$

$$ГДС = 2602,8 \times 1,5143 = 3941,42 \text{ г/год}$$

Розрахуємо допустиму концентрацію забруднюючих речовин та гранично допустимий скид для нафтопродуктів :

$$C_{ГДС} = 3,07 \times (0,05 - 0,01) + 0,01 = 0,1328 \text{ мг/дм}^3$$

$$ГДС = 2602,8 \times 0,1328 = 345,65 \text{ г/год}$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо допустиму концентрацію забруднюючих речовин та гранично допустимий скид для хімічного споживання кисню(ХСК):

$$C_{ГДС} = 3,07 \times (30 - 23,1) + 23,1 = 44,283 \text{ мг/дм}^3$$

$$ГДС = 2602,8 \times 44,283 = 115259,79 \text{ г/год}$$

Розрахуємо допустиму концентрацію забруднюючих речовин та гранично допустимий скид для синтетичних поверхнево-активних речовин(СПАР):

$$C_{ГДС} = 3,07 \times (0,1 - 0,01) + 0,01 = 0,2863 \text{ мг/дм}^3$$

$$ГДС = 2602,8 \times 0,2863 = 745,18 \text{ г/год}$$

Розрахуємо допустиму концентрацію забруднюючих речовин та гранично допустимий скид для заліза:

$$C_{ГДС} = 3,07 \times (0,5 - 0,42) + 0,42 = 0,6656 \text{ мг/дм}^3$$

$$ГДС = 2602,8 \times 0,6656 = 1732,42 \text{ г/год}$$

Отже, на основі проведених розрахунків встановлено параметри змішування та розбавлення стічних вод у водному об'єкті (ступінь змішування $a = 0,304$, кратність розведення $n = 3,07$). Порівняльний аналіз розрахованих значень гранично допустимих концентрацій ($C_{ГДС}$) із фактичним вмістом забруднюючих речовин у вихідній стічній воді показав необхідність подальшого глибокого очищення за більшістю показників. Зокрема, для зважених речовин необхідний ступінь очищення становить 87%, а для БСК — 89,96%. Розраховані гранично допустимі скиди (ГДС) у масовому еквіваленті (г/год) є основою для подальшого проектування технологічної схеми очисних споруд, яка повинна забезпечити зниження концентрацій до нормативних значень, визначених для створу річки.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Вибір та обґрунтування технологічної схеми очищення стічних вод

Технологічну схему очищення води в Білій Церкві розробили з урахуванням специфіки місцевого джерела та чинних стандартів якості питної води.

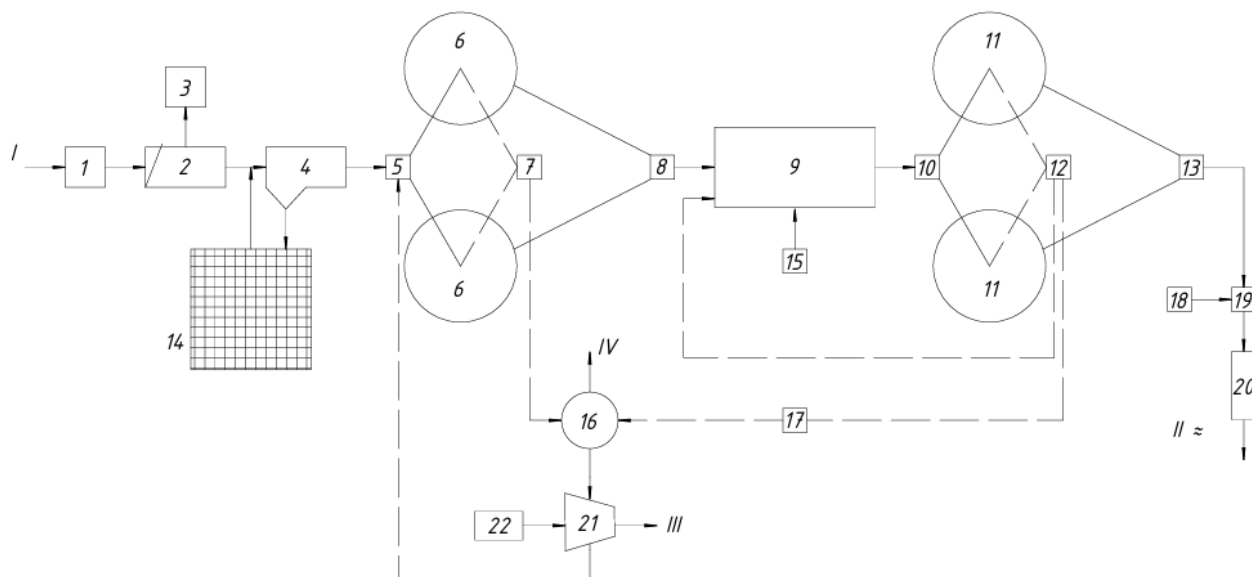


Рис. 2.1 - Технологічна схема

1 – приймальна камера; 2 – решітки; 3 – контейнер для складування покидьків; 4 – піскоуловлювач; 5 – розподільна камера; 6 – первинні відстійники; 7 – приймальна камера осаду з насосною станцією; 8 – приймальна камера освітленої води; 9 – аеротенк; 10 – розподільна камера водомулової суміші; 11 – вторинні відстійники; 12 – приймальна камера активного мулу з насосною станцією; 13 – приймальна камера освітленої води; 14 – піскові майданчики; 15 – компресорна станція; 16 – метантенк; 17– ущільнювач мулу; 18 – озонаторна установка; 19 – камера озонування; 20 – окислювальний канал; 21 – центрифуга; 22 – витратний бак флокулянту; I – подача стічної води ; II –водойма; III – осад на компостування або захоронення; IV – відведення метану.

Дана технологічна схема представляє комплекс споруд для повної біологічної очистки міських стічних вод із подальшим глибоким знезараженням озоном, анаеробною стабілізацією утвореного осаду та механічним зневодненням осаду.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ланцюг очищення починається з приймальної камери (1), звідки стічна вода надходить на решітки (2) для затримання великогабаритного сміття. Вилучені відходи автоматично або механічно спрямовуються до контейнера для складування покидьків (3). Наступною ланкою після решіток є пісковловлювачі (4), де під дією гравітації виділяються важкі мінеральні частки (переважно пісок, дрібний гравій та шлак). Вилучений мінеральний осад транспортується на спеціалізовані піскові майданчики (14) для подальшого зневоднення. Наступним етапом є первинне відстоювання. Перед відстійниками встановлюється розподільна камера (5), яка стабілізує та рівномірно розподіляє потік між спорудами. У первинних відстійниках (6) відбувається осадження дрібнодисперсних часток. Осад, що випадає на дно (мулові приямки), відводиться до приймальної камери з насосною станцією (7). Освітлена вода після первинних відстійників подається до приймальної камери (8) і далі надходить в аеротенк (9). Тут відбувається біологічне очищення за допомогою активного мулу в умовах безперервної примусової аерації, яку забезпечує компресорна станція (15). Суміш очищеної води та активної біомаси з аеротенка транспортується до розподільного вузла (10), з якого подається на вторинні відстійники (11). Тут відбувається фазове розділення: пластівці активного мулу осідають на дно, а очищена вода відводиться. Накопичений активний мул подається на приймальну камеру з насосною станцією (12), де розподіляється на дві частини:

- зворотний активний мул, що повертається в аеротенки для підтримки необхідної концентрації біомаси;
- надлишковий активний мул, який спрямовується на вузол обробки осадів.

Освітлена стічна вода збирається у камері (13), що є перехідною ланкою перед фінальним етапом. Для глибокого знезараження вода надходить до камери озонування (19), куди подається озон від озонаторної установки (18). Кінцевою стадією є окислювальний канал (20), де завершуються реакції окиснення нестійких сполук та відбувається природна дегазація залишкового озону. Очищена вода через випуск (II) скидається у природну водойму.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічна лінія обробки осадів передбачає попереднє ущільнення надлишкового мулу в мулоущільнювачі (17) та його наступне транспортування до метантенка (16) для анаеробного зброджування. Стабілізована біомаса з метантенка спрямовується на центрифугу (21). Для інтенсифікації процесу водовіддачі в лінію подачі осаду з витратного бака (22) вводиться розчин флокулянта. Після механічного зневоднення на центрифугі зневоднений осад (кек) спрямовується на майданчики тимчасового зберігання або безпосередньо на утилізацію чи захоронення (III).

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Матеріальний баланс

Таблиця 2.4. – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Показники	Значення
Кількість води, що йде на очистку	62500м ³ /добу
Об'єм покидьків на 1-го жителя на 1 рік	8 дм ³
Густина покидьків	0,75 т/м ³
Концентрація змулених речовин на виході з 1-го відстійника	150 мг/дм ³
Кількість змулених речовин на 1-го жителя на добу	65 г/добу
БСКповне води на 1-го жителя на добу	75 г
Об'єм піску, що припадає на одного жителя на добу	0,02 дм ³
Надлишкова витрата води при транспортуванні піску гідроелеватором	1,5 м ³ /м ³ піску
Вологість піску	60%
Вологість осаду	94,5 %
Густина осаду	1,05 т/м ³
Вологість активного мулу	99,2 %
Коефіцієнт, який враховує, яка частина БСКповне іде на збільшення приросту біомаси	0,4
Доза активного мулу в аеротенку	3 г/дм ³
Зольність активного мулу	30 %
Густина активного мулу після 2-го відстійника	1 т/м ³
Глибина занурення аеротенка	5м

Концентрація активного мулу після 2-го відстійника	15 мг/дм ³
Вологість піску	60%
Густина піску	1,5 т/м ³
Коефіцієнт, що враховує тип аеротенка	1,68
Коефіцієнт якості води	0,7
Коефіцієнт, що враховує глибину занурення аеротенка	2,52
Коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод	0,51

Визначення приведеної кількості населення:

$$N_{\text{пр}} = N + N_{\text{екв}} = 205000 + 17400 = 222400 \text{ люд} \quad (2.13)$$

N - фактична кількість населення, в залежності від норми водовідведення,

$N=205000$ люд

$N_{\text{екв}}$ – еквівалентна кількість населення, люд :

$$N_{\text{екв}} = \frac{\sum C_p \cdot Q_p}{q} \quad (2.14)$$

$$N_{\text{екв}} = \frac{160 \times 1033,44 + 140 \times 1750,08 + 320 \times 1652,64 + 110 \times 1761,76}{65} = 17400 \text{ люд}$$

Де: C_p – концентрація завислих речовин в промислових стічних водах, г/м³:

Q_p - добова кількість промислових стічних вод підприємств, м³/добу;

Об'єм покидьків, затримуваних на решітках:

$$W_{\text{пок}} = \frac{a_0 \cdot N_{\text{пр}}}{1000 \cdot 365} = \frac{8 \cdot 222400}{1000 \cdot 365} = 4,87 \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.15)$$

де $N_{\text{пр}}$ – приведена кількість жителів

Кількість покидьків, затримуваних на решітках:

$$G_{\text{пок}} = \gamma_{\text{пок}} \cdot W_{\text{пок}} = 0,75 \cdot 4,87 = 3,65 \text{ т/добу} \quad (2.16)$$

Отже, об'єм затримованого піску становить:

$$W_{\text{піск}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot 0,02}{1000} = \frac{222400 \cdot 0,02}{1000} = 4,45 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.17)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вага затриманого піску:

$$G_{\text{піск+вода}} = W_{\text{піск}} \cdot 1,5 = 4,45 \cdot 1,5 = 6,68 \text{ т/добу} \quad (2.18)$$

Кількість води, що збирається з піском:

$$G_{\text{води}} = G_{\text{піск}} \cdot 0,6 = 6,68 \cdot 0,6 = 4 \text{ т/добу} \quad (2.19)$$

$$W_{\text{піск+вода}} = G_{\text{піск}} + G_{\text{води}} = 6,68 + 4 = 10,68 \text{ т/добу} \quad (2.20)$$

Маса сухого піску:

$$G_{\text{піск}} = G_{\text{піск+вода}} - G_{\text{води}} = 6,68 - 4 = 2,68 \text{ т/добу} \quad (2.21)$$

$$V_{1-2} = 62500 - 2,68 = 62497,32 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Концентрація змулених речовин:

$$C_1 = \frac{a \cdot N_{\text{пр}}}{Q} = \frac{65 \cdot 222400}{62500} = 231,3 \text{ мг/дм}^3 \quad (2.22)$$

Концентрація змулених речовин на виході з первинних відстійників

$$C_2 = 150 \text{ мг/дм}^3.$$

Маса осаду за сухою речовиною в первинному відстійнику:

$$Q_{\text{ос}} = \frac{Q \cdot (C_1 - C_2)}{10^6} = \frac{62500 \cdot (231,3 - 150)}{10^6} = 5,08 \text{ т/добу} \quad (2.23)$$

Об'єм осаду:

$$V_{\text{ос}} = \frac{Q \cdot (C_1 - C_2)}{(100 - P) \rho 10^4} = \frac{62500 \cdot (231,3 - 150)}{(100 - 94,5) \cdot 1,05 \cdot 10^4} = 87,99 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.24)$$

Враховуючи те, що ефективність зниження БСК під час відстоювання без інтенсифікації досягає 25%, то маємо:

$$L_a = 153(1 - 0,25) = 114,8 \text{ мг/дм}^3 \quad (2.25)$$

Ефективність затримання осаду для стічних вод у первинних відстійниках:

$$E_{\text{зр}} = \frac{231,3 - 150}{231,3} = 0,35 \quad (2.26)$$

$$V_{2-3} = 62497,32 - 4,45 + 4 = 62496,87 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість осаду, що відводиться з вторинних відстійників:

$$M_{\text{сух}} = \frac{[0,8C(1-E) + \alpha L_a - b]Q}{10^6} \quad (2.28)$$

$$M_{\text{сух}} = \frac{[0,8 \cdot 231,3(1 - 0,35) + 0,4 \cdot 114,8 - 15]62500}{10^6} = 9,45 \text{ т/добу}$$

Об'єм надлишкового активного мулу у вторинних відстійниках:

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{надл.мул}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100-P) \cdot \rho_{\text{сух}}} = \frac{100 \cdot 9,45}{(100-99,2) \cdot 1} = 1181,25 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.29)$$

Кількість мулу що виноситься з аеротенку:

$$Q_{\text{акт.мулу}} = \frac{Q \cdot \text{Дакт.мул.}}{1000} = \frac{62500 \cdot 3}{1000} = 187,5 \text{ т/добу} \quad (2.30)$$

Кількість мулу, що повертається на аеротенк:

$$Q_{\text{поверт}} = Q_{\text{акт.мулу}} - M_{\text{сух}} = 187,5 - 9,45 = 178,1 \text{ т/добу} \quad (2.31)$$

Весь добовий приріст активного мулу становить $1181,25 \text{ м}^3/\text{добу}$, надходить в ущільнювач мулу, який за вологості 99,2 %.

$$V_{\text{акт.мулу}} = \frac{178,1 \cdot 100}{100-99,2} = 22262,5 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.32)$$

$$V_{4-5} = 63647,16 + 22262,5 = 65909,66 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$V_{\text{на знезараж.}} = 65909,66 - 22262,5 - 1181,25 = 62465,91 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість мулу, що подається на метантенк:

$$V_{\text{мулу}} = \frac{9,45 \cdot 100}{100-97,3} = 350 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.33)$$

Кількість води, що повертається з ущільнювача мулу у первинний відстійник:

$$Q_{\text{води}} = V_{\text{надл.мулу}} - V_{\text{мулу}} = 1181,25 - 350 = 831,25 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.34)$$

$$V_{3-4} = 62496,87 - 80,99 + 400,03 + 831,25 = 63647,16 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Загальний об'єм осаду, що надходить на метантенк:

$$V_3 = V_{\text{ос}} + V_{\text{мулу}} = 87,99 + 350 = 437,99 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.35)$$

$$V_{3-6} = 437,99 \text{ м}^3/\text{добу}$$

За сухою речовиною загальна кількість осаду:

$$M_{\text{сух}}^3 = Q_{\text{сух}} + M_{\text{сух}} = 5,08 + 9,45 = 14,5 \text{ т/добу} \quad (2.36)$$

Кількість беззольної речовини осаду:

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} (100-B_{\Gamma})(100-3_{\text{ос}})}{100 \cdot 100} = \frac{5,08(100-5)(100-30)}{100 \cdot 100} = 3,38 \text{ т/добу} \quad (2.37)$$

Кількість беззольної речовини активного мулу:

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} (100-B'_{\Gamma})(100-3_{\text{мул}})}{100 \cdot 100} = \frac{9,45(100-5)(100-30)}{100 \cdot 100} = 6,28 \text{ т/добу} \quad (2.38)$$

Загальна кількість речовини, яка надходитиме у метантенк:

$$M_{\text{без}}^3 = O_{\text{без}} + M_{\text{без}} = 3,38 + 6,28 = 9,66 \text{ т/добу} \quad (2.39)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середнє значення вологості мулу, що надходить на переробку в метантенк:

$$B_{\text{сум}} = 100 \left(1 - \frac{M_{\text{сух}}^3}{V^3} \right) = 100 \left(1 - \frac{14,5}{437,99} \right) = 96,69 \% \quad (2.40)$$

Середнє значення зольності мулу, що надходить на переробку в метантенк:

$$Z_{\text{сум}} = 100 \left(1 - \frac{\frac{M_{\text{без}}^3}{Q_{\text{сум}}(100-B_{\Gamma})} + \frac{M_{\text{сух}}(100-B_{\Gamma})}{100}}{100} \right) \quad (2.41)$$

$$Z_{\text{сум}} = 100 \left(1 - \frac{9,66}{\frac{5,08(100-5)}{100} + \frac{9,45(100-5)}{100}} \right) = 30,02 \%$$

Границя розкладу суміші:

$$a_{\text{сум}} = \frac{(a_0 O_{\text{без}} + a_m M_{\text{без}})}{M_{\text{без}}^3} = \frac{(53 \cdot 3,38 + 44 \cdot 6,28)}{9,66} = 47,15 \% \quad (2.42)$$

Де: a_m , a_0 - границі розкладу мулу і осаду,%; $a_m = 44$; $a_0 = 53$.

Вихід газу на 1 кг беззольної речовини:

$$y' = \frac{(a_{\text{сум}} - H \cdot D)}{100} = \frac{(47,15 - 0,56 \cdot 18)}{100} = 0,37 \text{ м}^3/\text{кг} \quad (2.43)$$

Де: D – добове завантаження в метантенк,%; $D = 18$.

Сумарний вихід газу:

$$\Gamma = y' \cdot M_{\text{без}}^3 \cdot 1000 = 0,37 \cdot 9,66 \cdot 1000 = 3574,2 \text{ м}^3 \quad (2.44)$$

Маса беззольної речовини у збродженій суміші:

$$M'_{\text{без}} = \frac{9,66 \cdot (100 - 47,15)}{100} = 5,11 \text{ т/добу} \quad (2.45)$$

Зольна частина осаду становить:

$$M = M_{\text{сух}}^3 - M_{\text{без}}^3 = 14,5 - 9,66 = 4,84 \text{ т/добу} \quad (2.46)$$

Маса сухої речовини у збродженій суміші:

$$M_{\text{сух}}^{\text{збр}} = M + M_{\text{без}}^3 = 4,88 + 5,11 = 9,99 \text{ т/добу} \quad (2.47)$$

Приймаючи об'єм осаду, що виходить з метантенку, рівним об'єму осаду, що надходить, визначимо вологість збродженої суміші:

$$B_{\text{сум}} = 100 - \frac{M_{\text{сух}}^{\text{збр}}}{V_3} \cdot 100 = 100 - \frac{9,99}{437,99} \cdot 100 = 97,7 \% \quad (2.48)$$

Зброджена суміш надходить до центрифуги де розділяється на 2 потоки: кек та фугат.

Об'єм кеку:

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_k = \frac{M_{\text{сух}}^{\text{збр}} \cdot E_{\text{сух}}}{\gamma_k \cdot (100 - B_k)}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.49)$$

$$V_k = \frac{9,99 \cdot 95}{1 \cdot (100 - 75)} = 37,96 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Де: $E_{\text{сух}}$ — ефект затримання сухої речовини осаду в центрифугах, що працюють з флокулянтом, приймається 90-95% ; γ_k — щільність кека, приймається 1 т/м³; B_k - вологість кека, приймається 70–75 % для сирого осаду при зневодненні з флокулянтами.

Кількість фугату:

$$Q_{\text{ф}} = V_3 - V_k = 437,99 - 37,96 = 400,03 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.50)$$

Маса сухої речовини у фугаті:

$$M_{\text{сух}}^{\text{фуг}} = M_{\text{сух}}^{\text{збр}} - \frac{M_{\text{сух}}^{\text{збр}} \cdot E_{\text{сух}}}{100} = 9,99 - \frac{9,99 \cdot 95}{100} = 0,50 \text{ т/добу} \quad (2.51)$$

Витрата флокулянту:

$$M_{\text{флок}} = M_{\text{сух}}^{\text{збр}} \cdot D_{\text{флок}} = 9,99 \cdot 5 = 49,95 \text{ кг/добу} \quad (3.52)$$

Де: $D_{\text{флок}}$ - доза катіонного флокулянту (приймається 2–7 кг/т сухої речовини осаду)

Питома витрата повітря очищеної води за пневматичної аерації аеротенка:

$$q_{\text{пов}} = \frac{q_0 \cdot (L_a - L \cdot t)}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_T \cdot (c_a - c_o)} = \frac{1,1 \cdot (114,8 - 15)}{1,68 \cdot 2,52 \cdot 0,7 \cdot 0,52 \cdot (9,73 - 2)} = 9,25 \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (2.53)$$

Розчинність кисню повітря у воді:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{2,52}{20,6}\right) \cdot 8,67 = 9,73 \text{ мг/дм}^3 \quad (2.54)$$

Кількість повітря, що подається на аеротенк:

$$Q_{\text{пов}} = q_{\text{пов}} \cdot Q = 9,25 \cdot 62500 = 578125 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.55)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5. – Матеріальний баланс

№	Назва потоку	Значення
1	Об'єм покидьків, що затримуються на решітках, м ³ /добу	4,87
2	Об'єм затримованого піску, м ³ /добу	4,45
3	Об'єм води, що повертається на піскоуловлювачі з піскових майданчиків, т/добу	4,0
4	Об'єм осаду, що відводиться з первинних відстійників, м ³ /добу	87,99
5	Кількість мулу, що подається на аеротенк із вторинних відстійників, м ³ /добу	2262,5
6	Витрата повітря на аерацію, м ³ /добу	578125
7	Об'єм водомулової суміші з вторинних відстійників, м ³ /добу	1181,25
8	Кількість води, що подається на первинний відстійник з ущільнювача мулу, м ³ /добу	831,25
9	Кількість мулу, що подається на метантенк з ущільнювача мулу, м ³ /добу	350,0
10	Кількість газу, що відводиться з метантенку, м ³ /кг	3574,2
11	Об'єм вологого осаду, що подається на центрифугу, м ³ /добу	437,99
12	Об'єм осаду, на захоронення після центрифуги, т/добу	37,96
13	Об'єм води, що повертається в первинні відстійники з центрифуги, м ³ /добу	400,03

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

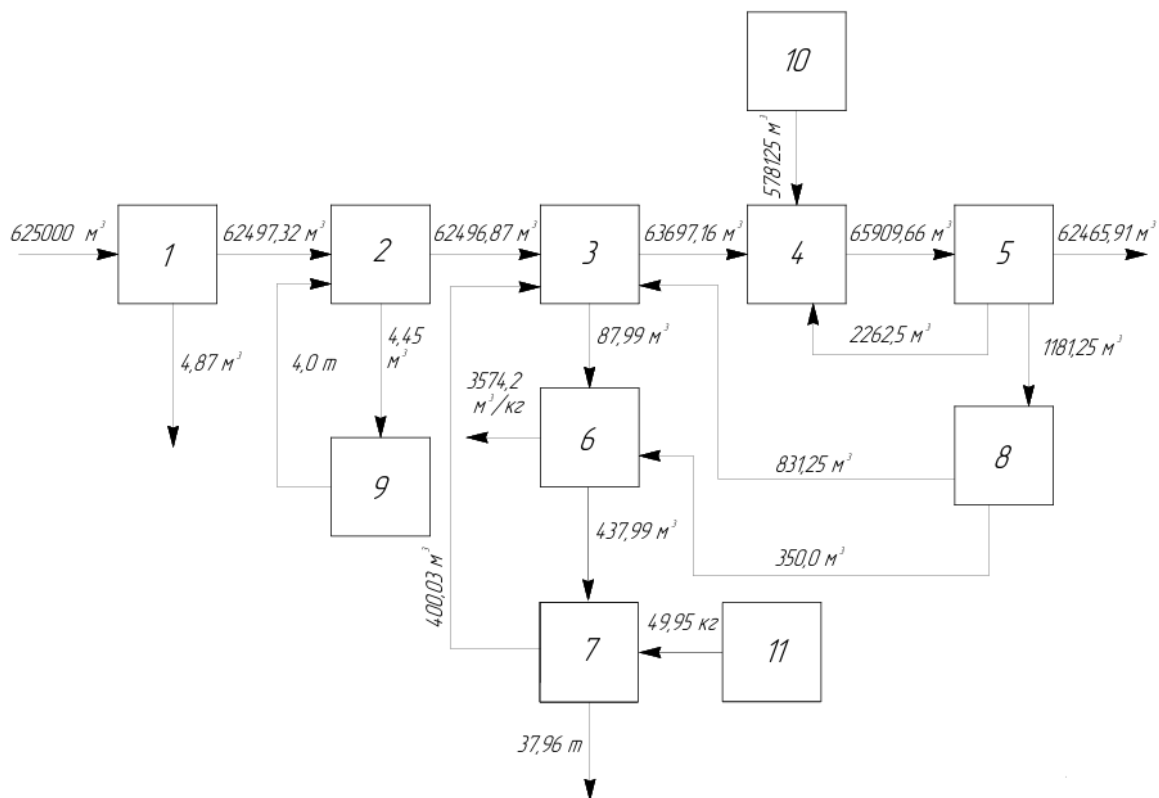


Рис. 2.2 – Блок-схема матеріального балансу

1 – решітки, 2 – піскоуловлювач, 3 – первинний відстійник, 4 – аеротенк,
5 – вторинний відстійник, 6 – метантенк, 7 – центрифуга, 8 – ущільнювач мулу,
9 – пісковий майданчик, 10 – компресор, 11 – витратний бак флокулянта.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Теоретичні дані про фізичні та хімічні процеси, які реалізуються в даній технологічній схемі очищення комунальних стічних вод

2.5.1. Механічна очистка стічних вод

Механічна очистка є первинним етапом, що базується на процесах цідження та гравітаційної сепарації. Головною метою цього етапу є видалення нерозчинних домішок для захисту технологічного обладнання від абразивного зносу та зниження концентрації завислих речовин перед біологічним етапом.

Проціджування (Решітки). Процес реалізується на металевих решітках і спрямований на затримання забруднень, розмір яких перевищує величину прозору між стержнями. Ефективність процесу залежить від:

Величини прозору: у даній схемі передбачено використання механізованих решіток з прозором до 16 мм, що дозволяє максимально виловити велике сміття (папір, пластик, текстиль).

Швидкості руху води в прозорах: оптимальна швидкість запобігає продавлюванню сміття крізь решітку та водночас не створює надмірного підпору води в каналі.

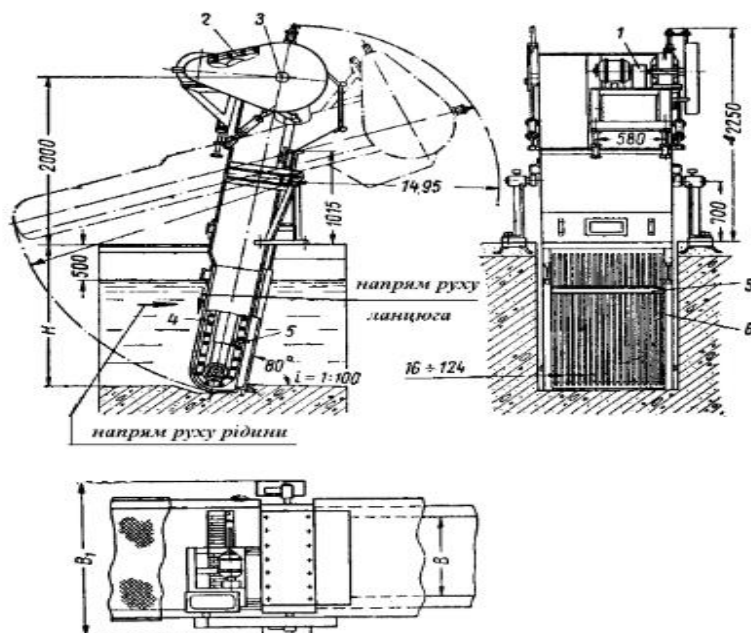


Рис.2.3. — Механізована решітка типу МГ:

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 – електродвигун з редуктором; 2 – ланцюг приводу; 3 – вал тягових зубчатих колес; 4 – тягові ланцюги; 5 – граблини; 6 – решітка

Для забезпечення високої ефективності проціджування у схемі ТОВ «Білоцерківвода» застосовуються механізовані решітки типу МГ9Т. Їх конструкція з кутом нахилу 80° та безперервною роботою граблин дозволяє ефективно видаляти покидьки при високих об'ємах притоку, що критично важливо для стабільності наступних етапів очищення.

Гравітаційна сепарація мінеральних часток (пісковловлювачі). Видалення важких мінеральних домішок (піску) ґрунтується на використанні сили тяжіння. Теоретично процес описується здатністю часток осідати під дією власної ваги, коли швидкість потоку води стає нижчою за критичну.

Оптимальна швидкість руху води в пісковловлювачах становить близько 0,3 м/с. При такій швидкості важкі частинки діаметром понад 0,2 мм встигають опуститися на дно, тоді як легша органічна фракція залишається у завислому стані.

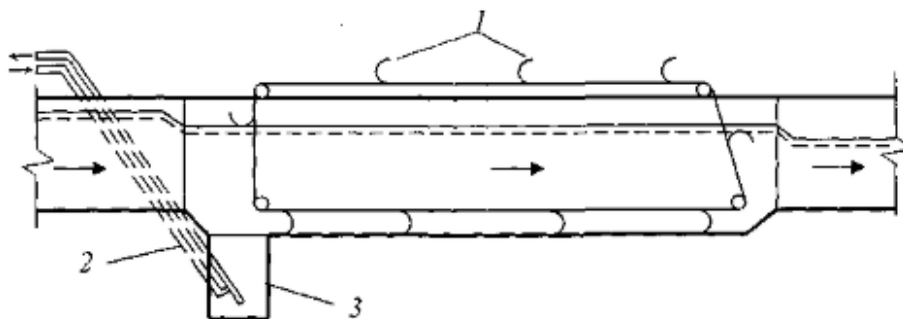


Рис. 2.4. – Горизонтальний піскоуловлювач з прямолінійним рухом води:
1 – ланцюговий скребковий механізм; 2 – гідроелеватор; 3 – бункер.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Осадження дрібнодисперсних суспензій (Первинні відстійники) На відміну від пісковловлювачів, у первинних відстійниках відбувається вилучення дрібніших органічних і мінеральних часток. Процес базується на різниці густин фаз. У даній схемі використовуються радіальні відстійники, де потік рухається від центру до периферії зі значним сповільненням (5–10 мм/с).

Гравітаційне розділення - важчі частинки утворюють сирий осад на дні.

Флотаційний ефект - легші за воду домішки (жири, нафтопродукти) спливають на поверхню, утворюючи шар піни, що видаляється жирозатримувачами.

Ефективність механічної сепарації в радіальних відстійниках дозволяє знизити концентрацію завислих речовин на 50–55%, а показник БСК (біологічне споживання кисню) — на 30–35%, що забезпечує стабільну роботу аеротенків.

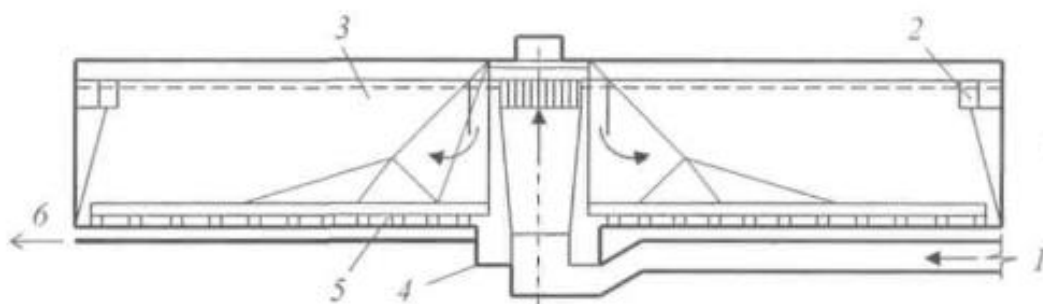


Рис. 2.5. – Радіальний первинний відстійник:

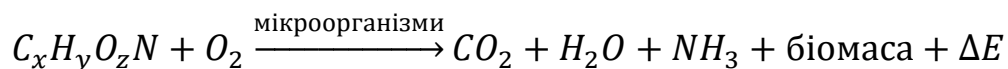
1 – подача стічної води; 2 – збірний лоток; 3 – відстійна зона; 4 – муловий прийомок; 5 – скребковий механізм; 6 – видалення осаду.

2.5.2. Біологічна очистка стічних вод

Біологічне очищення базується на здатності мікроорганізмів (активного мулу та анаеробних бактерій) мінералізувати розчинені органічні сполуки, використовуючи їх як джерело енергії та субстрат для побудови нової біомаси. У даній схемі реалізується комбінований підхід: аеробне окиснення в аеротенках та анаеробна стабілізація осадів у метантенках.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аеробна деструкція органічних сполук (аеротенки). В аеротенках процес протікає при постійній присутності розчиненого кисню, який виступає акцептором електронів. Сумарне рівняння біохімічного окиснення органічного субстрату:



Процес вилучення забруднень є багатостадійним і включає:

- Масопередача та адсорбція: Завдяки високій питомій площі пластівців активного мулу ($\approx 100 \text{ м}^2/\text{г}$ сухої речовини) органічні молекули концентруються на поверхні біоценозу.
- Ферментативний гідроліз: Екзоферменти мікроорганізмів розщеплюють складні полімери до простіших мономерів, здатних дифундувати крізь клітинні мембрани.
- Внутрішньоклітинне окиснення: Відбувається остаточний розпад сполук у циклах катаболізму з виділенням енергії (ΔE) та синтезом нових клітин (конструктивний обмін).

У ТОВ «Білоцерківвода» використовується двосекційний чотирикоридорний аеротенк-витиснювач. Реалізація аеробного процесу у двосекційних чотирикоридорних аеротенках-витиснювачах дозволяє створити градієнт концентрацій субстрату, що оптимізує кінетику біологічного окиснення та забезпечує високу стійкість системи до залпових викидів забруднювачів.

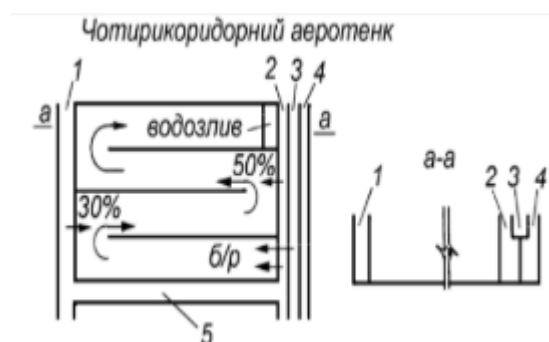


Рис.2.6. – Схема коридорних аеротенків-витиснювачів:

1 - верхній розподільний канал освітлених (у первинних відстійниках) стічних вод; 2 - нижній канал освітлених стічних вод; 3 - канал активного мулу;

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

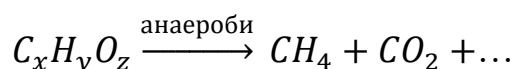
4 - розподільний канал вторинних відстійників; 5 - з'єднувальний (перепускний) канал.

Для підтримки високої швидкості сорбції у двосекційних аеротенках-витиснювачах ТОВ «Білоцерківвода» передбачено рециркуляцію активного мулу (від 25% до 50%), що дозволяє адаптувати систему до коливань концентрації забруднень.

Анаеробна стабілізація осадів (метантенки). Процес розкладу концентрованої органіки в анаеробних умовах (без доступу кисню) є складним мікробіологічним ланцюгом, що складається з двох основних фаз:

1. Кисла фаза — гідроліз високомолекулярних сполук (білків, жирів, вуглеводів) до нижчих жирних кислот, спиртів, H_2 та CO_2 .

2. Лужна(метанова)фаза — трансформація продуктів розпаду метаноутворюючими бактеріями з виділенням біогазу:



Для інтенсифікації процесу на очисних спорудах застосовується термофільний режим ($53^\circ C$). Це дозволяє не лише прискорити розклад органіки у 1,5–2 рази порівняно з мезофільним режимом, а й забезпечити повну дегельмінтизацію та інактивацію патогенної мікрофлори.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

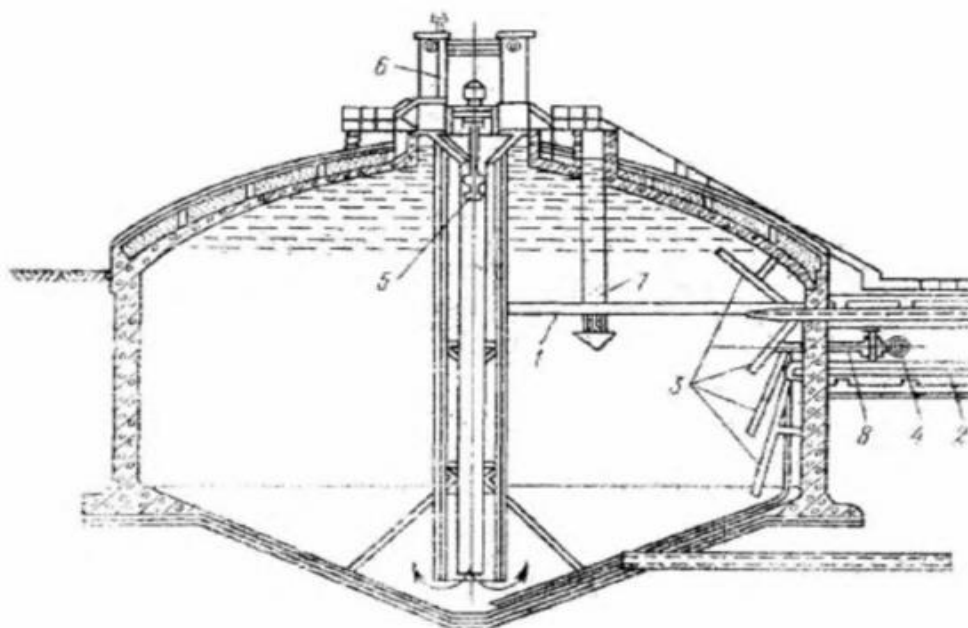


Рис. 2.7. — Метатенк:

1 - трубопровід для загрузки свіжого осаду і активного мулу; 2 - трубопровід для вивантаження збродженого осаду з конусної частини метатенка; 3 - трубопровід для видалення мулової води і вивантаження збродженого осаду з різних горизонтів; 4 - паровий інжектор для підігріву збродженої маси; 5 - пропелерна мішалка; 6 - труба для випуску газу; 7 - переливна труба; 8 - термометр опору

2.5.3. Знезараження стічних вод

Дезінфекція стічних вод є критичним етапом для забезпечення епідеміологічної безпеки водойм. У даній технологічній схемі обрано метод озонування, який є одним із найбільш прогресивних завдяки поєднанню високої бактерицидної дії та екологічності.

Озонування базується на використанні озону (O_3) — алотропної модифікації кисню, що є надзвичайно сильним окиснювачем. У водному середовищі процес дезінфекції відбувається за рахунок прямого окиснення клітинних структур мікроорганізмів або через утворення вільних радикалів (наприклад, $OH\cdot$), що виникають при розпаді озону.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Осносні переваги даного методу полягають в тому що озон ефективніше за хлор інактивує віруси та спорові форми бактерій (у 300–600 разів швидше). Також він являється екологічною альтернативою хлорування, після завершення реакції озон саморозкладається до кисню (O_2), не залишаючи у воді вторинних токсичних забруднень (на відміну від хлорування, де утворюються хлорорганічні сполуки).

Крім знезараження, озон усуває сторонні запахи, прибирає кольоровість води та окиснює залишки заліза.

2.5.4. Обробка осаду

Осад, що утворюється на стадіях механічної та біологічної очистки, є складною полідисперсною системою з високим вмістом органіки (70–85%) та вологи. Процес його обробки у схемі реалізується через послідовні фізико-хімічні перетворення:

1. Гравітаційне ущільнення

Надлишковий активний мул має пористу структуру, що утримує велику кількість води. У мулоущільнювачах відбувається процес гравітаційної седиментації: пластівці мулу зближуються, витісняючи вільну воду. Це дозволяє підвищити концентрацію сухої речовини з 0,5–0,8% до 2–3%, що критично важливо для зменшення навантаження на метантенки та економії енергії на їх підігрів.

2. Анаеробна ферментація (Термофільний режим)

У метантенках відбувається глибока деструкція органічної речовини під дією анаеробних мікроорганізмів. Вибір термофільного режиму (53–55°C) замість мезофільного обґрунтований прискорення кінетики (швидкість розкладу жирів та білків зростає у 1,5–2 рази), санітарною безпекою (при такій температурі відбувається повна дегельмінтизація (загибель яєць гельмінтів)), енергоконверсією (інтенсивне виділення біогазу (суміш CH_4 та CO_2) дозволяє використовувати його для виробництва власної теплової та електричної енергії).

3. Кондиціонування та механічне зневоднення

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для остаточного вилучення вологи осад спрямовується на центрифуги. Оскільки осад має високу водовіддачу, перед центрифугуванням проводиться його реагентна підготовка (кондиціонування), а саме додавання високомолекулярних катіонних поліелектролітів (флокулянтів). Молекули флокулянту адсорбують на собі дрібні частинки мулу, створюючи міцні агрегати (флокули).

Механічний поділ відбувається під дією відцентрових сил у полі прискорень, що в сотні разів перевищують прискорення вільного падіння, відбувається фазове розділення на кек (зневоднений осад, вологість 75–80%) та фугат (освітлена вода, що повертається на початок очисних споруд).

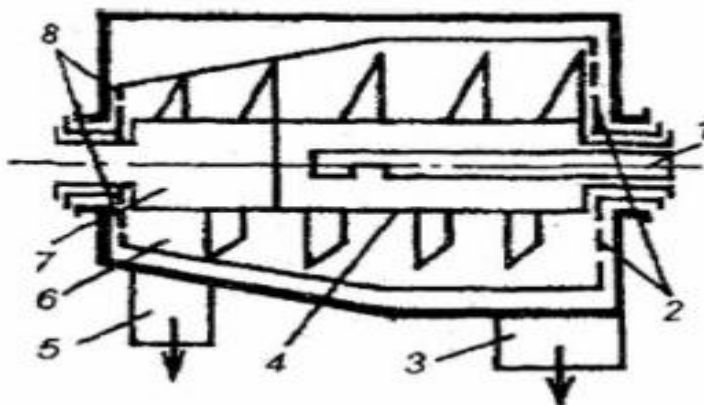


Рис.2.8. — Центрифуга:

1 – трубопровід для подачі осаду; 2 – отвори для вивантаження фугату; 3 – бункер для вивантаження фугату; 4 – отвір для надходження осаду в ротор; 5 – бункер для вивантаження кеку; 6 – ротор; 7 – шнек; 8 – отвори для вивантаження кеку.

Розділ 3. Технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд

3.1 Розрахунок приймальних камер

Обчислюємо об'єм приймальної камери:

$$V = \frac{Q \times t}{24} = \frac{62500 \times 0,5}{24} = 1302,1 \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

Де: Q - витрата стічної води, м³/добу; t - час перебування води в камері, год;

t - час перебування стічної води в камері = 30 хв = 0,5 год;

h - висота камери = 5 м

Площа приймальної камери:

$$F = \frac{V}{H} = \frac{1302,1}{5} = 260,4 \text{ м}^2 \quad (3.2)$$

Ширина і довжина приймальної камери :

$$B = \sqrt{F} = \sqrt{260,4} = 16,1 \approx 16 \text{ м} \quad (3.3)$$

Отже, обираємо приймальну камеру 16000мм×16000мм.

3.2. Розрахунок решіток для потоку стічних вод

Необхідна площа живого перерізу робочих решіток при швидкості течії прорізах решітки $V = 0,8 \text{ м/с}$:

$$w = \frac{q_w}{V} = \frac{0,72}{0,8} = 0,9 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

Де: q_w – витрата стічних вод, м³/с.

При двох робочих решітках площа перерізу кожної:

$$w_1 = \frac{0,9}{2} = 0,45 \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

Кількість прорізів решітки при їх ширині $b = 0,016 \text{ м}$, глибині води перед решіткою $h = 0,85 \text{ м}$:

$$n = 1,05 \times \frac{w_1}{b \times h} = \frac{1,05 \times 0,45}{0,016 \times 0,85} = 35 \text{ шт} \quad (3.6)$$

Виходячи з числа прозорів, загальна ширина решітки буде:

$$B = b \times n + s \times (n - 1) \quad (3.7)$$

$$B = 0,016 \times 35 + 0,008 \times (35 - 1) = 0,83 \text{ м} = 1 \text{ м}$$

Де: s – товщина прута решітки, м (s = 8 мм).

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбираємо решітки типу МГ9Т: дві робочі і одна резервна. Технічна характеристика однієї решітки: розміри каналу 1 x 1,2 м, ширина каналу в місці встановлення решітки 1140 мм, кількість прорізів 39 шт., товщина стержня 8 мм.

Гідравлічний опір решітки визначається за формулою:

$$h_0 = P \times \lambda \times \frac{V^2}{2g} = 3 \times 0,64 \times \frac{0,8^2}{2 \times 9,81} = 0,063 \text{ м} \quad (3.8)$$

Де: P – коефіцієнт, який враховує збільшення гідравлічного опору за рахунок механічних пристроїв для видалення забруднень і самих забруднень, (приблизно рівний 3); V – швидкість руху води, м/с; g - прискорення вільного падіння; λ – коефіцієнт гідравлічного опору, що залежить від форми стержнів, кута нахилу решітки і обчислюється по формулі:

$$\lambda = \beta \times \left(\frac{s}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \times \sin \alpha = 1,72 \times \left(\frac{0,008}{0,016}\right)^{\frac{4}{3}} \times \sin 70 = 0,64 \quad (3.9)$$

Де: β – коефіцієнт, що залежить від форми стержня: для квадратних стержнів – 2,42; для круглих стержнів – 1,72; α - кут нахилу стержнів, 60 – 70°.

3.4. Розрахунок горизонтального піскоуловлювача потоку комунально-побутових стічних вод

Розраховуємо площу перерізу каналу піскоуловлювача, м²:

$$\omega = \frac{q_{max}}{n \cdot V} = \frac{0,9}{2 \cdot 0,25} = 1,8 \text{ м}^2 \quad (3.10)$$

Де: n – число каналів (секцій) піскоуловлювача (n = 2); V - швидкість руху стічних вод, для горизонтальних піскоуловлювачів приймають 0,3 м/с при максимальному притоці та 0,15 м/с при мінімальному; q_{max} - максимальна витрата води, м³/с.

Довжина горизонтального піскоуловлювача:

$$L = K \frac{1000 \cdot H_p}{U_0} V = 2,08 \cdot \frac{1000 \cdot 0,58}{18,7} \cdot 0,25 = 16,17 \text{ м} \quad (3.11)$$

Де: H_p – розрахункова глибина пісколовки, м, приймається по СніП 2.04.03-85; U_0 – гідравлічна крупність піску, мм/с, приймається по СніП 2.04.03-85; K – коефіцієнт, приймається по СніП 2.04.03-85.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо пісковловлювач з такими параметрами: довжина 18 м, робоча глибина 0,58 м, ширина 3м , число відділень 2.

Добовий об'єм піску, що затримується на піскоуловлювачах, м³:

$$W_{\text{п.доб}} = \frac{n \cdot N_{\text{прив}}}{1000} = \frac{0,02 \cdot 222400}{1000} = 4,45 \text{ м}^3 \quad (3.12)$$

Де: n – кількість затриманого піску на 1 люд. за добу;

N_{прив} – приведена кількість населення, люд.

Річний об'єм піску з врахуванням розбавлення водою 1:10 + 1:20:

$$W_{\text{рік}} = W_{\text{п.доб}} \cdot 365 \cdot 20 = 4,45 \cdot 365 \cdot 20 = 32585 \text{ м}^3 \quad (3.13)$$

Корисна площа піскових майданчиків:

$$F_{\text{м}} = \frac{W_{\text{рік}}}{a} = \frac{32585}{3} = 10862 \text{ м}^3 \quad (3.14)$$

де a – завантаження на майданчик – 3 м³/м²

3.5. Розрахунок первинних відстійників для потоку стічних вод

Потрібний ефект освітлення у відсотках:

$$E = \frac{C_{\text{з.п.}} - C_{\text{з.д.}}}{C_{\text{з.д.}}} \cdot 100 = \frac{231,3 - 150}{231,3} \cdot 100 = 35,2 \% \quad (3.15)$$

Обираємо радіальні відстійники, обчислення яких зводиться до визначення діаметру відстійника:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{max}}}{3,6 \cdot n \cdot k \cdot (U_0 - \omega) \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2604,2}{3,6 \cdot 4 \cdot 0,45 \cdot (0,6 - 0,27) \cdot 3,14}} = 39,38 = 40 \text{ м} \quad (3.16)$$

де q_{max} – максимальна витрата води, м³/год; n – число радіальних відстійників; k – коефіцієнт, що враховує повоту використання обсягу відстійника, (k ~ 0,45);

U₀ – гідравлічна крупність осаду; ω - коефіцієнт, що враховує вплив вертикальної турбулентної складової руху води на процес відстоювання;

(ω = (0,03 – 0,05) × V_c);

V_c – швидкість руху води на середині радіуса (5 -10 мм/с).

Обравши V_c = 9 мм/с, обчислюємо:

$$\omega = 0,04 \cdot V_c = 0,03 \cdot 9 = 0,27. \quad (3.17)$$

$$V_c = \frac{D}{2t} = \frac{40}{2 \cdot 1718} = 0,012 \text{ м/с} \quad (3.18)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де t – час перебування води у відстійнику, с ($t = 1718$ с).

Головною умовою до обчислень радіальних відстійників є:

$$m = \frac{D}{H} = \frac{40}{4} = 10 \quad (3.19)$$

де H – висота зони відстоювання ($H = 4$ м).

$$W_{H.O.} \cdot \frac{q \cdot t \cdot (C - m)}{\sigma} = \frac{2604,24 \cdot 2 \cdot (231,3 - 150)}{20000} = 21,17 \text{ м}^3 \quad (3.20)$$

Об'єм зони відстоювання осаду одного відстійника:

$$W_1 = \frac{W_{H.O.}}{n} = \frac{21,17}{2} = 10,57 \quad (3.21)$$

Отже, приймаємо 4 радіальних відстійника діаметром 40м.

3.6. Розрахунок аеротенку

Доза активного мулу згідно таблиці 2.4. становить 3 г/м^3

Розраховуємо питому швидкість окислення ρ :

$$\rho = \rho_{\max} \cdot \left(L_{ex} \cdot \frac{C_o}{L_{ex} \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot L_{ex}} \right) \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i} \quad (3.22)$$

Де: де $\rho_{\max}$ – максимальна швидкість окислення, $\rho_{\max} = 85 \text{ мг/(г} \times \text{год)}$; L_{en} – БПК повн. надходжуваної в аеротенк стічної води, мг/л ; L_{ex} – БПК повн. очищеної стічної води, мг/л ; K_L – константа, що характеризує властивості забруднень, $K_L = 33$; K_o – константа, що характеризує вплив кисню, дорівнює $0,625 \text{ мг O}_2/\text{л}$; φ – коефіцієнт інгібування $\varphi = 0,07 \text{ л/г}$; C_o – концентрація кисню в аеротенку $C_o = 2 \text{ мг/л}$; a_i – доза активного мулу.

$$\rho = 85 \cdot \left(15,36 \cdot \frac{2}{15,36 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15,36} \right) \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 3} = 20,30 \text{ мг/(г} \times \text{год)}$$

Розраховуємо період аерації t_{at} :

$$t_{at} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i \cdot (1 - S) \cdot \rho} = \frac{114,8 - 15,36}{3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 20,30} = 2,33 \text{ год} \quad (3.23)$$

Де S – зольність мулу, дорівнює $0,3$.

Розраховується навантаження на активний мул q_i , $\text{мг БПК повн на 1 г беззольної речовини мулу на добу}$:

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_i \cdot (1 - S) \cdot t_{at}} \quad (3.24)$$

$$q_i = \frac{24 \cdot (114,8 - 15,36)}{3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 2,23} = 351,84 \text{ мг/(г} \times \text{год)}$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ступінь рециркуляції або витрата циркулюючого активного мулу, визначається за формулою:

$$R_i = \frac{a_i}{\left(\frac{1000}{J_i} - a_i\right)} = \frac{3}{\left(\frac{1000}{93,07} - 3\right)} = 0,387 \quad (3.25)$$

Де: a_i – доза активного мулу; J_i – значення мулового індексу $\text{см}^3/\text{г}$, приймається залежно від навантаження на мул q_i , $\text{мг}/(\text{г} \cdot \text{добу})$

$$J_i = 80 + \frac{95-80}{500-400} \cdot (487,1 - 400) = 93,07 \text{ см}^3/\text{г}$$

Розраховане значення R_i повинне бути не менше 0,3 для відстійників з мулососами, отже отримане значення задовольняє мінімальні вимоги.

Визначимо об'єм аеротенка W_{at} :

$$W_{at} = t_{at} \cdot q_w = 2,33 \cdot 2604,2 = 6067,8 \text{ м}^3 \quad (3.26)$$

q_w — розрахункова годинна витрата стічних вод $\text{м}^3/\text{год}$.

При добовій витраті води понад 50000 $\text{м}^3/\text{добу}$, кількість паралельних секцій аеротенку n_{at} повинна становити від 6 до 8.

Приймається типовий проєкт 902-2-217/218 аеротенка-змішувача, який складається з 7 секцій, та має наступні геометричні характеристики:

Робочий об'єм однієї секції: 1296 м^3

Кількість коридорів (mat): 2

Ширина коридору (Bat): 4м

Робоча глибина (Hat): 4,5м

Довжина секції (lat): 36м

Фактичний загальний об'єм спроектованої споруди складатиме:

$$W_{\text{факт}} = n_{at} \cdot W_{\text{сек}} = 7 \cdot 1296 = 9072 \text{ м}^3 \quad (3.27)$$

Даний об'єм перевищує мінімально необхідний ($6067,8 \text{ м}^3$), що створює технологічний резерв для стабільної роботи системи при пікових навантаженнях.

Приріст активного мулу в аеротенках, $\text{г}/\text{м}^3$, який поступає на обробку визначаємо за формулою:

$$P_i = 0,8 \cdot C_{\text{сdp}} + K_g \cdot L_{\text{en}} \quad (3.28)$$

$$P_i = 0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 153 = 120 + 45,9 = 165,9 \text{ г}/\text{м}^3$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C_{cdp} – концентрація завислих речовин у стічній воді, яка надходить до аеротенку, г/м³ (не більше 150 мг/л);

K_g – коефіцієнт приросту, для міських стічних вод і близьких до них по складу виробничих стічних вод дорівнює 0,3;

L_{en} – значення БПК_{повн} у стічних водах, які надходять на біологічне очищення до аеротенку (з урахуванням зниження БПК_{повн} при первинному відстоюванні), г/м³;

Кількість осаду, що відводиться з вторинних відстійників:

$$M_{\text{сух}} = \frac{[0,8C(1-E) + \alpha L_a - b]Q}{10^6} \quad (3.29)$$

$$M_{\text{сух}} = \frac{[0,8 \cdot 231,3(1-0,35) + 0,4 \cdot 114,8 - 15]62500}{10^6} = 9,45 \text{ т/добу}$$

Об'єм надлишкового активного мулу у вторинних відстійниках:

$$V_{\text{надл.мул}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100-P) \cdot \rho_{\text{сух}}} = \frac{100 \cdot 9,45}{(100-99,2) \cdot 1} = 1181,25 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (3.30)$$

3.7. Розрахунок вторинних відстійників

У вторинні відстійники поступає постійна концентрація суміші очищених стічних вод та активного мулу. Необхідний час для видалення останнього є основним при розрахунках вторинних відстійників. Приймаємо радіальний відстійник.

Визначимо гідравлічне навантаження:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot K_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_i \cdot \alpha_i)^{0,5-0,01 \cdot \alpha_i}} \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год} \quad (3.31)$$

Де: K_{ss} - коефіцієнт використання об'єму зони відстоювання: для радіальних відстійників дорівнює 0,4; J_i – муловий індекс, см³/г; α_i - концентрація активного мулу в аеротенку, г/дм³ ; H_{set} – глибина проточної частини у відстійнику, м.

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 5^{0,8}}{(0,1 \cdot 93,07 \cdot 3)^{0,5-0,01 \cdot 3}} = 1,396 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год}$$

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою, м²:

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{відст}} = \frac{q_w}{q} = \frac{2604,2}{1,396} = 1865,47 \text{ м}^2 \quad (3.32)$$

Площа одного відстійника дорівнює, м²:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.33)$$

Де: D - діаметр відстійника, м (приймають 18, 24, 30 або 40 м)

Нехай D = 30, тоді :

$$F_1 = \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} = 706,5 \text{ м}^2$$

Кількість відстійників розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{відст}}}{F_1} = \frac{1865,47}{706,5} = 2,64 = 3 \quad (3.34)$$

Отже, приймаємо 3 радіальних відстійника діаметром 30 м.

3.8. Розрахунок мулоушільювачів

Розрахунок мулоушільнювачів виконують на максимальний годинний приплив надлишкового активного мулу за формулою:

$$Q_{\text{муд.а}} = \frac{P_{\text{max}} \cdot q_{\text{max}}}{c \cdot 10^3} = \frac{196,17 \cdot 62500}{24 \cdot 3000} = 170,29 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.35)$$

де q_{max} – максимальна годинна витрата стічних вод, м³/год;

P_{max} – максимальний годинний приріст надлишкового активного мулу, визначається за формулою г/л;

$$P_{\text{max}} = K_M (P_i - \varphi) = 1,3 \cdot (165,9 - 15) = 196,17 \text{ г/м}^3 \quad (3.36)$$

Де: $K_M = 1,15-1,2$ – коефіцієнт місячної нерівномірності приросту мулу,

c – концентрація надлишкового активного мулу, дорівнює дозі мулу в регенераторі: $c = a_r = 4-8$ г/л;

φ – винесення активного мулу відстійників у водойму, $\varphi = C_{\text{ex}}$, приймають відповідно до розрахунку необхідного ступеня очищення, але не менше 10 мг/л.

P_i – приріст активного мулу (165,9 г/м³)

Необхідний об'єм мулоушільнювача, м³

$$W = Q_{\text{муд.а}} \cdot T = 170,29 \cdot 8 = 1362,32 \text{ м}^3 \quad (3.37)$$

де T – тривалість ущільнення, (приймаємо 8 годин)

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як ущільнювачі приймаємо вторинні радіальні відстійники діаметром 18 м з об'ємом зони відстоювання одного відстійника $W_{з.о.} = 788 \text{ м}^3$ і об'ємом мулової зони $W_{мул.} = 160 \text{ м}^3$

Кількість мулоущільнювачів :

$$n = \frac{W}{W_{з.о.}} = \frac{1362,32}{788} = 1,71 \quad (3.38)$$

Приймаємо 2 мулоущільнювачі.

Навантаження на дзеркало мулоущільнювача, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$:

$$q_0 = \frac{Q_{муд.а}}{n \cdot \pi \cdot R^2}, \quad (3.39)$$

де R – радіус відстійника, м.

$$q_0 = \frac{170,29}{2 \cdot 3,14 \cdot 18^2} = 0,33 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$$

Навантаження знаходиться в межах припустимого для радіальних мулоущільнювачів ($q_0 = 0,2-0,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$).

Обираємо типовий радіальний відстійник діаметром 18м (проект 902-2-87/76) у ролі мулоущільнювача. Конструктивні параметри обраного мулоущільнювача:

Діаметр резервуара ($D_{від.}$): 18м

Загальна глибина (H): 3,7м

Глибина проточної частини (H_{set}): 3,1м

Висота мулової зони: 0,6 м

Об'єм проточної (робочої) зони (W_{set}): 788 м^3

Об'єм мулової зони: 160 м^3

Діаметр підвідного трубопроводу: 800мм

Діаметр відвідного трубопроводу: 500мм

3.9. Розрахунок метантенків

Приймаємо термофільний режим зброджування, за якого повністю знищуються яйця гельмінтів, що знаходяться в осаді. Температура зброджування $53 \text{ }^\circ\text{C}$. Добова доза завантаження осаду в метантенки при вологості осаду 96 % приймається $D_{mt} = 18 \%$.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді об'єм метантенків дорівнюватиме:

$$W_{mt} = \frac{W_{сух} \cdot 100}{D_{mt}} = \frac{437,99 \cdot 100}{18} = 2433,28 \text{ м}^3 \quad (3.40)$$

Для обробки осаду приймаємо 1 метантенк; корисний об'єм одного резервуара 2500 м³.

Сумарний об'єм метантенків при цьому буде трохи більше потрібного, у зв'язку із цим фактична доза завантаження знизиться до значення:

$$D_{mt} = \frac{W_{сух} \cdot 100}{n \cdot W_{mt}} = \frac{437,99 \cdot 100}{2 \cdot 2500} = 8,75\% \quad (3.41)$$

Максимально можливе зброджування беззольної речовини завантаженого осаду R_{lim} , % визначаємо за формулою:

$$R_{lim} = \frac{a_o \cdot M_{mud}^{бз} + a_{mul} \cdot M_{muda}^{бз}}{M_{сум}^{бз}} = \frac{53 \cdot 3,38 + 44 \cdot 6,28}{9,66} = 47,15\% \quad (3.42)$$

Тоді розпад беззольної речовини R_r , %, завантаженого осаду залежно від дози завантаження розраховуємо за формулою:

$$R_r = R_{lim} - K_r \cdot D_{mt} = 47,15 - 0,24 \cdot 8,75 = 45,05\% \quad (3.43)$$

Значення $K_r = 0,24$

Кількість газу, отриманого при зброджуванні приймаємо 1 г на 1 г беззольної речовини завантажуваного осаду, що розпалася.

Для зберігання газу передбачаються мокрі газгольдери, місткість яких розраховується на 2–4-годинний вихід газу; тиск газу під ковпаком 1,5–2,5 кПа (150–250 мм вод. ст.).

Сумарний вихід газу = 3574,2 м³

Тоді, місткість газгольдерів розраховуємо за формулою:

$$W_r = \frac{\Gamma \cdot t}{24} = \frac{3574,2 \cdot 3}{24} = 446,77 \text{ м}^3 \quad (3.44)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо один типовий газгольдер 7-07-03/66 об'ємом 600 м³
Конструктивні параметри обраного газгольтера наступні:

Номінальний об'єм: 600 м³.

Внутрішній діаметр резервуара: 11 480 мм.

Внутрішній діаметр купола: 10 680 мм.

Загальна висота газгольдера: 15 400 мм.

Висота резервуара: 7 390 мм.

Висота купола: 7 610 мм.

Витрата металу на конструкцію: 41,4 т.

3.10. Розрахунок центрифуг

Розрахуємо годинну витрату осаду:

$$Q_t^{oc} = \frac{V_3}{t} = \frac{437,99}{20} = 21,9 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.45)$$

Де: V_3 — добова кількість осаду, що подається на обробку, м³/добу;
 t — час роботи цеху протягом доби, год.

При кількості осаду 21,9 м³/год приймаємо центрифуги типу ОГШ ОГШ-501К-10 – 1 робоча і 1 резервна. Обрана центрифуга ОГШ-501К-10 має діаметр ротора 500 мм та довжину ротора 2585 мм.

Об'єм кеку:

$$V_k = \frac{M_{сух}^{збр} \cdot E_{сух}}{\gamma_k \cdot (100 - B_k)}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (3.46)$$

$$V_k = \frac{9,99 \cdot 95}{1 \cdot (100 - 75)} = 37,96 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Де: $E_{сух}$ — ефект затримання сухої речовини осаду в центрифугах, що працюють з флокулянтом, приймається 90-95% ; γ_k — щільність кека, приймається 1 т/м³; B_k - вологість кека, приймається 70–75 % для сирого осаду при зневодненні з флокулянтами.

Кількість фугату:

$$Q_f = V_3 - V_k = 437,99 - 37,96 = 400,03 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (3.47)$$

Маса сухої речовини у фугаті:

$$M_{сух}^{фуг} = M_{сух}^{збр} - \frac{M_{сух}^{збр} \cdot E_{сух}}{100} = 9,99 - \frac{9,99 \cdot 95}{100} = 0,50 \text{ т/добу} \quad (3.48)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Концентрація завислих речовин з урахуванням фугату:

$$C_{\phi} = C + \frac{M_{\text{фуг}}^{\text{сух}} \cdot 10^6}{Q + Q_{\phi}} = 165 + \frac{0,50 \cdot 10^6}{62500 + 400,03} = 172,95 \text{ мг/л} \quad (3.49)$$

$172,95 - 165 = 7,95 \text{ мг/л} < 40 \text{ мг/л}$, у такому разі повний перерахунок відстійників робити не обов'язково.

Витрата флокулянту:

$$M_{\text{флок}} = M_{\text{сух}}^{\text{збр}} \cdot D_{\text{флок}} = 9,99 \cdot 5 = 49,95 \text{ кг/добу} \quad (3.50)$$

Де: $D_{\text{флок}}$ - доза катіонного флокулянту (приймається 2–7 кг/т сухої речовини осаду)

Розрахуємо годинну витрату флокулянта під час роботи цеху:

$$M_{\text{флок.год}} = \frac{M_{\text{флок}}}{t} = \frac{49,95}{20} = 2,5 \text{ кг/год} \quad (3.51)$$

Річна потреба у реагенті:

$$M_{\text{флок.рік}} = \frac{M_{\text{флок}} \cdot 360}{1000} = \frac{49,95 \cdot 360}{1000} = 18,23 \text{ т/рік} \quad (3.52)$$

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. План розміщення очисних споруд

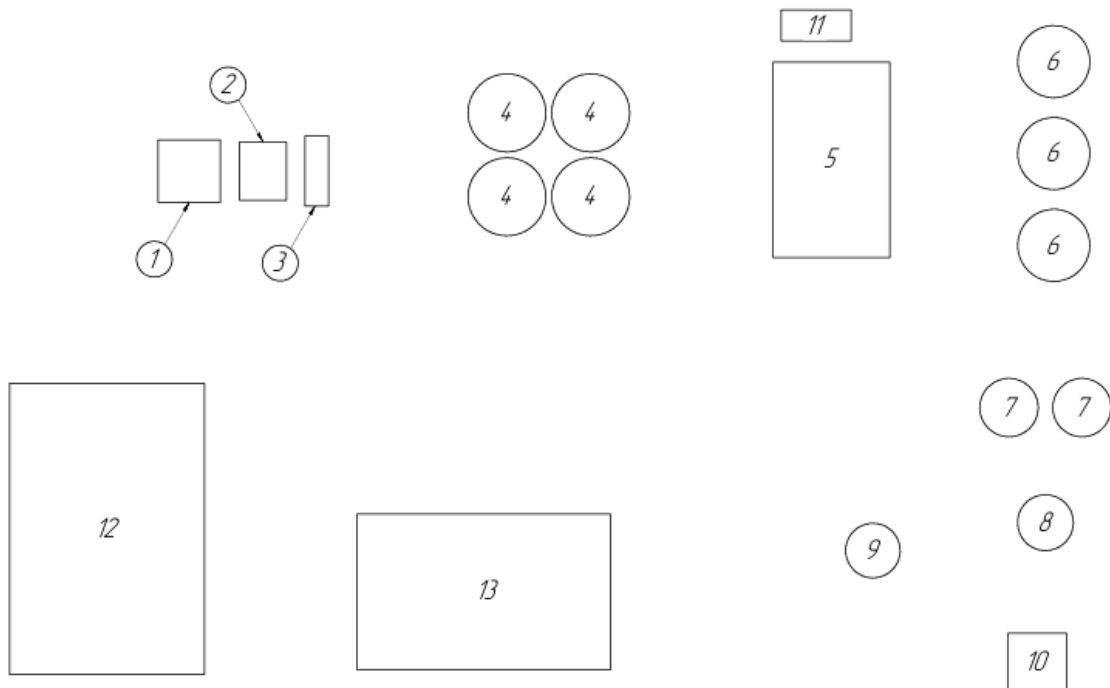


Рис.4.1 – План розміщення очисних споруд

1 - приймальна камера, 2 - решітки, 3- пісковловлювач, 4- первинні відстійники, 5 – аеротенк; 6 – вторинні відстійники; 7 – мулоущільнювач; 8 – метантенк; 9– газгольдер; 10- центрифуга, 11 – компресорна станція; 12 – піскові майданчики; 13 – мулові майданчики.

Компонування споруд виконано за функціонально-технологічним принципом, що забезпечує найкоротші шляхи руху стічної води та осаду.

Приймальна камера, решітки, пісковловлювач розміщений у найвищій точці рельєфу для забезпечення подальшого самопливного руху води.

Первинні відстійники, аеротенк та вторинні відстійники згруповані у центральній частині майданчика.

Метантенк, ущільнювачі, цех механічного зневоднення з центрифугами та мулові майданчики винесені в окрему зону з підвітреної сторони.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При компонуванні споруд дотримано нормативні санітарні та протипожежні розриви (відповідно до ДБН), що забезпечує можливість вільного проїзду обслуговуючої техніки та прокладання підземних інженерних мереж.

4.2. Профіль руху води та активного мулу

Профіль руху води є графічним відображенням зміни висотного положення рівнів рідини в процесі її очищення. Його розробка базується на принципі поступового зниження п'єзометричних відміток, що дозволяє забезпечити стабільний самоплинний режим транспортування стічної води по всій технологічній лінії — від приймальної камери до випуску у водойму.

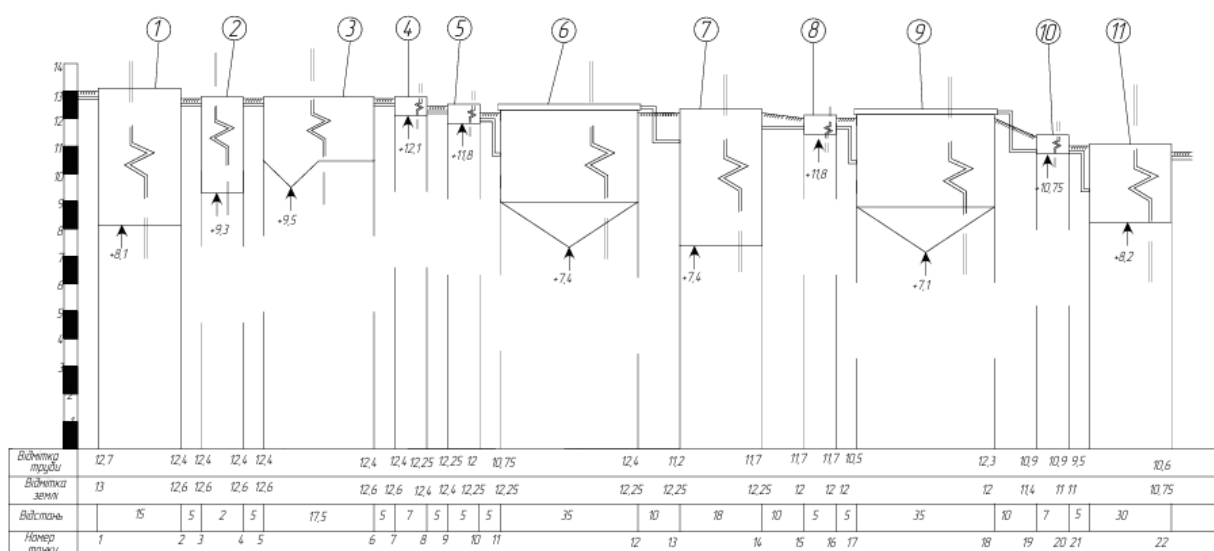


Рис. 4.2. — Профіль руху води

Для реалізації самопливу геометричне положення кожної наступної споруди розраховано з урахуванням гідравлічних втрат напорі на тертя в трубопроводах та місцеві опори.

Процес починається з приймальної камери (відм. 12,70), після чого вода проходить через решітки та пісковловлювачі, де сумарні втрати складають 20–30 см.

При переході до блоку біологічної очистки передбачено найбільш суттєвий перепад висот (до 0,8–1,2 м). Це необхідно для подолання опору розподільчих пристроїв та забезпечення гідравлічного переливу між ємностями. Кінцеве

зниження рівня в контактних резервуарах (до відмітки 10,60) гарантує надійне відведення очищеної води навіть за умови підйому рівня у водоймі-приймачі.

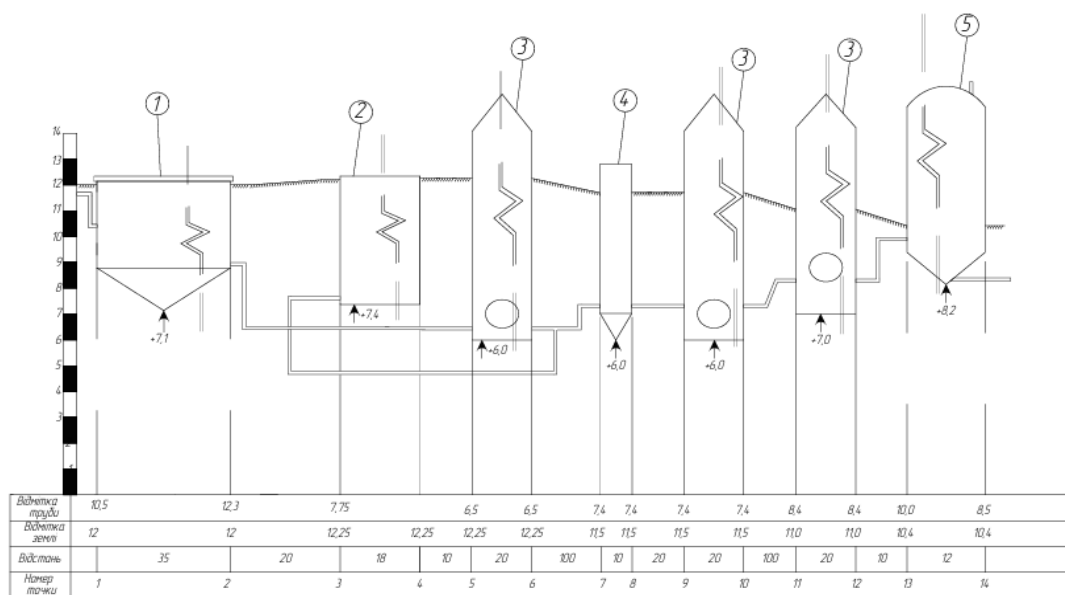


Рис. 4.2. — Профіль руху активного мулу

На відміну від основної лінії води, рух активного мулу має циклічний характер.

Поворотний активний мул збирається у нижній частині вторинних відстійників і під дією гідростатичного тиску спрямовується до насосної станції. Там він піднімається на необхідну висоту для подачі в голову аеротенків, що забезпечує підтримку необхідної концентрації біоценозу.

Надлишковий мул та сирий осад з первинних відстійників виводяться на лінію стабілізації (метантенки), де зміна рівнів також оптимізована для мінімізації механічного перекачування там, де це дозволяє рельєф та конструкція споруд.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід’ємною складовою проектування та експлуатації сучасних комплексів очисних споруд. У системі житлово-комунального господарства, зокрема на об’єктах водопровідно-каналізаційного господарства, створення безпечних умов роботи є критично важливим через специфіку виробничого процесу.

Метою цього розділу є аналіз потенційних небезпек та розробка заходів із забезпечення безпеки праці під час реалізації проекту модернізації системи очищення комунально-побутових стічних вод м. Біла Церква.

Актуальність питань охорони праці в межах даної дипломної роботи обумовлена тим, що процеси очищення стічних вод супроводжуються низкою шкідливих та небезпечних факторів:

1. Хімічні чинники: робота з реагентами для коагуляції та знезараження.
2. Біологічні чинники: контакт із патогенними мікроорганізмами, що містяться у стічних водах та осадах.
3. Фізичні чинники: підвищений рівень шуму та вібрації від насосного обладнання, ризик ураження електричним струмом, робота в заглиблених приміщеннях та резервуарах (закриті простори).

Модернізація системи очищення на ТОВ «Білоцерківвода» передбачає впровадження нового обладнання та автоматизацію процесів, що дозволяє мінімізувати безпосередній контакт персоналу зі шкідливим середовищем, проте вимагає суворого дотримання вимог Закону України «Про охорону праці»^[11], Закону України «Про питну воду та питне водопостачання»^[15] та відповідних галузевих нормативів (зокрема НПАОП 41.0-1.01-79 «Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених місць»^[12]).

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1. Хімічна безпека

Забезпечення хімічної безпеки на очисних спорудах є пріоритетним завданням, оскільки технологічний процес передбачає використання агресивних та токсичних речовин (коагулянтів, флокулянтів, розчинів хлору, кислот та лугів). Відповідно до Закону України «Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією», на підприємстві впроваджується комплекс заходів, спрямованих на запобігання негативному впливу хімічних факторів на здоров'я працівників та навколишнє середовище.

1. Технічні та проектні заходи безпеки

Вимоги до влаштування об'єктів, де використовуються реагенти, регламентуються ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди»^[13]. Згідно з цим нормативом, при роботі з реагентами забезпечуються наступні умови:

— Герметизація систем: Усі процеси приготування, транспортування та дозування робочих розчинів мають бути максимально автоматизовані та закриті. Трубопроводи повинні виконуватися з матеріалів, стійких до корозійного впливу конкретного реагенту.

— Складське господарство: Зберігання хімічних речовин здійснюється в ізольованих приміщеннях з хімічно стійким покриттям підлоги та облаштованими бортиками (піддонами), ємність яких відповідає об'єму найбільшого резервуара на випадок аварійного розливу.

— Аварійні системи: У приміщеннях реагентного господарства обов'язково передбачаються пристрої для екстреного промивання очей та тіла (аварійні душі, гідранти), підключені до мережі господарсько-питного водопроводу.

2. Контроль повітряного середовища та вентиляція

Для запобігання перевищенню гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у зоні дихання персоналу, здійснюється систематичний

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моніторинг повітря згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»^[14] та відповідними гігієнічними регламентами.

— Періодичність контролю: Лабораторні вимірювання вмісту газів та пари реагентів у повітрі проводяться згідно з графіком, затвердженим керівництвом, а також у випадках розгерметизації обладнання.

— Вентиляційні системи: Відповідно до вимог ДСанПіН, приміщення обладнуються загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією. У місцях можливого найбільшого виділення шкідливих речовин (вузли завантаження, відкриті ємності) встановлюються місцеві відсмоктувачі.

3. Організаційні заходи та використання ЗІЗ

Робота з небезпечними хімічними речовинами допускається лише після проходження працівниками вступного та первинного інструктажів, а також спеціального навчання з питань охорони праці.

— Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Згідно з нормами видачі спеціального одягу, персонал забезпечується наступними засобами:

— Захист органів дихання: Респіратори відповідної марки (А, В, Е, К, Р) або протигази при високих концентраціях, зокрема протигази (повнолицьові маски): 3М серії 6000 (Full Face) з фільтрами 3М 6059 (клас АВЕК1) або Dräger X-plore 5500 з комбінованими фільтрами A2B2E2K2 Hg P3 R D, універсальним є застосування комбінованих фільтрів типу АВЕК-Р3.

— Захист очей та обличчя: Герметичні окуляри або захисні щитки для запобігання потраплянню бризок агресивних рідин.

— Захист шкіри: Спецодяг з прогумованих тканин або спеціальних полімерів, гумові чоботи та рукавиці, стійкі до дії кислот і лугів.

4. Заходи при аварійних ситуаціях

У разі розливу хімічних реагентів необхідно негайно обмежити доступ сторонніх осіб до небезпечної зони. Нейтралізація розлитих речовин проводиться згідно з технологічними картами (наприклад, використання соди для нейтралізації кислот або гіпосульфиту натрію для дегазації хлору). Усі дії персоналу під час

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ліквідації наслідків повинні чітко відповідати ПЛАС (плану локалізації та ліквідації аварійних ситуацій).

5.2. Пожежна безпека

Технологічний цикл очищення стічних вод включає низку об'єктів, що характеризуються високим рівнем пожежної небезпеки. Відповідно до вимог Закону України «Про пожежну безпеку» та положень НАПБ А.01.001-2014^[15], на таких підприємствах передбачається впровадження системних організаційних та інженерно-технічних рішень для запобігання надзвичайним ситуаціям.

До ділянок із найбільш високим ризиком виникнення пожежі чи вибуху належать:

— вузол озонування, де через високу окиснювальну здатність озону існує ймовірність формування вибухонебезпечних сумішей у разі взаємодії з леткими органічними компонентами;

— споруди метантенків, де внаслідок розгерметизації технологічного контуру можливе утворення критичних концентрацій метану, схильних до займання;

— цех механічного зневоднення осаду, де тертя та перегрів рухомих частин обладнання можуть ініціювати тління органічної маси.

Зважаючи на властивості озону та метану створювати вибухонебезпечні газоповітряні суміші, проектування та подальша робота цих підрозділів мають базуватися на методології ДСТУ EN 1127-1:2014^[16]. Даний стандарт регламентує превентивні заходи та технічні засоби захисту від вибухів у таких середовищах.

Особливий режим безпеки встановлюється для систем генерації та транспортування метану. Ризики, пов'язані з витокм газу через дефекти магістралей або запірної арматури, вимагають суворого дотримання норм ДСТУ EN 1127-1:2014^[16]. Це передбачає регулярний інструментальний контроль щільності з'єднань, а також обов'язкове встановлення автоматичних систем газового аналізу та аварійного оповіщення в робочих зонах.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для мінімізації ризику ініціювання вибуху в зонах озонації та бродіння осаду, електрообладнання підбирається у вибухозахищеному виконанні відповідно до ДСТУ EN 60079-14:2019. Усі металеві конструкції та трубопроводи підлягають обов'язковому заземленню для запобігання накопиченню статичної електрики, що є одним із критичних джерел запалювання за методологією ДСТУ EN 1127-1:2020.

Захист виробничих приміщень від пожежі забезпечується комбінованою системою водопостачання. Внутрішнє пожежогасіння (кран-комплекти) регламентується вимогами ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація». Зовнішнє протипожежне водопостачання, включаючи розміщення пожежних гідрантів на території очисних споруд, здійснюється згідно з ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди».

Для локалізації пожеж на ранніх стадіях у приміщеннях з високою концентрацією електрообладнання та автоматики (блоки керування озонаторами, насосні агрегати) передбачається використання вуглекислотних вогнегасників типу ВВК. Такий вибір дозволяє ефективно гасити пожежі класу Е без пошкодження вартісної електронної бази модернізованої системи.

Завершальним етапом забезпечення пожежної безпеки є організаційні заходи: розробка планів евакуації, встановлення знаків безпеки згідно з ДСТУ ISO 7010:2019 та проведення регулярних інструктажів персоналу щодо дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

5.3. Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Акустичне забруднення

У процесі експлуатації та модернізації споруд очищення стічних вод м. Біла Церква одним із провідних шкідливих фізичних факторів є підвищений рівень шуму. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»^[17], тривалий вплив акустичних коливань, що перевищують допустимі межі, класифікується як фактор, що зумовлює значне фізіологічне та психологічне навантаження на організм працівника.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними джерелами акустичного забруднення на очисних спорудах є механічне обладнання, що працює в безперервному режимі. Згідно з вимогами ДСН 3.3.6.037-99, гранично допустимий рівень (ГДР) шуму для робочих місць у виробничих приміщеннях (машинні зали насосних станцій, компресорні) не повинен перевищувати 80 дБА.

Проте, специфіка об'єкту (Білоцерківський водоканал) передбачає експлуатацію наступного обладнання, де рівні звукового тиску можуть сягати 90-105 дБА:

— Повітродувні станції: генерують аеродинамічний шум високої інтенсивності, що виникає при нагнітанні повітря для аеротенків.

— Насосні агрегати: джерела механічного шуму та вібрації, що передаються будівельними конструкціями.

— Установки зневоднення осаду та мішалки: створюють широкосмуговий шум під час механічного впливу на стічні води та осад.

Систематичне перевищення рівнів, регламентованих ДСН 3.3.6.037-99, призводить до зниження працездатності, розладів серцево-судинної системи та професійної приглухуватості. Особлива небезпека полягає у «шумовій втомі», яка знижує концентрацію уваги операторів, що в умовах складного технологічного циклу очищення стоків може стати причиною техногенних помилок або аварійних ситуацій.

Для досягнення відповідності умов праці стандартам ДСН 3.3.6.037-99 при модернізації системи передбачено наступну стратегію захисту:

1. Технічні заходи (захист у джерелі):

— При заміні застарілих агрегатів пріоритет надається обладнанню з низькими шумо-вібраційними характеристиками, що підтверджується сертифікатами відповідності.

— Застосування звукоізоляційних кожухів та кабін, що дозволяють знизити рівень звукового тиску на 15–20 дБ, наближаючи його до вимог ДСН 3.3.6.037-99.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— Встановлення глушників шуму на всмоктувальних та нагнітальних патрубках повітродувок.

2. Будівельно-акустичні заходи:

— Облицювання стін та стелі машинних залів звукопоглинальними матеріалами.

— Віброізоляція фундаментів під динамічне обладнання для виключення трансформації вібрації в акустичні коливання.

3. Організаційні та колективні заходи:

— Проведення періодичного інструментального контролю рівнів шуму лабораторіями, акредитованими на відповідність ДСН 3.3.6.037-99.

— Зонування території: виділення зон з рівнем шуму понад 80 дБА спеціальними знаками безпеки та обмеження часу перебування в них персоналу («захист часом»).

4. Індивідуальний захист:

У випадках, де технічно неможливо знизити шум до нормативного, працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту (навушники, вкладиші), ефективність яких повинна компенсувати різницю між фактичним рівнем та ГДР за ДСН 3.3.6.037-99.

Впровадження сучасного малошумного обладнання в рамках модернізації дозволить суттєво знизити загальний фоновий рівень акустичного забруднення на підприємстві та забезпечити відповідність умов праці чинним санітарним нормам.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті було проведено комплексне дослідження та розроблено заходи з модернізації системи очищення комунально-побутових стічних вод м. Біла Церква. За результатами роботи можна зробити наступні висновки:

Встановлено, що існуюча система очищення ТОВ «БІЛОЦЕРКІВВОДА» працює в умовах значного антропогенного навантаження (витрата води $62500\text{ м}^3/\text{добу}$) та потребує модернізації через зношеність мереж і недостатню ефективність видалення фосфатів та органіки.

Розрахунки параметрів змішування та розбавлення показали, що фактичні концентрації забруднювачів перевищують гранично допустимі скиди (ГДС). Для досягнення нормативної якості води необхідний ступінь очищення за завислими речовинами має становити 87%, а за БСК — 89,96%.

Запропоновано впровадження зон анаеробної та аеробної денітрифікації в аеротенках, що дозволить ефективно видаляти сполуки азоту та фосфору. Одним із ключових рішень проєкту є перехід до енергоефективної обробки осадів. Впровадження метантенку для анаеробного зброджування (2500 м^3) дозволить не лише стабілізувати осад, а й отримувати біогаз ($3574,2\text{ м}^3/\text{кг}$) як відновлюване джерело енергії. Використання центрифуг забезпечує ефективне механічне зневоднення, зменшуючи об'єм осаду до $37,96\text{ т/добу}$.

Виконано розрахунок основних споруд очисних споруд. Побудовано гідравлічні профілі, які підтверджують можливість самотісного руху стічної води від приймальної камери (відм. 12,70) до випуску (відм. 10,60), що мінімізує витрати на перекачування.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Правил прийняття стічних вод до системи централізованого водопостачання м. Біла Церква від 31.10.2019.
2. Труби, фасонні деталі, арматура та обладнання систем зовнішнього водопостачання і каналізації : довідковий посібник / М. І. Колотило, І. В. Корінько, І. Л. Копелевич та ін. ; за заг. ред. М. І. Колотила. — Харків : Митець, 2004. 83с.
3. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» (Модуль 2. Очищення стічних вод) : для студ. 4 курсу денної та 5 курсу заоч. форм навчання напрямів підготов. 6.060101 «Будівництво» (спец. «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» / Т. С. Айрапетян ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. — Харків : ХНУМГ, 2014. 115 с.
4. Березовська Л. В. Рациональное природокористування та охорона довкілля. Очищення побутових стічних вод: споруди та обладнання водовідведення : конспект лекцій з дисципліни для студ. IV курсу ден. форми навчання спец. 101 Екологія / Л. В. Березовська ; М-во освіти і науки України, Коледж нафтогаз. технологій, інженерії та інфраструктури сервісу Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса : [б. в.], 2018. 121 с.
5. Калюжний А. П. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Малі очищувальні споруди» для студентів спеціальностей 7.06010108, 8.06010108 «Рациональное використання і охорона водних ресурсів» (освітньо-кваліфікаційний рівень – спеціаліст, магістр) усіх форм навчання / А. П. Калюжний, К. О. Чаленко. — Полтава : ПолтНТУ, 2012. 83 с.
6. Фізико-хімічні та біологічні методи очистки стічних вод : навч. посіб. / С. М. Епоян, Р. І. Назарова, Л. П. Снагощенко [та ін.]. — Харків : ХНУБА, 2012. 296 с.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с.
8. Гомеля М. Д., Радовенчик В. М., Шаблій Т. О. Основи проектування очисних споруд : навч. посіб. Київ, 2013. 181 с.
9. Методичні рекомендації до практичних занять та самостійного вивчення з навчальної дисципліни «Очисні споруди водовідведення» (для студентів скороченого терміну навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізація (освітня програма) «Цивільна інженерія (Водопостачання та водовідведення)») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 57 с.
10. Методичні рекомендації до проведення практичних занять, самостійного вивчення та виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Процеси та обладнання для обробки осадів» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітня програма «Водопостачання та водовідведення») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Т. С. Айрапетян. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 86 с.
11. Закону України «Про охорону праці».
12. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання».
13. "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування" ДБН В.2.5-75:2013.
14. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042-99.
15. Наказ від 30.12.2014 № 1417 Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні.
16. Наказ від 29.12.2014 № 1479 Про прийняття європейських стандартів як національних стандартів України, скасування національних стандартів України та міждержавних стандартів в Україні.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17.Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН
3.3.6.037-99.

					ДП з2103.00.26 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіль- кість	Приміт ка
				<u>Документація</u>		
				<u>Технологічна схема</u>		
		1		Приймальна камера	1	
А1		2		Решітки	1	
		3		Контейнер для покидьків	1	
		4		Пісковловлювач	1	
		5		Розподільна камера	1	
		6		Первинні відстійники	2	
		7		Приймальна камера осаду	1	
		8		Приймальна камера освітленої води	1	
		9		Аеротенк	1	
		10		Розподільна камера	1	
		11		Вторинні відстійники	2	
		12		Приймальна камера акт. мулу	1	
		13		Приймальна камера освітленої води	1	
		14		Піскові майданчики	1	
		15		Компресорна станція	1	
		16		Метантенк	1	
		17		Ущільнювач мулу	1	
		18		Озонаторна установка	1	
		19		Камера озонування	1	
		20		Окислювальний канал	1	
		21		Установка по зневодненню осаду	1	
		22		Витратний бак флокулянту	1	
				ДП 32103.02.26 ТХ		
Зм.	Арк.	№ докум..	Підпис	Дата	Експлікація до технологічної схеми	
Розроб.		Ткаченко Є.А.				
Перев.		Оверченко Т.А.				
Н.контр.						
Затв.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Гр. ЛЕ-321	
					Літ.	Арк
						62
						65

Додаток Б

[illegible]

Додаток В

[illegible]

Додаток Г

[illegible]