

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ЕКОЛОГІЇ  
КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР  
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ**

на тему:

**«Водовідведення та очистка стічних вод курортного містечка з  
розробкою локальних очисних споруд від бази відпочинку»**

**Марчевський Леонід Сергійович**

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології  
Кафедра водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
водопостачання та водовідведення  
\_\_\_\_\_Хоружий В.П.  
„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР  
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ**

**«Водовідведення та очистка стічних вод курортного містечка з  
розробкою локальних очисних споруд від бази відпочинку»**

<i>Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.</i>	Здобувач: Марчевський Леонід Сергійович Спеціальність: 192. Будівництво та цивільна інженерія Освітня програма: Водопостачання та водовідведення  Керівник: Нечипор О.М., <u>к.т.н., доцент</u> Рецензент: Кравчук О.А., <u>к.т.н., доцент</u>  <i>Ідентичність підтверджую</i>
--	--

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

Випускова кафедра: водопостачання та водовідведення

Освітній ступінь: магістр

Спеціальність: 192. Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: Водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.П. Хоружий

«    »                      2024 року

З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЮ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР  
за освітньо-професійною програмою

**Марчевський Леонід Сергійович**

---

(Прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: «Водовідведення та очистка стічних вод курортного містечка з розробкою локальних очисних споруд від бази відпочинку» затверджені наказом ректора КНУБА №                      від                      2024 року
2. Керівник роботи Нечипор Оксана Михайлівна, к.т.н, доц.  
(Прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання здобувачем роботи до захисту: 26.12.2024
4. Вихідні дані до проекту: Щільність населення в районах, чол./га: Ій район – 320; Пй район – 340. Ступінь благоустрою жилої забудови: Ій район – 3; Пй район – 2. Витрати підприємств: Підприємство №1 – 540 м<sup>3</sup>/доб, підприємство №2 – 1040 м<sup>3</sup>/доб.
5. Зміст пояснювальної записки по розділам:
  - Р. 1. Мережі водовідведення міста;
  - Р. 2. Очисні споруд водовідведення міста;
  - Р. 3. Санітарно-технічне обладнання СПА центру;

- Р. 4. Очисні споруди санітарно-оздоровчого комплексу;
  - Р. 5. Управління ризиками;
  - Р. 6. Охорона праці.
6. Графічний матеріал по розділам
- Р. 1. Мережа міста. Дощова мережа
  - Р. 2. Очисні споруди водовідведення міста, розріз руху стічних вод по спорудам
  - Р. 3. Санітарно-технічне обладнання СПА центру
  - Р. 4. Локальні очисні споруди санітарно-оздоровчого комплексу
7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

8. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	09.10.24
Розділ 2.	24.10.24
Розділ 3.	08.11.24
Розділ 4.	22.11.24
Розділ 5.	11.11.24
Розділ 6.	06.12.24
Остаточне оформлення роботи	20.12.24
Направлення роботи для перевірки на плагіат	22.12.24
Попередній захист роботи на кафедрі	23.12.24
Направлення роботи на рецензування	26.12.24

9. Дата видачі завдання: 04.10.2024

Керівник: \_\_\_\_\_ / Нечипор О.М. /

Здобувач: \_\_\_\_\_ / Марчевський Л.С. /

<b>РЕЗЮМЕ</b> (summary)		<i>Марчевський Леонід Сергійович</i>	
до кваліфікаційної роботи здобувача:		<i>Leonid Marchevsky</i>	
Назва ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	<b>«Водовідведення та очистка стічних вод курортного містечка з розробкою локальних очисних споруд від бази відпочинку»</b> <b>«Drainage and wastewater treatment of the resort town with the development of local treatment facilities from the recreation centre»</b>		
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
Факультет	Інженерних систем та екології		
Кафедра	Водопостачання та водовідведення		
Спеціальність	192. Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Водопостачання та водовідведення		
Керівник	Нечипор Оксана Михайлівна		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	91	6	11
Розділ 1	Мережі водовідведення міста		
Розділ 2	Очисні споруди водовідведення міста		
Розділ 3	Санітарно-технічне обладнання СПА центру		
Розділ 4	Очисні споруди санітарно-оздоровчого комплексу		
Розділ 5	Управління ризиками		
Розділ 6	Охорона праці		
<b>Ключові слова:</b> Мережі міста, водовідведення, стічні води, очисні споруди водовідведення, навколишнє середовище, ризики.			
<b>Keywords:</b> City networks, sewage, wastewater, wastewater treatment plants, environment, risks.			

Укладач: \_\_\_\_\_ / Марчевський Л.С. /

Керівник: \_\_\_\_\_ / Нечипор О.М. /

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

## Зміст

ВСТУП .....	7
Розділ №1.      Мережі водовідведення міста .....	8
Розділ №2.      Очисні споруд водовідведення .....	28
Розділ №3.      Санітарно-технічне обладнання СПА комплексу.....	37
Розділ №4.      Очисні споруди санітарно-оздоровчого комплексу .....	46
Розділ №5.      Управління ризиками.....	58
Розділ №6      Охорона праці.....	84
Список літератури.....	90

## ВСТУП

Забезпечення належної системи водовідведення та очистки стічних вод є однією з найважливіших задач сучасних курортних містечок, які прагнуть зберегти екологічну рівновагу і створити комфортні умови для відпочиваючих. Зростаюча кількість туристів та розвиток інфраструктури курортів підвищують навантаження на існуючі системи водовідведення, що вимагає запровадження нових, більш ефективних технологій очистки стічних вод.

Актуальність дослідження полягає в необхідності розробки сучасних та екологічно безпечних рішень для водовідведення і очистки стічних вод, які забезпечать збереження навколишнього середовища та здоров'я населення. Особливо це стосується локальних очисних споруд, які можуть бути ефективно інтегровані у відпочинкові бази та інші об'єкти туристичної інфраструктури.

Метою даної дипломної роботи є аналіз існуючих систем водовідведення та очистки стічних вод у курортних містечках, а також розробка проекту локальних очисних споруд для бази відпочинку. У роботі передбачається дослідження сучасних технологій очистки води, аналіз їх ефективності та впливу на навколишнє середовище. Також розглядаються економічні аспекти впровадження очисних споруд та їх вплив на загальний рівень комфорту та безпеки туристів.

Завдяки впровадженню розроблених рішень можна очікувати покращення якості води, зниження навантаження на екосистеми та підвищення привабливості курортних містечок для туристів. Це, у свою чергу, сприятиме стійкому розвитку регіону та забезпеченню здоров'я та безпеки як місцевого населення, так і відпочиваючих.

# Розділ №1. Мережі ВОДОВІДВЕДЕННЯ міста

								Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		8

## Визначення розрахункових витрат

### Визначення розрахункової кількості населення

Щоб визначити розрахункові витрати стічних вод від населення, попередньо необхідно визначити кількість населення розрахункових районів. Площа житлових кварталів складає 63 га та 36,8 га. Разом це 99,8 га.

Розрахункова кількість населення:

$$N = N_1 + N_2 = 27\,819,84 \text{ чол./га}$$

$$N_1 = \sum F_1 * n_1 * \beta_1 = 63 * 320 * 0,84 = 16\,934,4 \text{ чол./га}$$

$$N_2 = \sum F_2 * n_2 * \beta_2 = 36,8 * 340 * 0,87 = 10\,885,44 \text{ чол./га}$$

де  $n_1, n_2 = 320$  та  $340$  відповідно чол./га щільність населення житлових кварталів;  $\beta_1, \beta_2 = 0,84$  та  $0,87$  відповідно коефіцієнт, що враховує наявність громадських будівель.

### Витрати побутових стічних вод від населення міста:

Середня добова витрата побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

$$Q_d^{w1} = \frac{q_1 \cdot N_1}{1000} = (260 \cdot 16934,4) / 1000 = 4402,95 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

$$Q_d^{w2} = \frac{q_2 \cdot N_2}{1000} = (290 \cdot 10885,44) / 1000 = 3156,78 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

де норма водовідведення:  $q_1$  та  $q_2 = 260$  та  $290$  відповідно літрів з чоловіка на добу;

Середня година витрата побутових стічних, м<sup>3</sup>/год, визначається за формулою:

$$q_{mid\ h}^w = \frac{Q_d^w}{24} = 314,99, \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$q_{mid\ h}^{w1} = \frac{Q_d^{w1}}{24} = 4402,95 / 24 = 183,46 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$q_{mid\ h}^{w2} = \frac{Q_d^{w2}}{24} = 3156,78/24 = 131,53 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Середня секундна витрата побутових стічних, л/с, визначається за формулою:

$$q_{mid\ s}^{w1} = \frac{q_{mid\ h}^{w1} \cdot 1000}{3600} = \frac{q_{mid\ h}^{w1}}{3,6} = 183,46/3,6 = 50,96 \text{ л/с}$$

$$q_{mid\ s}^{w2} = \frac{q_{mid\ h}^{w2} \cdot 1000}{3600} = \frac{q_{mid\ h}^{w2}}{3,6} = 131,53/3,6 = 36,54 \text{ л/с}$$

Максимальна година витрата побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/ч, від населення міста:

$$q_{max\ h}^{w1} = K_{gen\ max1} \cdot q_{mid\ h}^{w1} = 262,07 \times 1,7 = 445,519, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$q_{max\ h}^{w2} = K_{gen\ max2} \cdot q_{mid\ h}^{w2} = 210,86 \cdot 1,7 = 358,462, \text{ м}^3/\text{год}$$

Максимальна секундна витрата побутових стічних вод л/с.

$$q_{max\ s}^{w1} = K_{gen\ max1} \cdot q_{mid\ s}^{w1} = 183,46 \cdot 1,7 = 311,88, \text{ л/с}$$

$$q_{max\ s}^{w2} = K_{gen\ max2} \cdot q_{mid\ s}^{w2} = 131,53 \cdot 1,7 = 223,6, \text{ л/с}$$

Залежно від середньої секундної витрати  $q_{mid\ s}^w$  визначаємо значення загального коефіцієнта нерівномірності притоку побутових стічних вод –  $K_{gen\ max}$

$$K_{gen\ max1} = 1,7 \qquad K_{gen\ min1} = 0,55$$

$$K_{gen\ max2} = 1,7 \qquad K_{gen\ min2} = 0,55$$

Отримані дані розрахункових витрат побутових стічних вод від населення міста заносимо до таблиці.

## Розрахунок витрат стічних вод від населення міста

№ Району	Кількість населення, чол.	Норма водовідведення, л/доб на 1 чол.	Добова витрата	Загальний коефіцієнт нерівномірності	Годинні витрати, м <sup>3</sup> /год		Секундні витрати, л/с	
			м <sup>3</sup> / доб		Серед.	Макс.	Серед.	Макс.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	16934,4	260	4402,95	1,7	183,46	311,88	50,96	86,63
2	10885,44	290	3156,78	1,7	131,53	223,6	36,54	62,12
Всього	27819,84	-	7559,73	-	314,99	535,48	87,50	148,75

## Витрати стічних вод від промислових підприємств

### Вихідні дані промислових підприємств

	№1 Олійний завод	№2 Завод чавунного лиття
Кількість змін	2	3
Кількість продукції:		
За добу	90 т.	300 т.
За зміну	50 т.	150 т.
Водовідведення на одиницю продукції $q_{нит}$ .	6,0	2,6
К	1,4	1,5
Кількість робітників:		
За добу	170 чол.	600 чол.
За максимальну зміну	100 чол.	220 чол.
Відсоток тих, що працюють в гарячих цехах	20 %.	30%.

Виробничі витрати води на добу.

№ 1	№ 2
$Q_d^p = M \cdot q_{num}$	
$Q_d^p = 90 \cdot 6 = 540 \text{ м}^3/\text{доб.}$	$Q_d^p = 400 \cdot 2,6 = 1040 \text{ м}^3/\text{доб.}$

Виробничі витрати води за максимальну зміну.

№ 1	№ 2
$Q_{зм}^p = \frac{Q_d^p}{n}$	
$Q_{зм}^p = \frac{540}{2} = 270 \text{ м}^3/\text{зміну}$	$Q_{зм}^p = \frac{1040}{3} = 346,67 \text{ м}^3/\text{зміну}$
$q_{mid h}^p = \frac{Q_{зм}^p}{T}$	
$q_{mid h}^p = \frac{270}{16} = 16,875 \text{ м}^3/\text{ГОД}$	$q_{mid h}^p = \frac{346,67}{24} = 14,44 \text{ м}^3/\text{ГОД}$

Виробничі витрати води за годину з урахуванням коефіцієнту нерівномірності водовідведення.

№ 1	№ 2
$q_{max h}^p = K \cdot q_{mid h}^p$	
$q_{max h}^p = 1,4 \cdot 16,875 = 23,625 \text{ м}^3/\text{ГОД}$	$q_{max h}^p = 1,5 \cdot 14,44 = 21,66 \text{ м}^3/\text{ГОД}$

Середні виробничі витрати води літрів на секунду.

№ 1	№ 2
$q_{mid s}^p = \frac{q_{mid h}^p}{3,6}$	
$q_{mid s}^p = \frac{16,875}{3,6} = 4,6875 \text{ л/с}$	$q_{mid s}^p = \frac{14,44}{3,6} = 4,01 \text{ л/с}$

Максимальні виробничі витрати води літрів на секунду.

№ 1	№ 2
$q_{max\ s}^p = \frac{q_{max\ h}^p}{3,6}$	
$q_{max\ s}^p = \frac{39,375}{3,6} = 10,9375\text{л/с.}$	$q_{max\ s}^p = \frac{65,995}{3,6} = 18,06\text{л/с.}$

Розрахункові витрати побутових стічних вод промислових підприємств визначають, виходячи з норм водовідведення побутових стічних вод.

Добові та розрахункові витрати побутових стічних вод

№ 1	№ 2
$Q_d = \frac{45N_{\Gamma}^I + 25N_X^I}{1000}$	
$Q_d = \frac{25 \cdot 136 + 45 \cdot 34}{1000} = 4,93\text{ м}^3/\text{добу},$	$Q_d = \frac{25 \cdot 420 + 45 \cdot 180}{1000} = 18,6\text{ м}^3/\text{добу},$
$N_{\Gamma}^I = N_{\text{доб.}} \cdot \frac{V_{\Gamma}}{100\%}$	
$N_{\Gamma}^I = 170 \cdot \frac{20}{100} = 34\text{ чол.}$	$N_{\Gamma}^I = \frac{600 \cdot 30}{100} = 180\text{ чол.}$
$N_X^I = N_{\text{доб}} - N_{\Gamma}^I$	
$N_X^I = 170 - 34 = 136\text{ чол.}$	$N_X^I = 600 - 180 = 420\text{ чол.}$

Розрахункові витрати визначають по максимальній зміні з  
максимальним числом робітників

№ 1	№ 2
$Q_{змін} = \frac{45N_{\Gamma} + 25N_X}{1000}$	
$Q_{змін} = \frac{45 \cdot 20 + 25 \cdot 80}{1000} = 2,9, \text{ м}^3/\text{зміну}$	$Q_{змін} = \frac{45 \cdot 66 + 25 \cdot 154}{1000} = 6,82, \text{ м}^3/\text{зміну}$
$N_{\Gamma}^I = N_{\text{доб.}} \cdot \frac{V_{\Gamma}}{100\%}$	
$N_{\Gamma}^I = 100 \cdot \frac{20}{100} = 20\text{ чол.}$	$N_{\Gamma}^I = \frac{220 \cdot 30}{100} = 66\text{ чол.}$

№ 1	№ 2
$N_X^I = N_{\text{доб}} - N_T^I$	
$N_X^I = 100 - 20 = 80, \text{чол.}$	$N_X^I = 220 - 66 = 154, \text{чол.}$
$q_{\text{mid } h} = \frac{Q_{\text{зmin}}}{T} = \frac{2,9}{16} = 0,18, \text{м}^3/\text{ГОД}$	$q_{\text{mid } h} = \frac{Q_{\text{зmin}}}{T} = \frac{6,82}{24} = 0,28, \text{м}^3/\text{ГОД}$
$q_{\text{max } h} = \frac{1}{T} \left( \frac{45 * N_T * 2,5 + 25 * N_X * 3}{1000} \right)$	
$q_{\text{max } h} = \frac{1}{16} \left( \frac{(45*20*2,5)+(25*80*3)}{1000} \right) = 0,52$ м <sup>3</sup> /ГОД	$q_{\text{max } h} = \frac{1}{24} \left( \frac{(45*180*2,5)+(25*420*3)}{1000} \right) = 2,16$ м <sup>3</sup> /ГОД
$q_{\text{mid } s} = \frac{q_{\text{mid } h}}{3,6} = \frac{0,31}{3,6} = 0,086, \text{л/с}$	$q_{\text{mid } s} = \frac{q_{\text{mid } h}}{3,6} = \frac{0,775}{3,6} = 0,22, \text{л/с}$
$q_{\text{max } s} = \frac{q_{\text{max } h}}{3,6} = \frac{0,52}{3,6} = 0,05, \text{л/с}$	$q_{\text{max } s} = \frac{q_{\text{max } h}}{3,6} = \frac{0,72}{3,6} = 0,08, \text{л/с}$

Розрахункові витрати душових стічних вод визначають за нормами витрат води на одну душову сітку. Годинну витрату на одну душову сітку приймаємо рівною 500 л, тривалість користування душем 45 хвилин після закінчення зміни.

Кількість душових сіток приймаємо залежно від кількості працюючих у максимальну зміну та кількості людей, які обслуговуються однією душовою сіткою.

№ 1	№ 2
$n_c = \frac{N}{n_0} = \frac{100}{10} = 10 \text{ шт.},$	$n_c = \frac{N}{n_0} = \frac{220}{10} = 22 \text{ шт.}$

$n_0$  – кількість людей, які обслуговуються однією душовою сіткою, приймаємо 10 чол.

№ 1	№ 2
$q_{mid h} = \frac{500 \cdot n_c \cdot 45}{60}$	
$q_{mid h} = \frac{500 \cdot 10 \cdot 45}{60} = 3,75 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$	$q_{mid h} = \frac{500 \cdot 22 \cdot 45}{60} = 3,06 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$
$q_{mid s} = \frac{500 \cdot n_c \cdot 45}{60 \cdot 2700} = \frac{500 \cdot n_c}{3600}$	
$q_{mid s} = \frac{500 \cdot 10}{3600} = 1,39, \text{ л/с.}$	$q_{mid s} = \frac{500 \cdot 22}{3600} = 3,06, \text{ л/с.}$

Зводимо в таблицю результати розрахунків витрат стічних вод від промислових підприємств та сумарні витрати стічних вод від населення міста та промислових підприємств.

№№ п/п	Назва підприємства	Витрати стічних вод																	
		Технологічні						Побутових та душових						Сумарні					
		Добові, м <sup>3</sup> /доб	У максимальну м <sup>3</sup> /зміну	Годинні, м <sup>3</sup> /год		Секундні, л/с		Добові, м <sup>3</sup> /год	У максимальну м <sup>3</sup> /зміну	Годинні, м <sup>3</sup> /год		Секундні, л/с		Добові, м <sup>3</sup> /год	У максимальну м <sup>3</sup> /зміну	Годинні, м <sup>3</sup> /год		Секундні, л/с	
				Середні	Максимальні	Середні	Максимальні			Середні	Максимальні	Середні	Максимальні			Середні	Максимальні		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Олійний завод	540	270	28,125	39,375	7,81	10,934	12,43	6,65	4,06	3,93	1,476	1,45	552,43	276,65	32,185	43,305	9,286	12,384
2	Завод чавунного лиття	1040	346,67	43,33	64,995	12,04	18,06	43,35	15,07	9,025	8,53	3,28	3,14	1083,35	361,74	52,355	73,525	15,32	21,2
3	Разом	1580	616,67	71,455	104,37	19,85	28,994	55,78	21,72	13,085	12,46	4,756	4,59	1635,78	638,39	84,54	116,83	24,606	33,584

№ п/п	Вид водовідведення	Добова витрата, м <sup>3</sup> /доб	Витрати			
			Годинні, м <sup>3</sup> /год.		Секундні, л/с	
			Середні	Максимальні	Середні	Максимальні
1	2	3	4	5	6	7
1	Від населення міста	7559,73	314,99	535,48	87,5	148,75
2	Від промислових підприємств	552,43	32,185	43,305	9,286	12,384
		1083,35	52,355	73,525	15,32	21,2
3	Разом	9195,51	399,53	652,31	112,106	182,334

### Визначення розрахункових витрат побутових стічних вод на ділянках напівроздільної мережі водовідведення

Визначаємо модуль стоку для кожного району населеного пункту:

$$q^1_0 = \frac{n_1 \cdot q_1}{86400} \cdot \beta = \frac{320 \cdot 260}{86400} \cdot 0.84 = 0,809, \text{ л/(с *га)},$$

$$q^2_0 = \frac{n_2 \cdot q_2}{86400} \cdot \beta = \frac{340 \cdot 290}{86400} \cdot 0.87 = 0,99 \text{ л/(с*га)}$$

Визначаємо в таблиці середні секундні витрати від житлового кварталу.

Сума колонки 3 таблиці 4 дасть  $\Sigma F$  - сумарну площу житлових кварталів міста, а сума колонки 5 – середню секундну витрату міста.

### Розрахунок площ кварталів міста та середніх секундних витрат побутових стічних вод

№ району	№ кварталу	Розміри кварталів, м	Площа кварталів $F$ , га	Модуль стоку $q_0$ , л/(с*га)	Середня секундна витрата кварталу $q_{mid}$ , л/с	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1	1	210*200	4,2	0,809	3,40	Сума щойно порахованих середніх секундних витрат від міста співпадає із порахованою раніше.
	2	210*200	4,2	0,809	3,40	
	3	210*200	4,2	0,809	3,40	
	4	210*200	4,2	0,809	3,40	
	5	210*200	4,2	0,809	3,40	
	6	210*200	4,2	0,809	3,40	
	7	210*200	4,2	0,809	3,40	
	8	210*200	4,2	0,809	3,40	
	9	210*200	4,2	0,809	3,40	
	10	210*200	4,2	0,809	3,40	
	11	210*200	4,2	0,809	3,40	
	12	210*200	4,2	0,809	3,40	
	13	210*200	4,2	0,809	3,40	
	14	210*200	4,2	0,809	3,40	
	15	210*200	4,2	0,809	3,40	
2	16	210*200	4,2	0,99	4,16	
	17	210*200	4,2	0,99	4,16	
	18	210*200	4,2	0,99	4,16	
	19	210*200	4,2	0,99	4,16	
	20	160*200	3,2	0,99	3,17	
	21	160*200	3,2	0,99	3,17	
	22	160*200	3,2	0,99	3,17	
	23	160*200	3,2	0,99	3,17	
	24	160*200	3,2	0,99	3,17	

	25	100*200	2	0,99	1,98	
	26	100*200	2	0,99	1,98	
	Сумма F = 99,8 га		Сумма q <sub>mids</sub> = 87,399		-	

Площа кварталів:  $\sum F = 99,8$  га;

Середня секундна витрата з кварталів міста:  $\sum q_{mids} = 87,399$  л/с.

Порівняємо значення  $q_{mids}^w$ , розраховане за формулою з значенням цієї витрати за таблицею 1 (підсумковий рядок б).

$$q_{mid\ s}^w = 87,5 \approx q_{mid\ s}, 87,399 \text{ л/с}$$

### **Визначення витрат стічних вод для розрахункових ділянок побутової мережі**

Згідно нумерації житлових кварталів та трасуванню побутової водовідвідної мережі міста визначаємо прилеглі колектори та головний колектор, які необхідно розрахувати. Колектори побутової мережі поділяємо на розрахункові ділянки, та визначаємо довжину ділянок від одного бокового приєднання до другого по осях вулиць.

### **Визначення розрахункових витрат для ділянок окремих прилеглих колекторів побутової мережі**

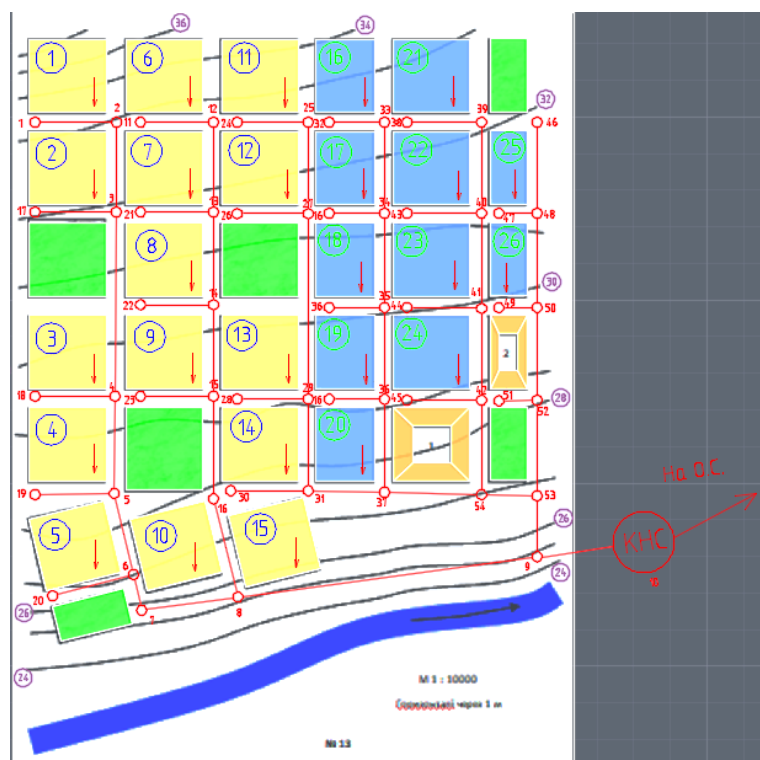
№ ділянки	Середньо секундні витрати, л/с				$K_{ген, max}$	Максимальна витрата, $q_{max}$ , л/с	Зосереджена, $q_{max}$ , л/с	Розрахункова, $q_{cit}$ , л/с
	Прилегла, $q_n$	Бокова, $q_b$	Транзитна, $q_{tr}$	Сумарна, $q_{mid s}$ , л/с				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Головний колектор побутової мережі 1-10 НС								
1-2	3,400	0,000	0,0	3,400	2,50	8,500	0,000	8,500
2-3	0,000	0,000	3,400	3,400	2,50	8,500	0,000	8,500
3-4	0,000	3,400	3,400	6,800	2,50	17,000	0,000	17,000
4-5	0,000	3,400	6,800	10,200	2,10	21,420	0,000	21,420
5-6	0,000	3,400	10,200	13,600	2,10	28,560	0,000	28,560
6-7	0,000	3,400	13,600	17,000	2,10	35,700	0,000	35,700
7-8	3,400	0,000	17,000	20,400	1,90	38,760	0,000	38,760
8-9	3,400	13,600	20,400	37,400	1,70	63,580	0,000	63,580
9-10	0,000	50,050	37,400	87,450	1,60	139,920	33,584	173,504
Прилеглий колектор побутової мережі 11-8								
11-12	3,400	0,000	0,000	3,400	2,500	8,500	0,000	8,500
12-13	0,000	0,000	3,400	3,400	2,500	8,500	0,000	8,500
13-14	0,000	3,400	3,400	6,800	2,500	17,000	0,000	17,000
14-15	0,000	3,400	6,800	10,200	2,100	21,420	0,000	21,420
15-16	0,000	3,400	10,200	13,600	2,100	28,560	0,000	28,560
16-8	0,000	0,000	13,600	13,600	2,100	28,560	0,000	28,560



### Гідравлічний розрахунок окремих прилеглих колекторів побутової водовідвідної мережі

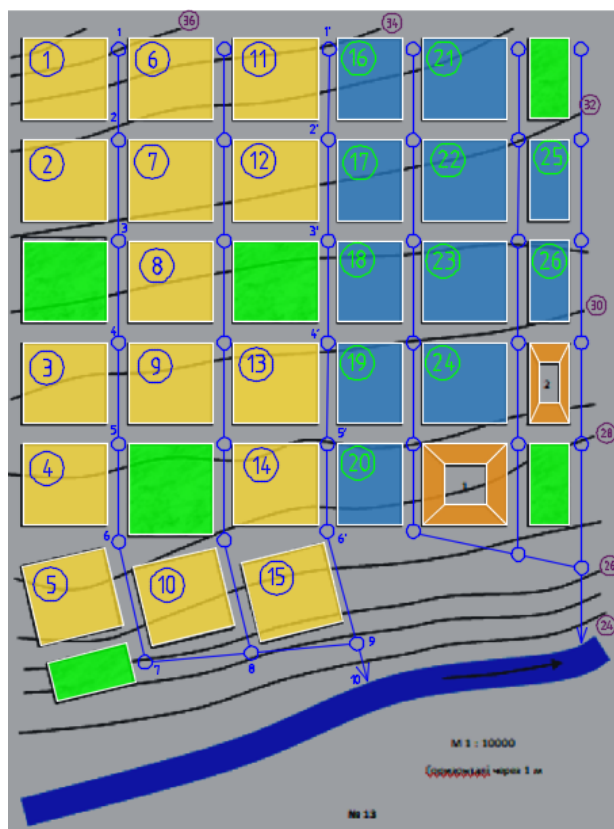
№№ ділянок	Довжина L, м	Розрахункова витрата q <sub>л/с</sub>	Діаметр d, мм	Ухил		Наповнення h/d	Висота h, м	Швидкість V, м/с	Падіння і <sub>гр</sub> , м	Відмітки, м								Глибина закладання лотка труби в м	
				Землі і <sub>з</sub>	Труби і <sub>тр</sub>					Поверхні землі		Лотка труби		Поверхні води		Шелиги труби			
										На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці
				1	2					3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Головний колектор побутової мережі 1-10нс										Головний колектор побутової мережі 1-10нс									
1-2	223,00	8,50	200	0,00269	0,0070	0,40	0,080	0,74	1,56	33,5	32,9	31,80	30,24	31,88	30,32	32,00	30,44	1,70	2,66
2-3	245,00	8,50	200	0,00449	0,0070	0,40	0,080	0,74	1,72	32,9	31,8	30,24	28,52	30,32	28,60	30,44	28,72	2,66	3,28
3-4	502,00	17,00	250	0,00498	0,0045	0,47	0,118	0,74	2,26	31,8	29,3	28,49	26,23	28,60	26,35	28,74	26,48	3,31	3,07
4-5	265,00	21,42	300	0,00377	0,0045	0,41	0,123	0,79	1,19	29,3	28,3	26,22	25,03	26,35	25,15	26,52	25,33	3,08	3,27
5-6	228,00	28,56	300	0,00570	0,0045	0,48	0,144	0,84	1,03	28,3	27,0	25,01	23,98	25,15	24,13	25,31	24,28	3,29	3,02
6-7	99,00	35,70	400	0,01313	0,0040	0,37	0,148	0,85	0,40	27,0	25,7	23,98	23,58	24,13	23,73	24,38	23,98	3,02	2,12
7-8	265,00	38,76	400	0,00189	0,0040	0,38	0,152	0,87	1,06	25,7	25,2	23,58	22,52	23,73	22,67	23,98	22,92	2,12	2,68
8-9	825,00	63,58	400	0,00085	0,0025	0,59	0,236	0,83	2,06	25,2	24,5	22,43	20,37	22,67	20,61	22,83	20,77	2,77	4,13
9-10	210,00	173,50	500	0,00476	0,0040	0,66	0,330	1,26	0,84	24,5	23,5	20,28	19,44	20,61	19,77	20,78	19,94	4,22	4,06
Окремий прилеглий колектор побутової мережі 11-8										Окремий прилеглий колектор побутової мережі 11-8									
11-12	200,00	8,50	200	0,00100	0,007	0,40	0,080	0,74	1,40000	32,9	32,7	31,20	29,80	31,28	29,88	31,40	30,00	1,70	2,90
12-13	245,00	8,50	200	0,00408	0,007	0,40	0,080	0,74	1,715000	32,7	31,7	29,80	28,09	29,88	28,17	30,00	28,29	2,90	3,62
13-14	253,00	17,00	250	0,00593	0,0045	0,47	0,118	0,74	1,138500	31,7	30,2	28,05	26,91	28,17	27,03	28,30	27,16	3,65	3,29
14-15	250,00	21,42	300	0,00400	0,0045	0,41	0,123	0,79	1,125000	30,2	29,2	26,90	25,78	27,03	25,90	27,20	26,08	3,30	3,42
15-16	280,00	28,56	300	0,00500	0,0045	0,48	0,144	0,84	1,260000	29,2	27,8	25,76	24,50	25,90	24,64	26,06	24,80	3,44	3,30
16-8	276,00	28,56	400	0,00942	0,004	0,37	0,148	0,85	1,104000	27,8	25,2	24,49	23,39	24,64	23,54	24,89	23,79	3,31	1,81

## Схема трасування



## Проектування та розрахунок дощової мережі

### Схема трасування



Підбираємо  $q_{20} = 98,8$  за географічним розміщенням об'єкта. Період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу:

$$P = 0,9, \quad n = 0,73, \quad m_r = 60, \quad \gamma = 1,54.$$

Знаходимо значення параметра А за формулою:

$$A = q_{20} \times 20^n \left( 1 + \frac{\lg P}{\lg m_r} \right)^\gamma$$

$$A = 98,8 \times 20^{0,73} \left( 1 + \frac{\lg 0,9}{\lg 60} \right)^{1,54}$$

$$A = 98,9 * 8,91 * \left( 1 + \frac{-0,046}{1,778} \right)^{1,54}$$

$$A=845,95$$

Знаходимо значення коефіцієнта –  $z = 0,142$  (для водонепроникних поверхонь) і для інших поверхонь.

Виконаємо у табличній формі розрахунок  $Z_{mid}$

№	Вид поверхні	Доля від загальної площі міста	Z	Окреме значення
1	Дах будівель та споруд, асфальтобетонні покриття доріг	0,35	0,28	0,098
2	Брущаті мостові	0	0,22	0
3	Булижні мостові	0,1	0,15	0,0145
4	Покриття із щебня	0,05	0,13	0,00625
5	Гравійні садово - паркові доріжки	0,09	0,09	0,0081
6	Ґрунтові поверхні (сплановані)	0,13	0,06	0,00832
7	Газони	0,18	0,04	0,00684
	Встановлення коефіцієнта:	-	-	<b>0,142</b>

$\beta$  - коефіцієнт, який враховує заповнення вільної ємності мережі під час виникнення напірного режиму:

Показник ступеня $n$	$\leq 0,4$	0,5	0,6	$\geq 0,7$
Значення коефіцієнта $\beta$	0,80	0,75	0,70	0,65
<p><b>Примітка 1.</b> При ухилах місцевості 0,01-0,03 подані у таблиці значення коефіцієнта <math>\beta</math> можна збільшувати на 10-15 %, а при ухилах місцевості понад 0,03 приймати за одиницю</p> <p><b>Примітка 2.</b> Якщо загальне число ділянок на дощовому колекторі або на припливах менше ніж 10%, то значення <math>\beta</math> при всіх уклонах можна зменшувати на 10 %, при числі ділянок від 4 до 10 і на 15% при числі ділянок менше ніж 4.</p>				

Так як  $n=0,73$  то  $\beta = 0,65$

Визначаємо  $q_r$  :

$$q_r = \frac{z_{mid} \times A^{1,2} \times F}{tr^{1.2n-0.1}}$$

Коефіцієнти  $\eta$  та  $m$  дорівнюють одиниці кожен, тому їх в подальших розрахунках не враховуємо.

$$q_r = \frac{0,142 \times 845,95^{1,2} \times F}{tr^{0,776}}$$

Визначаємо  $q_{cal}$ :

$$q_{cal} = \beta \times q_r \times K$$

$$q_{cal} = \frac{0,142 \times 845,95^{1,2} \times F}{tr^{0,776}} \times \beta$$

$K$  - коефіцієнт який враховує нерівномірність випадіння дощу на площі у випадках, коли площа стоку колектора  $\geq 500$  га. В конкретному випадку жодна з визначених площ не більша 500 га., тому коеф.  $K$  у подальших розрахунках не враховуємо.

Початкове заглиблення водостока встановлюємо, як:  $H = 1,0 + d$

Зводимо в таблицю гідравлічний розрахунок.

### Головний колектор

№ діл.	Довж. l, м	Площа стоку, F, га	V <sub>п</sub> , м/с	t <sub>p</sub>	t <sub>r</sub>	Z <sub>mid</sub>	β	η	Q <sub>cal</sub>	Ухили		d, мм	h/d	h, м	V <sub>табл.</sub>	
										i <sub>з</sub>	i <sub>тр</sub>					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1-2	225,0	6,00	2	1,91	12,91	0,142	0,65	1	247,76	0,013778	0,0140	400,0	1	0,4	2	3,15
2-3	250,0	12,00	1,7	2,50	13,50				478,70	0,004800	0,0060	600,0		0,6	1,72	1,5
3-4	253,0	18,00	1,3	3,31	14,31				686,37	0,005138	0,0030	800,0		0,8	1,36	0,76
4-5	251,0	24,00	1,9	2,25	13,25				971,64	0,004781	0,0060	800,0		0,8	1,94	1,51
5-6	242,0	30,60	2	2,06	13,06				1252,71	0,004132	0,0050	900,0		0,9	1,99	1,21
6-7	306,0	38,90	2,5	2,08	13,08				1590,25	0,007190	0,0080	900,0		0,9	2,53	2,45
7-8	265,0	38,90	2	2,25	13,25				1574,24	0,003774	0,0045	1000,0		1	2,03	1,19
8-9	264,0	80,00	2,15	2,09	13,09				3269,16	0,001136	0,0035	1400,0		1,4	2,13	0,92
9-10	96,0	118,50	3	0,54	11,54				5337,71	0,009375	0,0060	1500,0		1,5	3,05	0,58

Відмітки							
Поверхні землі		Лотка		Шелиги		Заглиблення, м.	
Початкове	Кінцеве	Початкове	Кінцеве	Початкове	Кінцеве	Поч.	Кінц.
18	19	20	21	22	23	24	25
36	32,9	34,60	31,45	35,00	31,85	1,40	1,45
32,9	31,7	31,25	29,75	31,85	30,35	1,65	1,95
31,7	30,4	29,55	28,79	30,35	29,59	2,15	1,61
30,4	29,2	28,79	27,29	29,59	28,09	1,61	1,92
29,2	28,2	27,19	25,98	28,09	26,88	2,02	2,23
28,2	26	25,98	23,53	26,88	24,43	2,23	2,47
26	25	23,43	22,23	24,43	23,23	2,57	2,77
25	24,7	21,83	20,91	23,23	22,31	3,17	3,79
24,7	23,8	20,81	20,23	22,31	21,73	3,89	3,57

Прилеглий колектор

№ діл.	Довж. l, м	Площа стока F, га	V <sub>п</sub> , м/с	t <sub>р</sub>	t <sub>г</sub>	Z <sub>mid</sub>	β	η	q <sub>cal</sub>	Ухили		d, мм	h/d	h, м	V <sub>табл</sub>	
										i <sub>з</sub>	i <sub>гп</sub>					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1'-2'	224,0	6,00	1,5	2,54	13,54	0,142	0,65	1	238,82	0,0067	0,0070	450,0	1	0,5	1,52	1,57
2'-3'	252,0	12,00	1,7	2,52	13,52				478,15	0,005	0,0060	600,0		0,6	1,72	1,51
3'-4'	253,0	18,00	1,92	2,24	13,24				728,97	0,004348	0,0070	700,0		0,7	1,89	1,77
4'-5'	251,0	24,00	1,95	2,19	13,19				974,93	0,004781	0,0060	800,0		0,8	1,94	1,51
5'-6'	216,0	30,60	2	1,84	12,84				1269,42	0,005556	0,0050	900,0		0,9	2,03	1,08
6'-9	290,0	35,40	2,3	2,14	13,14				1441,81	0,010345	0,0070	900,0		0,9	2,28	2,03

Відмітки							
Поверхні землі		Лотка		Шелиги		Заглиблення, м	
Початкове	Кінцеве	Початкове	Кінцеве	Початкове	Кінцеве	Поч.	Кінц.
<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
33,9	32,4	32,45	30,88	32,90	31,33	1,45	1,52
32,4	31,2	30,73	29,22	31,33	29,82	1,67	1,98
31,2	30,1	29,12	27,35	29,82	28,05	2,08	2,75
30,1	28,9	27,25	25,74	28,05	26,54	2,85	3,16
28,9	27,7	25,64	24,56	26,54	25,46	3,26	3,14
27,7	24,7	24,56	22,53	25,46	23,43	3,14	<b>2,17</b>

З'єднання трубопроводів в каналізаційних колодязях відбувається по шелигам труб. Знаходження відміток відбувається аналогічно як і для побутової мережі. Заглиблення трубопроводу не повинно бути менше за мінімальне значення – 1 м до шелиги труби.

# Розділ №2.

## Очисні споруд водовідведення

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док	Підпис	Дата		

## Визначення концентрації забруднень

Усереднена концентрація завислих речовин в побутових стічних водах, мг/л

$$C_{\text{поб}} = \frac{A_c \cdot 1000}{q} = \frac{65 \cdot 1000}{265} = 245 \text{ мг/л} > 150 \text{ мг/л}$$

де  $A_c$  – кількість завислих речовин, що вносяться однією людиною = 65 г/добу;

$q$  – норма водовідведення по району чи по місту,  $q = 265$  л/добу.

Усереднена концентрація БСК в побутових стічних водах, мг/л

$$L_{\text{поб}} = \frac{A_L \cdot 1000}{q} = \frac{75 \cdot 1000}{265} = 283 \text{ мг/л}$$

де  $A_L$  – кількість завислих речовин, що вносяться однією людиною = 75 г/добу;

Концентрація по завислим речовинам суміші побутових і промислових стоків:

$$C_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + \sum (C_{\text{пром}} \cdot Q_{\text{пром}})}{Q_{\text{поб}} + \sum Q_{\text{пром}}} =$$
$$= \frac{245 \cdot 7747,8 + (670 \cdot 220 + 567 \cdot 350 + 567 \cdot 620)}{7747,8 + 1190} = 290,4 \text{ мг/л}$$

де  $C_{\text{поб}}$  – концентрація побутових стічних вод, мг/л;  $C_{\text{пром}}$  – концентрація промислових стічних вод, мг/л;

$$C_{\text{пром}} = 670 + 567 + 567 = 1804 \text{ мг/л}$$

$Q_{\text{поб}}$  - середня витрата побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/добу;  $Q_{\text{пром}}$  – середня витрата промислових стічних вод, м<sup>3</sup>/добу.

$$Q_{\text{поб}} = 7685 (\text{середня}) + 44,8 + 18 = 7747,8 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$Q_{\text{пром}} = 220 + 350 + 620 = 1190 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Концентрація органічних забруднень по БСК в суміші стічних вод:

$$L_{\text{сум}} = \frac{L_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + \sum (L_{\text{пром}} \cdot Q_{\text{пром}})}{Q_{\text{поб}} + \sum Q_{\text{пром}}} =$$
$$= \frac{283 \cdot 7747,8 + (450 \cdot 220 + 560 \cdot 350 + 2398 \cdot 620)}{7747,8 + 1190} = 444,7 \text{ мг/л}$$

$$L_{\text{пром}} = 450 + 560 + 2398 = 3400 \text{ мг/л}$$

де  $L_{\text{ноб}}$  – розрахована концентрація забруднень по БСК побутових стічних вод, мг/л;  $L_{\text{пром}}$  – концентрація забруднень по БСК промислових стічних вод, мг/л.

### Визначення необхідного ступеня очистки стічних вод

Необхідний ступінь очистки стічних вод по завислим речовинам:

$$E_{\text{зав}} = \frac{(C_{\text{сум}} - C_{\text{очищ}})}{C_{\text{сум}}} \cdot 100\% = \frac{(290,4 - 248)}{290,4} \cdot 100\% = 14,6\%$$

Дозволений вміст завислих речовин в очищених стічних водах:

$$C_{\text{очищ}} = P \cdot \left( \frac{\gamma \cdot Q_p}{q} + 1 \right) + B = 0,7 \cdot \left( \frac{0,7 \cdot 67}{0,134} + 1 \right) + 2,3 = 248 \text{ мг/л},$$

де  $P$  – допустиме збільшення вмісту завислих речовин у водоймі після спуску очищених стічних вод,  $P = 0,7$  мг/л; (для III категорії водойми (0,25...0,7));

$\gamma$  – коефіцієнт змішування,  $\gamma = 0,7$ ;  $Q_p$  – витрата води у водоймі=67 м<sup>3</sup>/с;

$q$  – середня витрата стічних вод,  $q = 11627,5 \text{ м}^3/\text{доб} = 0,134 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $B$  – наявність завислих речовин у водоймі до спуску стічних вод;  $B = 2,3$  мг/л.

Необхідна ступінь очистки стічних вод по БСК<sub>20</sub>:

$$E_L = \frac{(L_{\text{сум}} - L_{\text{очищ}})}{L_{\text{сум}}} \cdot 100\% = \frac{(444,7 - 16,01)}{444,7} \cdot 100\% = 96\%$$

БСК очищених вод:

$$L_{\text{очищ}} = \frac{2,5 \cdot Q \cdot \gamma}{q} (O_p - 0,4l_p - 0,4) + 16 = \frac{2,5 \cdot 67 \cdot 0,7}{0,134} (6,7 - 0,4 \cdot 3,0 - 0,4) + 16 = 4478,5$$

де  $l_p$  – БСК у водоймі  $l_p = 3,0$  мг/л;  $\gamma$  – коефіцієнт змішування,  $\gamma = 0,7$ ;

$O_p$  – концентрація кисню у водоймі  $O_p = 6,7$  мг/л;  $q$  – середня витрата стічних вод,

$q = 11627,5 \text{ м}^3/\text{доб} = 0,134 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Q$  – витрата води у водоймі=67 м<sup>3</sup>/с;

Максимальна концентрація забруднень в очищених стічних водах, що скидаються у водойму по БСК становлять 15 мг/л. Враховуючи потужність розрахункової водойми ( $Q = 67 \text{ м}^3/\text{с}$ ), в подальших розрахунках  $L_{\text{очищ}}$  приймаємо 15 мг/л.

## Розрахунок споруд механічної очистки стічних вод

### Грати

Втрати напору в ґратах:

$$h_{zp} = \varepsilon \cdot \frac{V^2}{2g} = 1,29 \cdot \frac{0,8^2}{2 \cdot 9,81} = 0,04 \text{ м,}$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт місцевого опору ґрат, що залежить від форми стержнів:

$$\varepsilon = \beta \cdot \left(\frac{S}{b}\right)^{4/3} = 2,42 \cdot \left(\frac{10}{16}\right)^{4/3} = 1,29$$

$\beta$  – коефіцієнт для прямокутних стержнів для зменшення опору,  $\beta = 2,42$ ;

$S$  – товщина стержня,  $S = 10 \text{ мм}$ ;  $b$  – товщина провітру між ґратами,  $b = 16 \text{ мм}$ ;

$V$  – швидкість перетікання стічної рідини між стержнями ґрат,  $V = 0,8 \text{ м/с}$ .

Загальні втрати напору в ґратах:

$$h_{zag} = 3 \cdot h_{zp} = 3 \cdot 0,04 = 0,12 \text{ м}$$

Об'єм відходів:

$$W_{від.рік} = \frac{n \cdot N_{np}}{1000} = \frac{8 \cdot 33728}{1000} = 269,82 \text{ м}^3 / \text{рік},$$

де  $n$  – кількість відходів, що знімають з ґрат,  $n = 8 \text{ л/рік}$  на 1 людину;

$N_{np}$  – зведена кількість населення, ос.

$$N_{np} = \frac{Q_{ноб} + \sum Q_{пром}}{q} = \frac{7747,8 + 1190}{0,265} = 33728 \text{ ос.}$$

### Підбір ґрат

Необхідна площа живого перерізу робочих решіток при швидкості руху в прозорах ґрат  $V = 0,8 \text{ м/с}$ .

$$\omega = \frac{q_{\omega}}{V} = \frac{0,172}{0,8} = 0,215 \text{ м}^2$$

де  $q_{\omega}$  – максимальна часова витрата  $Q_{\max.год} = 622,68 \text{ м}^3 / \text{год} = 0,172 \text{ м}^3 / \text{с}$

Площа живого перерізу кожної при двох робочих ґратах становитиме:

$$\omega_1 = \frac{0,215}{2} = 0,10 \text{ м}^2$$

Число прозорів ґрат при їх ширині  $b = 0,016$  м, та глибині води перед ґратами:  $h = 0,85$  м.

$$n = 1,05 \frac{\omega_1}{b \cdot h} = 1,05 \frac{0,1}{0,016 \cdot 0,85} = 7,72 \approx 8$$

Ширина ґрат при товщині стержня  $\delta = 8$  мм

$$B = bn + \delta \cdot (n - 1) = 0,016 \cdot 8 + 0,008 \cdot (10 - 1) = 0,25 \text{ м}$$

Приймаємо ґрати типу РМУ – 9 (600 × 800 мм) По отриманих розмірах

### Розрахунок пісковловлювачів

Визначаємо площу живого перерізу:

$$\omega = \frac{Q_{\max}}{V \cdot n} = \frac{0,120}{0,3 \cdot 2} = 0,2 \text{ м}^2$$

$V$  - швидкість руху стічних вод 0,3 м/с – мах; 0,15 м/с - мін  $n$  - кількість відділень пісковловлювачів.

Визначаємо довжину пісковловлювача:

$$L = K \cdot V \cdot \frac{1000 H_p}{U_0} = 1,3 \cdot 0,15 \cdot \frac{1000 \cdot 2,1}{24,2} = 16,92 \text{ м} \approx 17 \text{ м}$$

де  $H_p$  – розрахункова глибина пісковловлювача,  $H_p = 2,1$  м (0,7...3,5);

$U_0$  – гідравлічна крупність піску,  $U_0 = 24,2$  мм/с;  $K = 1,3$ ;  $V$  – швидкість руху стічної води,  $V = 0,15$  м/с (0,08...0,15).

Добовий об'єм утворення осаду:

$$W_{\text{ніск}} = \frac{n \cdot N}{1000} = \frac{0,02 \cdot 33728}{1000} = 0,67 \text{ м}^3,$$

де  $n$  – кількість затриманого піску на 1 людину за добу,  $n = 0,02$  л;

$N$  – кількість населення.

Річний об'єм піскопульпи з урахуванням розбавлення водою:

$$W_{\text{н.п.}} = W_{\text{ніск}} \cdot 365 \cdot 20 = 0,67 \cdot 365 \cdot 20 = 4891 \text{ м}^3$$

Площа піскових майданчиків:

$$F_{\text{н.м}} = \frac{W_{\text{н.п.}}}{a} = \frac{4891}{3} = 1610,3 \text{ м}^2,$$

де  $a$  – навантаження на майданчик,  $a = 3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$ .

Піскові майданчики 20x20 м: приймаємо 4 карти, загальною площею :

$$F_{\text{заг}} = 4 \cdot 20 \cdot 20 = 1600 \text{ м}^2.$$

### Розрахунок первинних відстійників

Ефект відстоювання визначається за формулою:

$$E = \frac{C_{\text{сум}} - C_{\text{очищ}}}{C_{\text{сум}}} \cdot 100\% = \frac{290,4 - 150}{290,4} \cdot 100\% = 48,3\%$$

де  $C_{\text{сум}}$  – концентрація завислих речовин суміші стічних вод, що надходять у первинний відстійник;  $C_{\text{очищ}}$  – допустима концентрація завислих речовин у стічних водах, що надходять у споруди біологічної очистки,  $C_{\text{очищ}} \leq 150 \text{ мг/л}$ .

Визначаємо розрахунковий діаметр:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{Q_{\text{заг}}}{N}}{3,6 \cdot \pi \cdot K \cdot U_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{484,47}{2}}{3,6 \cdot 3,14 \cdot 0,45 \cdot 0,73}} = 16,86$$

де  $Q$  – середня витрата стічних вод,  $q = 11627,5 \text{ м}^3/\text{доб} = 484,47 \text{ м}^3/\text{год}$

Визначаємо гідравлічну крупність:

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H \cdot K}{t \cdot \left(\frac{K \cdot H}{h_1}\right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 3,4 \cdot 0,45}{1720 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3,4}{0,5}\right)^{0,21}} = 0,73 \text{ мм/с}$$

де  $K$  – коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника,  $K = 0,45$ ;  $H$  – глибина проточної частини,  $H_{\text{сет}} = (1,5 \dots 5) \text{ м}$ ;  $n_2$  – показник степеню, який залежить від агломерації зависі під час осідання,  $n_2 = 0,21$ ;  $t$  – час відстоювання,  $t = 1720 \text{ с}$ ;  $h_1$  – висота стовпа рідини,  $h_1 = 500 \text{ мм}$ .

Визначаємо проектну потужність відстійника,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$q = 2,8 \cdot K \cdot (D^2 - d^2) \cdot U_0 = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (18^2 - 1,6^2) \cdot 2,7 = 1215 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначаємо фактичну швидкість руху рідини у відстійнику,  $\text{мм/с}$

$$V_{\phi} = \frac{Q}{3,6 \cdot \pi \cdot R \cdot H} = \frac{242,23}{3,6 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 3,4} = 0,7 \text{ мм/с}$$

Визначаємо кількість осаду, що утворюється при відстоюванні, м<sup>3</sup>/год

$$W_{oc} = \frac{q_0 \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - P) \cdot \gamma \cdot 10^4} = \frac{484,47 \cdot (290,4 - 150)}{(100 - 96) \cdot 1,1 \cdot 10^4} = 1,54 \text{ м}^3 / \text{год}$$

де  $q_0$  – витрата стічних вод;  $q_0 = 484,47$  м<sup>3</sup>/год;  $P$  – вологість осаду;  $P = 96$  %

$\gamma$  – густина осаду;  $\gamma = 1,1$  г/см<sup>3</sup>

Приймаємо 2 радіальних відстійника діаметром 18 м. і висотою 3,4 м.

### Розрахунок споруд біологічної очистки

При  $Q_{доб}$  до 20 тис. м<sup>3</sup>/год для біологічної очистки застосовують біофільтри

### Розрахунок аерофільтрів (високонвантажувальних біофільтрів)

Визначаємо дозволене органічне навантаження по БСК на 1 м<sup>2</sup>:

$$F = \frac{P \cdot H \cdot K_m}{\Phi} = \frac{93 \cdot 3,68 \cdot 0,145}{1,2} = 41,35 \text{ мгБСК} / \text{м}^2 \cdot \text{доб}$$

де,  $P$  – пористість площинного завантаження ( $P = 93 - 90\%$ );  $K_m$  – температурна константа;  $\hat{E}_m = 0,2 \cdot 1,047^{(T-20)}$ ;  $T$  – температура стічних вод;  $\Phi$  – критеріальний комплекс;  $\Phi = 1,2$ ;  $H$  – необхідна висота завантаження біофільтра, м (береться не менше 3,0 м).

Визначаємо необхідну висоту завантаження біофільтра, м.

$$H = \frac{F \cdot (2,18 - \lg L_{ex})}{P \cdot K_m} = \frac{49,52 \cdot (2,18 - \lg 15)}{93 \cdot 0,145} = 3,68 \text{ м}$$

$$K_m = 0,2 \cdot 1,047^{(T-20)} = 0,2 \cdot 1,047^{13-20} = 0,145$$

де  $L_{ex}$  - БСК<sub>20</sub> очищених вод, приймають за раніше виконаним розрахунком;

Визначаємо гідравлічне навантаження:

$$F = \frac{L_0 \cdot q}{S_{нт}} = \frac{330,15 \cdot 15}{100} = 49,52$$

$$L_0 = L_{сум}(\text{фільтр}) = \frac{L_{ноб} \cdot Q_{ноб} + \sum (L_{пром} \cdot Q_{пром})}{Q_{ноб} + \sum Q_{пром}} =$$

$$= \frac{150,9 \cdot 7747,8 + (450 \cdot 220 + 560 \cdot 350 + 2398 \cdot 620)}{7747,8 + 1190} = 330,15 \text{ мг} / \text{л}$$

$$L_{\text{ноб}} \frac{A \cdot 1000}{q} = \frac{40 \cdot 1000}{265} = 150,9 \text{ мг/л}$$

де А – БСК<sub>повн</sub> освітленої рідини

Визначаємо необхідний об'єм завантаження біофільтрів, м<sup>3</sup>

$$W = \frac{Q}{q} = \frac{11627,5}{15} = 775,16 \text{ м}^3$$

Визначаємо площу поверхні біофільтрів, м<sup>2</sup>

$$S_0 = \frac{W}{H} = \frac{775,16}{3,68} = 210,6 \text{ м}^2$$

Діаметр біофільтра, м

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_0}{n \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 210,6}{2 \cdot 3,14}} = 11,58 \text{ м}$$

Приймаємо 2 біофільтра діаметром 12м (D=12м)

### Розрахунок вторинних відстійників

Визначаємо гідравлічне навантаження:

$$q = 3,6 \cdot K_{\text{set}} \cdot U_0 = 3,6 \cdot 0,45 \cdot 1,4 = 2,268 \text{ м}^3 / \text{л} \cdot \text{год}$$

де  $K_{\text{set}}$  - коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника,

$K_{\text{set}} = 0,45$ ;  $U_0$  - гідравлічна крупність;

Визначаємо об'єм відстійника, м<sup>3</sup>;

$$W = \frac{Q}{q \cdot H} = \frac{484,47}{2,268 \cdot 3,7} = 57,73 \text{ м}^3$$

де Н – висота відстійника, м; Q – середня витрата стічних вод,  $q = 11627,5 \text{ м}^3/\text{доб} = 484,47 \text{ м}^3/\text{год}$

Визначаємо кількість осаду, що осаджується у вторинному відстійнику (приріст а.м.):  $W_{oc} = P_{\text{А.М.}} = K_1 \cdot C + K_2 \cdot L = 0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 330,15 = 219,04 \text{ мг/л}$

де  $K_1$ ,  $K_2$  – для міських стічних вод відповідно, 0,8 і 0,3; С, L – концентрація забруднень по завислим речовинам та по БСК у стічних водах, які поступають на аеротенки.

Приймаємо 2 радіальних відстійника діаметром 18 м. і висотою 3,7 м.

### Розрахунок споруд для обробки осаду

Визначаємо кількість осаду, утвореного при відстоюванні, м<sup>3</sup>/год

$$W_{oc} = \frac{q_0 \cdot (C_0 - C_t)}{(100 - P) \cdot \gamma \cdot 10^4} = \frac{484,47 \cdot (290,4 - 150)}{(100 - 96) \cdot 1,1 \cdot 10^4} = 1,54 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Визначаємо приріст активного мулу в аерофільтрі:

$$P_{A.M.} = K_1 \cdot C + K_2 \cdot L = 0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 330,15 = 219,04 \text{ мг} / \text{л} = \text{г} / \text{м}^3$$

$$W_{oc} = Q \cdot P_{A.M.} \cdot \gamma = 219,04 \cdot 484,47 \cdot 1,1 = 116730,14 \text{ см}^3 / \text{год} = 0,116 \text{ м}^3 / \text{год}$$

де  $Q$  – середня витрата стічних вод,  $q = 11627,5 \text{ м}^3 / \text{доб} = 484,47 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;

$P_{A.M.}$  – приріст активного мулу в аерофільтрі  $\text{мг} / \text{л}$ ;  $\text{г} / \text{м}^3$ ;  $\gamma$  - густина осаду;

$$\gamma = 1,1 \text{ г} / \text{см}^3$$

Визначаємо корисну площу мулових майданчиків:

$$F_{кор} = \frac{W \cdot 365}{K_1 \cdot K_2} = \frac{39,744 \cdot 365}{1 \cdot 1,2} = 12088,8 \text{ м}^2$$

$$W = 1,54 + 0,116 = 1,656 \text{ м}^3 / \text{год} = 39,744 \text{ м}^3 / \text{доб}$$

$$\text{де } W = W_{oc} + P_{A.M.}$$

$K_1$  - кліматичний коефіцієнт;  $K_2$  - навантаження на мулові майданчики, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> на рік.

Визначаємо загальну площу мулових майданчиків:

$$F_{заг} = (1,2 \dots 1,4) \cdot F_{кор} = 1,3 \cdot 12088,8 = 15715,44 \text{ м}^2$$

Приймаємо 6 карт мулових майданчиків розміром 50 × 50 м

### Знезараження стічних вод.

Приймаємо метод знезараження очищених стічних вод за допомогою ультрафіолетових опромінювачів. Для цього запроектуємо ультрафіолетові лампи фірми «ЛІТ» марки ОС – 18А, 5 штук продуктивністю 125 м<sup>3</sup>/год і 5 кВт кожна.

Розділ №3.  
Санітарно-технічне  
обладнання  
СПА комплексу

								Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		37

## Опис об'єкту проектування

СПА центр - це спеціалізований заклад, призначений для відпочинку, оздоровлення та релаксації. Він поєднує в собі різноманітні процедури, які допомагають покращити фізичний та психічний стан клієнтів.

СПА центр складається:

Ресепшн та зона очікування. Зона прийому гостей, де клієнти можуть зареєструватися та отримати консультації. Пропонуються напої, такі як чай, кава або вода.

Терапевтичні кабінети:

Кабінети для масажу різних видів (релаксаційний, шведський, тайський).

Кабінети для косметичних процедур (фейшл, пілінги, обгортання).

Кабінети для гідротерапії (ванни з солями, травами).

Басейни та джакузі:

Великий басейн для плавання.

Гідромасажні ванни (джакузі) для релаксації.

Термальні басейни з гарячою водою.

Сауни та хаммам:

Сауни різних типів (фінська, інфрачервона).

Турецький хаммам для парових процедур.

Соляна кімната для інгаляцій.

Фітнес зона:

Сучасне обладнання для тренувань (бігові доріжки, тренажери, гантелі).

Зони для групових занять (йога, пілатес, аеробіка).

Послуги:

Масаж та тіла

Різні види масажу (релаксаційний, спортивний, лікувальний).

Обгортання тіла (грязьові, водоростеві, шоколадні).

Догляд за обличчям. Очищення обличчя, маски, пілінги.

Процедури для омолодження та підтяжки шкіри.

Гідротерапія

Ванни з ефірними оліями, солями та травами.

Гідромасажні процедури.

Ароматерапія

Використання ефірних олій для релаксації та зняття стресу.

Спеціальні процедури з аромасвічками та дифузорами.

В будівлі СПА запроектовано:

- господарсько-питний водопровід;
- господарсько-побутова каналізація;

Цей розділ містить технічне обґрунтування та розрахунки, пов'язані з проектуванням систем водопостачання та водовідведення для СПА центру.

Розглянемо основні параметри та розрахунки, що визначають ефективність та надійність цих систем.

### **Водопостачання:**

Розрахунок потреби у воді

Для визначення добової потреби у воді враховуємо кількість відвідувачів та зони використання:

Кількість відвідувачів: 433 особи на день.

Питома потреба у воді на одного відвідувача: 300 літрів.

Тоді добова потреба у воді становить:

$$Q_{\text{доб}} = N \times q = 433 \times 300 = 130\,000 \text{ літрів або } 130 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Годинна витрата води:

Годинна витрата води розраховується для визначення максимальної кількості води, що споживається за одну годину:

Годинна витрата води становить:

$$Q_{\text{пік}} = Q_{\text{доб}} / 24 = 130 / 24 = 5,42 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вибір насосів:

Насосні станції повинні забезпечувати необхідний тиск та витрату води:

Необхідний тиск: 4 бари

Годинна витрата: 5,42 м<sup>3</sup>/год

Вибираємо насос з характеристиками:

Продуктивність: не менше 6 м<sup>3</sup>/год

Тиск: не менше 4 бар

### **Водовідведення:**

Розрахунок обсягу стічних вод:

Обсяг стічних вод у СПА центрі приблизно дорівнює обсягу спожитої води:

$$Q_{\text{ст}} = Q_{\text{доб}} = 60 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Отже, передбачено підключення запроектованої внутрішньої мережі В1 до зовнішньої мережі водопроводу, що постачає воду зі свердловини, розміщеної на території СПА комплексу. Якість холодної та гарячої води, яка використовується на господарчо-побутові потреби, повинна відповідати ГОСТ 2874-82\* та ДержСанПіН "Вода питна. Вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання".

Трубопроводи господарсько-питного водопроводу запроектовані із поліетиленових труб РЕ-Х. Мережі гарячої води необхідно виконати в тепловій ізоляції, товщиною 30,0 мм. Трубопроводи господарсько-питного водопроводу, які прокладаються сховано, необхідно виконати в ізоляції, товщиною 6-30,0 мм від конденсації вологи.

Ввід водопроводу з труб ПЕ-100. Арматура на мережах латунна. Трубопроводи господарсько-побутової каналізації передбачаються із труб каналізаційних поліпропіленових (трубопроводи, що прокладаються в ґрунті під будівлею - із труб

Для прочищення мережі запроектовано встановлення ревізій на вертикальних ділянках та прочисток на горизонтальних. Передбачено встановлення люків для доступу до ревізій з розмірами не менше 400x300мм.

Облік холодної води здійснюється за допомогою водолічильника ВСТ-У, Øу 20, встановленого на ввіді водопроводу в будівлю. Витрати у системі водопостачання складають - 2,1 м<sup>3</sup>/добу; 0,52 л/с.

Відведення дощових стоків з покрівлі здійснюється відкритим способом через водостічні труби Ø 100 мм.

*Основні показники по кресленням водопроводу і каналізації  
(звичайний режим)*

Найменування систем	Потрібний напір на ввіді м.вод.ст.	Розрахункові витрати				Встановлена потужність ел. двигун. КВТ	Примітки
		м <sup>3</sup> /доб	м <sup>3</sup> /год	л/сек	при пожезі л/сек		
ГОСП.-ПИТНЕ							
ВОДОПОСТАЧ.	15	2,1	0,88	0,52	-	-	-В1-
ПОБУТОВА							
КАНАЛІЗАЦІЯ	-	2,1	0,88	2,12	-	-	-К1-

*Основні показники по кресленням водопроводу і каналізації  
(наповнення і спорожнення басейну)*

Найменування систем	Потрібний напір на ввіді м.вод.ст.	Розрахункові витрати				Встановлена потужність ел. двигун. КВТ	Примітки
		м <sup>3</sup> /доб	м <sup>3</sup> /год	л/сек	при пожезі л/сек		
ГОСП.-ПИТНЕ							
ВОДОПОСТАЧ.	15	130	5,42	1,5	-	-	-В1-
ПОБУТОВА							
КАНАЛІЗАЦІЯ	-	130	5,42	1,5	-	-	-К1-

Внутрішні санітарно-технічні мережі СПА комплексу включають систему трубопроводів, обладнання та приладів, що забезпечують комфорт та безпеку

відвідувачів, а також ефективну роботу різноманітних процедур та зон відпочинку.

#### **Холодне водопостачання:**

Подача води здійснюється до душових, умивальників, туалетів та технологічного обладнання. Забезпечення водою басейнів (після підготовки). Використання в технологічних процесах (для охолодження обладнання).

#### **Гаряче водопостачання:**

Подача гарячої води здійснюється до душових, умивальників, ванн та технологічного обладнання. Використання в гідромасажних ваннах, джакузі. Забезпечення потреб пралень та кухонь.

#### **Відведення стічних вод:**

Збір та відведення використаної води здійснюється з душових, ванн, умивальників, туалетів. Окремі системи для відведення води з басейнів та зон з гідромасажем.

#### **Внутрішні каналізаційні стояки:**

Транспортування стічних вод здійснюється від санітарно-технічних приладів до горизонтальних колекторів. Передбачається встановлення ревізій для прочищення та обслуговування.

#### **Випуски каналізації:**

Внутрішня каналізаційна мережа підключається до зовнішньої системи водовідведення.

Використовуються якісні, стійкі до корозії та хімічних речовин матеріали для трубопроводів та обладнання.

Необхідне регулярне обслуговування та профілактика для забезпечення безперебійної роботи систем.

### **Системи очистки води**

Для забезпечення високої якості води використовуються різноманітні системи очистки:

Механічні фільтри: Видаляють великі частинки, пісок та сміття.

Вугільні фільтри: Знижують концентрацію хлору, органічних речовин та неприємних запахів.

Ультрафіолетові лампи: Дезінфекція води для знищення бактерій та вірусів.

### **Постачання води**

Система постачання води забезпечує наявність гарячої та холодної води у всіх водорозбірних точках СПА центру, включаючи душові, басейни та інші зони. Насосні станції використовуються для підтримання стабільного тиску води.

### **Водовідведення**

Водовідведення у СПА центрі забезпечується за допомогою гравітаційної та напірної каналізації. Гравітаційна система відводить стоки за допомогою природного ухилу, тоді як напірна використовує насоси для видалення стоків з важкодоступних місць.

### **Обробка стічних вод**

Стічні води проходять через кілька етапів очистки перед випуском у навколишнє середовище:

Механічна очистка: Видаляються тверді частинки та сміття за допомогою решіток та відстійників.

Біологічна очистка: Використання аеротенків та біофільтрів для розкладання органічних забруднень.

Фізико-хімічна очистка: Коагуляція та флокуляція для видалення дрібнодисперсних забруднень.

Накопичений осад вивозиться на спеціалізовані підприємства для безпечної утилізації. Очищена вода може використовуватися для технічних потреб або поливу зелених насаджень.

Регулярний аналіз води дозволяє вчасно виявляти та усувати будь-які відхилення від санітарних норм. Автоматизовані системи моніторингу забезпечують безперервний контроль параметрів води.

Використання водозберігаючих технологій та обладнання сприяє збереженню водних ресурсів. Підвищення енергоефективності систем водопостачання та водовідведення також знижує вплив на навколишнє середовище.

Водопостачання та водовідведення у СПА центрі є важливими компонентами, які забезпечують комфорт і безпеку відвідувачів, а також зберігають екологічний баланс. Комплексний підхід до цих систем включає ефективне використання водних ресурсів, сучасні технології очистки та постійний моніторинг якості води.

Розділ №4.  
Очисні споруди  
санітарно-оздоровчого  
комплексу

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		46

## РОЗРАХУНОК ОЧИСНИХ СПОРУД

### ГРАТИ

Приймаємо глибину води в камері ґрат 1,5 м, швидкість води у прозорах 0,8 м/с, товщину прозорів 0,016 м, та товщину стержнів (прямокутної форми) 0,008 м. Кількість ґрат – 2 шт.

Визначаємо загальну кількість прозорів в ґратах:

$$n = \frac{Q_{max}}{b \cdot h_1 \cdot V_p \cdot K_3} = \frac{1,26}{0,016 \cdot 1,5 \cdot 0,8}$$

де  $Q_{max}$  – max секундна витрата, 1,26 м<sup>3</sup>/с;  $b$  – ширина прорізів між стержнями, 0,016 м;  $h_1$  – глибина води в каналі перед ґратами,  $h_1 = 1,5$  м;

$V_p$  – швидкість руху води в прозорах,  $V_p = 0,8$  м/с;  $K_3$  – коефіцієнт, що враховує стиснення потоку ґратами і затриманими забрудненнями,  $K_3 = 1,05$ .

Визначаємо загальну ширину ґрат:

$$B_p = S \cdot (n - 1) + b \cdot n = 0,008 \cdot (70 - 1) + 0,016 \cdot 70 = 1,67 \approx 2,0 \text{ м};$$

де  $S$  – товщина стержнів ґрат, 0,008 м;

Визначаємо кількість прозорів на одну з ґрат:

$$n' = \frac{n}{2} = \frac{70}{2} = 35 \text{ шт.}$$

Визначаємо ширину однієї з ґрат:

$$B'_p = \frac{B_p}{2} = \frac{2}{2} = 1,0 \text{ м};$$

Приймаємо ґрати марки МГ-10Т, з пропускною здатністю до 100 тис.

$$\text{м}^3/\text{добу. (В X Н = 1000 X 2000): } h_p = \varepsilon \frac{p \cdot V^2}{2g} = 0,96 \frac{1,368 \cdot 0,8^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0428 \text{ м};$$

де  $p$  – коефіцієнт, що враховує збільшення втрат напору внаслідок забруднення ґрат,  $p = 3,36 \cdot 0,8 - 1,32 = 1,368$ ;  $V$  – швидкість протікання стічної води крізь

прозори ґрат, 0,8 м/с;  $\varepsilon$  – коефіцієнт місцевого опору ґрат, залежить від форми стержнів (прямокутні):  $\varepsilon = \beta \left(\frac{S}{b}\right)^{\frac{4}{3}} = 2,42 \left(\frac{0,008}{0,016}\right)^{\frac{4}{3}} = 0,96$ ;

де  $\beta$  – залежить від форми стержнів, 2,42;  $S$  – товщина стержня, 0,008 м;

$b$  – товщина прозорів між стержнями, 0,016 м.

Визначаємо загальні втрати напору на ґратах:

$$h_{\text{повн}} = 3 \cdot h_p = 3 \cdot 0,0428 = 0,128 \text{ м};$$

### ПІСКОВЛОВЛЮВАЧІ

Приймаємо горизонтальні аеруємі пісковловлювачі (ТП 902 – 2 – 284) пропускною здатністю до 100000 м<sup>3</sup>/добу, кількістю відділень  $n = 3$  шт., розмірами відділення: ширина  $B = 3,0$  м, глибина  $H = 2,1$  м, довжина  $L = 12$  м, відношення  $B:H = 1,34$ ; витрата повітря на аерацію при інтенсивності 3 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год) — 400 м<sup>3</sup>/год. Необхідно передбачити три повітродувки, продуктивністю 100 м<sup>3</sup>/год кожна та одну резервну.

$$\text{Визначаємо площу живого перерізу: } \omega = \frac{Q}{V \cdot n} = \frac{1,26}{0,095 \cdot 3} = 4,42 \text{ м}^2;$$

де  $Q$  – максимальна витрата стічних вод, 1,26 м<sup>3</sup>/с;  $V$  – швидкість руху стічних вод,  $V = 0,095$  м/с;  $n$  – кількість пісковловлювачів, 3 шт;

$$\text{Довжина пісковловлювача: } L = K \frac{1000 \cdot H_p}{U_0} V = 2,16 \frac{1000 \cdot 1,05}{18,7} 0,095 = 11,52 \text{ м};$$

де  $H_p$  – розрахункова глибина, дорівнює половині проектної глибини  $H_{np} = 2,05$  м, а  $H_p = 1,05$  м;  $U_0$  – гідравлічна крупність піску,  $U_0 = 18,7$  мм/с;  $K$  – коефіцієнт,  $K = 2,16$ ;  $V$  – швидкість руху стічних вод,  $V = 0,095$  м/с;

Пісок змивається в приямки системою гідрозмиву. З приямків пісок викачується за допомогою піскових насосів до піскового бункеру. Профільтрована вода через дренажний лоток потрапляє знову до пісковловлювача. На виході з пісковловлювача встановлюємо водозлив з широким порогом.

## РОЗРАХУНОК ДЕГАЗАТОРА

Таким чином розрахункова витрата на дегазаційну установку становить 4,68 м<sup>3</sup>/год (приймаємо вакуумний дегазатор з насадкою з кілець Рашига):

Визначаємо необхідну площу десорбції (H<sub>2</sub>S) за формулою:

$$F = \frac{g}{K_{\Delta} C_{cp}} = \frac{3,0}{0,14 * 0,04} = 365 \text{ м}^2$$

$$F = \frac{Q(C_{\text{вих}} - C_k)}{1000} = \frac{4,68(50 - 0,1)}{1000} = 0,23 \text{ кг/год}$$

де К – коефіцієнт десорбції, 0,14;

Визначаємо необхідну площу десорбції (CO<sub>2</sub>) за формулою:

$$F = \frac{g}{K_{\Delta} C_{cp}} = \frac{3,0}{0,14 * 0,0045} = 582 \text{ м}^2$$

$$F = \frac{Q(C_{\text{вих}} - C_k)}{1000} = \frac{4,68(700 - 3)}{1000} = 3,26 \text{ кг/год}$$

К – коефіцієнт десорбції, 0,14;

Необхідна поверхня насадок визначається за формулою:

$$S_{\text{нас}(\text{CO}_2)} = S_{\text{дес}} * (1 - 0,075) = 577,63 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{нас}(\text{H}_2\text{S})} = S_{\text{дес}} * (1 - 0,075) = 362,26 \text{ м}^2;$$

Приймаємо кільця Рашига з питомою площею поверхні  $\zeta = 206 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ;

Тоді:  $V_{\text{нас}(\text{CO}_2)} = S_{\text{нас}}/\zeta = 2,8 \text{ м}^3$ ;  $V_{\text{нас}(\text{H}_2\text{S})} = S_{\text{нас}}/\zeta = 1,76 \text{ м}^3$ ;  $V_{\text{заг}} = 4,56 \text{ м}^3$ .

Приймаємо дегазатор діаметром 2,0 м, тоді:

Площа поперечного перерізу буде  $=3,14 \text{ м}^2$ ;

Тоді висота шару з кілець Рашига  $H = V/S = 1,5 \text{ м}$ ;

Об'єм повітря на один об'єм дегазуємої води становить 3 об'єми, отже годинна подача повітря становить  $4,68 * 3 = 14,04 \text{ м}^3$ ;

### РОЗРАХУНОК УСЕРЕДНЮВАЧА

Для усереднення витрати стічних вод, яка надходить до очисних споруд приймаємо усереднювач витрати зі збірним пристроєм.

Визначаємо об'єм усереднювача:

$$W = \frac{1,3 * Q * T}{L_n * \left(\frac{k}{k-1}\right)} = \frac{1,3}{n * \left(\frac{3,14}{3,14-1}\right)} = 131 \text{ м}^3$$

де Q – витрата стічних вод; T – тривалість максимальної витрати, 4 год;

K – потрібний коефіцієнт усереднення, 3,14.

Приймаємо усереднювач з розмірами:

$$L \times B \times H = 10 \times 6 \times 2,5 \text{ та витратою } 9,16 \text{ м}^3/\text{год:}$$

Барботажний пристрій вкладаємо вздовж дна усереднювача

$$Q_{\text{пов}} = 12 * 10 = 120 \text{ м}^3/\text{год}$$

### БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ

В якості очисних споруд приймаємо компактну установку «ІМТЕХ». Вона відрізняється високим ефектом очищення, простотою та надійністю, низькими капітальними, енергетичними та експлуатаційними витратами.

Вхідні показники: БСК – до  $500 > 300 \text{ мг/л}$ ; Завислі – до  $400 > 200 \text{ мг/л}$ ; Витрата становить  $200 \text{ м}^3/\text{добу}$ ; Приймаємо установку «ІМТЕХ - 200»: Габаритні розміри:  $14 \times 3 \times 3 \text{ м}$ ; Споживана потужність  $5,2 \text{ кВт}$ ; Вага  $13,0 \text{ т}$ .

### Гідравлічний розрахунок систем водовідведення.

Визначаємо початкову глибину закладання мережі К-1:

$$H = h + i * l + Z_{\text{п}} - Z_{\text{к}} + \Delta = 0,85 + 0,02 * 5 + 100,45 - 100,50 + 0,1 = 1,0 \text{ м;}$$

$$\text{де } h = h_{\text{пром}} - (0,3 \dots 0,5) = 1,1 - 0,3 > 0,7 + D = 0,85;$$

$i$  – ухил випуску, 0,02;  $Z_{\Pi}$  – 100,45 м;  $Z_K$  – 100,50 м;  $\Delta$  – можливий перепад, 0,1 м

Визначаємо початкову глибину закладання мережі К-2:

$$\text{Де } h = h_{\text{пром}} - (0,3 \dots 0,5) = 1,1 - 0,3 = 0,85;$$

Визначаємо початкову глибину закладання мережі К-3:

$$H = h + i \cdot l + Z_{\Pi} - Z_K + \Delta = 0,85 + 0,02 \cdot 5 + 98,8 - 98,75 + 0,1 = 1,1 \text{ м};$$

$$\text{Де } h = h_{\text{пром}} - (0,3 \dots 0,5) = 1,1 - 0,3 > 0,7 + D = 0,85;$$

$i$  – ухил випуску, 0,02;  $Z_{\Pi}$  – 98,8 м;  $Z_K$  – 98,75 м;  $\Delta$  – можливий перепад, 0,1 м

### ОЧИСНІ СПОРУДИ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ

Визначення розрахункових витрат для очисних споруд поверхневого стоку (площа збору дощових вод складає – 3,6 га). Розрахункова витрата дощових вод, л/с, визначається по формулі:  $q_{\text{cal}} = v q_r$

де:  $v$  - коефіцієнт, що враховує заповнення вільної ємності мережі в момент виникнення напірного режиму. Залежить від показника ступеня  $n$ .

Відповідно до визначеного нижче показником ступеня  $n$ :  $v = 0,585$

Для конкретних умов запроектованої площадки стоку вводиться понижуючий коефіцієнт витрати:  $K_1 = 0,12$ .

Розрахункова витрата дощових вод, л/с, визначається по формулі:  $q_{\text{розр}} = K_1 v q_r$

де  $q_r$  (л/с) визначається по формулі :

$$q_r = \frac{z_{\text{mid}} A^{1,2} F}{t_r^{1,2n-0,1}} = 200 \text{ л/с}$$

Де  $z_{\text{mid}}$  – серед. значення коефіцієнта, що характеризує поверхню басейну стоку. Залежить від параметра  $A$ ;  $F$  - площа стоку, га. Для запроектованої площадки  $F = 1,7$  га;  $t_r$  - розрахункова тривалість дощу, хв.

Параметр  $A$  визначається по формулі:

$$A = q_{20} 20^n \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^y = 100 * 20^{0,71} \left(1 + \frac{\lg 1}{\lg 10}\right)^{1,54} = 839$$

де  $q_{20}$  - інтенсивність дощу, л/с на 1 га, для даної місцевості протягом 20 хв. при  $P=1$  рік;  $n$  - показник ступеня. Залежить від  $P$ ;  $m_r$  - середня кількість дощів за рік.  $P$  – період однократного перевищення розрахункової інтенсивності дощу;  $y$  - показник ступеня.

Величини коефіцієнтів і параметрів, необхідних для розрахунку витрати дощових вод стосовно до запроектованої площадки, визначені і розраховані відповідно до викладеного вище і приведені в таблиці.

$Z_{mid}$	A	F, га	$q_{20}$ , л/с	$n$	P	$m_r$	$y$	$y$	$K_1$
0,15	839	3,6	100	0,71	1	110	1,54	0,585	0,12

Стосовно до умов запроектованої площадки розрахункова витрата дощових вод, л/с, для розрахункової тривалості дощу  $t_r$ , рівної 18,3 хв., визначена по приведеній нижче формулі:

$$q_{розр} = K_1 v q_r = 15 \text{ л/сек}$$

Для очищення поверхневого стоку встановлюються очисні споруди ОЛВ-15, продуктивністю 15 л/с (згідно гідротехнічного розрахунку).

Обладнання ОЛВ встановлюється в побудованих камерах очисних споруд та призначене для очистки зливових вод, талих вод та вод від миття території.

В побудованих п'яти камерах влаштовується:

- I. Розподільча камера з ґратами.
- II. Відстійник I ступеню
- III. Відстійник з тонкошаровими блоками II ступеню
- IV. Камера з гідрозатвором.
- V. Відділення фільтрації.

Регламентні роботи (заміна фільтруючого завантаження, чистка та ін.) на очисних спорудах типу ОЛВ здійснюється не рідше одного разу на рік.

Очисні споруди розраховані з наступними вихідними умовами:

Концентрація забруднень:

- по завислим речовинам – 500 мг/ л;
- по нафтопродуктам – 30 мг/л.

Після очистки :

- по завислим речовинам – 12мг/л;
- по нафтопродуктам – 0,3 мг/л.

Ефект очистки:

$$E = (C1 - C2) : C1 \times 100\%$$

$$E_{з.р.} = (500 - 12) : 500 \times 100\% = 99,4\%$$

$$E_{н.п.} = (30 - 0,3) : 30 \times 100\% = 97,6\%$$

Діаметр часток, мм	<0,005	0,005-0,01	0,01-0,03	0,03-0,05	0,05 – 0,1	0,1 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 –1,0	1,0 – 2,0	2,0 – 5,0
Вміст, %	2	2	10	7	14	22	18	12	10	3
Гідравлічна крупність, мм\ с		<0,07	0,07-0,62	0,62-1,73	1,73-6,92	6,92-27	27-54	54 – 94,4	94,4-152,9	152,9 - 289

Розрахункова гідравлічна крупність завислих речовин, які повинні затримуватись на очисних спорудах < 0,07 мм/с, а нафтопродуктів – 1,42 мм/с.

Завислі речовини (осад) затримуються у відстійниках з яких повинні вивозитись у місця, які погоджені з СЕС.

Нафтопродукти підлягають утилізації на підприємствах. Для цього вони збираються адгезійними матами. Розмір матів: 1,0x0,5x0,02 м, поглинаюча

здатність 20 кг/кг завантаження. Ресурс адгезійного мату – близько одного року і уточнюється в процесі експлуатації.

### **Проектні рішення**

Розрахункова продуктивність очисних споруд - 15 л/с. Забруднена частина стоку подається з розподільчої камери по трубопроводу  $D_y=200$  на очисні споруди.

Склад очисних споруд:

- I. Розподільча камера.
- II. Відстійник I ступеню.
- III. Відстійник з тонкошаровими блоками II ступеню.
- IV. Камера з гідрозатвором.
- V. Відділення фільтрації.

Обладнуються:

- утепленими кришками,
- сходовими скобами,

#### **Розподільча камера.**

В розподільчій камері відбувається розподілення потоку. Забруднена частина стоку по трубопроводу  $D_y=200$  мм надходить на очисні споруди, а інша через обвідний трубопровід  $D_y=300$  мм скидається в існуючу мережу К2. Розподільча камера обладнана ґратами, які затримують грубі частинки забруднень.

#### **Відстійник I ступеню.**

Забруднена частина стоку подається з розподільчої камери по трубопроводу  $D_y=200$  мм на відстійник I ступеня, де стік очищується від грубої фракції завислих речовин (75 мг/л). Гідравлічна крупність завислих речовин, що видаляються у відстійнику, складає  $\geq 24.2$  мм/с.

### **Відстійник II ступеню з тонкошаровими блоками.**

З відстійника I ступеня вода подається у відстійник II ступеню по трубопроводу Ду=150 мм. Відстійник обладнаний:

- блоками тонкошарового відстоювання,
- обладнанням для збору нафтопродуктів.

Гідравлічна крупність завислих речовин, що видаляються у відстійнику, складає  $\geq 0,24$  мм/с. Спливаючі нафтопродукти поглинаються адгезійним матом. Втрати напору у відстійнику складають 10 мм.

### **Камера з гідрозатвором.**

Далі стік з концентрацією 40 мг/л по завислим речовинам подається в камеру з гідрозатвором. Тут відбувається довідстоювання.

### **Відділення фільтрації.**

Після камери з гідрозатвором вода потрапляє на доочистку на фільтркасетах, після якої забруднення стоку не перевищує 10 – 12 мг/л по завислим речовинам та 0,3 мг/л по нафтопродуктам. Фільтркасети заповнюються сорбентом. В якості сорбенту використовується базальтове волокно модифіковане кремнійорганічними сполуками. Поглинаюча здатність сорбенту складає від 7 до 14 г нафтопродуктів на 1 г сорбенту.

Кількість циклів регенерації сорбенту – 6. Швидкість фільтрації потоку через касети до 9 м/год. Втрати напору на початку фільтроциклу складають 150 мм. Втрати напору на фільтрі в кінці фільтроциклу (за рахунок замулювання) складають 260 мм.

### **Видалення осаду**

Видалення осаду з відстійників передбачається машинами-муловсмоктувачами. Видалення осаду з очисних споруд виконується за необхідністю. Осад і пісок видаляються і вивозяться на утилізацію.

## **Кількість затриманих речовин.**

Річний об'єм дощових і талих стоків з площі водоскиду 2,2 га направлених на очищення дорівнює:  $W = 5277 \text{ м}^3/\text{рік}$ . Кількість осаду, затриманого в очисних спорудах 1,52 т/рік. Кількість видалених нафтопродуктів – 0,21 т/рік. Кількість зважених речовин, що потрапляють у зливостік, 0,09 т/рік.

## **Заходи щодо забезпечення нормативного стану водного середовища та екологічної безпеки.**

Поверхневий стік збирається закритою системою дощової каналізації, забруднена частина поступає на очистку. Фільтрмати з накопиченими продуктами і завантаження фільтркасет вивозяться для утилізації на підприємство. Накопичений осад вивозиться у місця, які погоджені з СЕС. Підземні води не забруднюються, гідрогеологічний стан не погіршується.

Поверхневий стік, що збирається системою дощової каналізації, містить різноманітні забруднювачі, включаючи нафтопродукти, важкі метали та органічні речовини. Щоб запобігти їх попаданню у природні водойми, стік проходить через комплексну систему очистки. Ось ключові етапи цього процесу:

**Механічна очистка:** На цьому етапі видаляються великі частинки, такі як сміття, листя та пісок, за допомогою решіток та відстійників.

**Хімічна очистка:** Додаються хімічні реагенти для коагуляції та флокуляції забруднень, що дозволяє знизити їх концентрацію.

**Біологічна очистка:** Використовуються мікроорганізми для розкладання органічних речовин, що містяться у воді.

Забруднювачі, зібрані на етапах очистки, потребують безпечної утилізації:

**Фільтрмати та фільтркасети:** Після накопичення забруднюючих продуктів фільтрмати та фільтркасети збираються та вивозяться на спеціалізовані підприємства для переробки та утилізації.

Накопичений осад: Осад, що утворюється під час очистки, вивозиться у місця, погоджені з санітарно-епідеміологічною службою (СЕС), для подальшого безпечного зберігання або переробки.

#### *Захист підземних вод*

Підземні води є важливим джерелом питної води, тому їх захист від забруднення є критичним завданням:

Регулярний моніторинг стану підземних вод дозволяє своєчасно виявляти та усувати можливі джерела забруднення.

Для запобігання проникненню забруднень у підземні водоносні шари використовуються різноманітні технології, включаючи захисні бар'єри та гідроізоляційні системи.

#### *Гідрогеологічні дослідження*

Дослідження гідрогеологічного стану місцевості дозволяють розробляти ефективні стратегії захисту водних ресурсів:

Вивчення характеристик ґрунтових вод дозволяє визначити їх уразливість до забруднень.

Моделювання гідродинамічних процесів: Використання комп'ютерних моделей для прогнозування поширення забруднень у водних шарах.

Ці заходи забезпечують комплексний підхід до охорони водного середовища та підтримки його екологічної безпеки.

# Розділ №5. Управління ризиками

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							58
Зам.	Кільк.	Лист	№ док	Підпис	Дата		

## **Аналіз методів очищення води в системах водопостачання та водовідведення**

Головними забруднювачами річок є хімічна, нафтопереробна, металургійна, целюлознопаперова, машинобудівна промисловість, а також сільське господарство(передусім — тваринництво). На окиснення залишків органічних. Річки також потерпають від різноманітних стоків.

Основними джерелами забруднення природних вод є:

- Атмосферні води, які несуть значні кількості забруднювачів, що вимиваються з повітря і мають переважно промислове походження. При стіканні по схилах, атмосферні та талі води додатково захоплюють з собою значну кількість речовин. Особливо небезпечні стоки з міських вулиць та промислових майданчиків, які несуть значну кількість нафтопродуктів, сміття фенолів, різних кислот.

- Промислові стічні води.

Найбільшими забрудниками поверхневих і підземних вод є:хімічна промисловість;чорна металургія; кольорова металургія; коксохімія;важке, енергетичне і транспортне машинобудування;комунальне і сільське господарство.

Головними джерелами забруднення і забруднюючими речовинами ґрунтових вод є:

- неправильно розташовані звалища та інші сховища отруйних речовин;
- підземні резервуари та трубопроводи (особливу небезпеку становлять втрати бензину на АЗС);
- пестициди, що застосовуються на полях, у садах, на газонах тощо;
- сіль, якою посипають тротуари і вулиці під час ожеледі;
- мазут на дорогах для зв'язування пилу; надлишки стічних вод та каналізаційного мулу.

Проблема очищення води охоплює питання фізичних, хімічних і біологічних її змін у процесі обробки з метою зробити її придатною для пиття. При цьому мова йде не тільки про усунення небажаних і шкідливих властивостей води (очищення), а й про поліпшення її природних властивостей шляхом збагачення відсутніми інгредієнтами. Тому більш правильно розглядати обробку води як процес поліпшення її якості.

Ступінь і способи поліпшення якості води та склад водоочисних споруд залежать від властивостей природної води і від вимог, які пред'являються споживачем до якості води. Основними методами очищення води для господарсько-питного водопостачання є освітлення, знебарвлення та знезараження.

Освітлення води, тобто видалення з неї зважених речовин, може бути досягнуто: відстоюванням води у відстійниках, центрифугуванням в гідроциклон, шляхом пропуску її через шар раніше утвореного зваженого осаду в так званих освітлювачах, фільтруванням води через шар зернистого або порошкоподібного фільтруючого матеріалу у фільтрах або фільтруванням через сітки і тканини.

Для досягнення необхідного ефекту освітлення води у відстійниках, освітлювачах і на фільтрувальних апаратах з зернистою фільтруючою завантаженням домішки води необхідно піддати коагулюванню, тобто дії солей багатовалентних металів. Попутно при цьому відбувається значне знебарвлення води.

Знебарвлення води, тобто усунення або знебарвлення різних забарвлених колоїдів або істинно розчинених речовин може бути досягнуто коагулюванням, застосуванням різних окислювачів (хлор і його похідні, озон, перманганат калію) і сорбентів (активне вугілля, штучні смоли).

Знезараження води виробляють для знищення містяться в ній хвороботворних бактерій і вірусів. Для цього найчастіше застосовують хлорування води, але можливі й інші способи - озонування, бактерицидне опромінення та ін.

Крім зазначених основних методів очищення води можуть застосовуватися й інші спеціальні способи для очищення як господарсько-питної, так і виробничої води.

### **Основні показники надійності очищення води систем водопостачання та водовідведення**

Надійність це властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в граничних межах, відповідних заданим режимам і умовам використання. Об'єктом слід вважати як технічну систему в цілому, так і окремі її елементи, споруди, обладнання, механізми, вироби. Загалом, надійність це комплексна властивість, що включає такі поняття: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереження.

#### **Надійність, як наука має на меті вирішення наступних завдань:**

1. Визначити критерії та кількісні характеристики надійності систем водопостачання та водовідведення;
2. Прогнозувати та зіставляти рівень ефективності, як при розробці систем, та і на період її експлуатації;
3. Оцінити якість будівництва або реконструкції системи, обґрунтування, оптимальні інженерні рішення для досягнення потрібного рівня надійності.

Державна система забезпечення і оцінки надійності технологічних систем базується на нормативних документах (ГОСТи, ДСТУ, ДСТ) та документах для технічного регулювання (СНіП, ДБН, ВБН, «Правилах технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення »).

**Система** - це об'єкт, що являє собою сукупність елементів, які взаємодіють у процесі виконання певного кола завдань та такі, що взаємодіють функціонально.

**Елемент – (системи)** – об'єкт, що являє собою найпростішу частину системи, окремі частини якого не є предметом розгляду в межах конкретного дослідження.

**Технологічна система** – сукупність функціональних взаємопов'язаних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва та виконавців для виконання в межах регламентованих умов виробництва заданих технологічних процесів або операцій. Технологічні системи поділяються на чотири ієрархічних рівнянь, операцій, процесів, виробничих підрозділів, підприємств.

Споруди водопідготовки для питних та виробничих потреб передбачають затримання певних домішок із природних вод, отриманих із водного джерела. Вимоги споживачів до якості води можуть бути різними. Питна вода повинна відповідати вимогам Державних санітарних норм і правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» ( ДержСанПіН 2.2.4-171-10). Основні показники якості води такі: каламутність, кольоровість, запах і присмак, колі-індекс, загальна кількість бактерій, загальна жорсткість, рН, вміст заліза, сухий залишок, Фтор, Марганець, Сульфати, Хлориди.

Технологічну схему вибирають на основі техніко-економічних обґрунтувань, у залежності від необхідної пропускної спроможності, від якості поверхневих вод, вимог до води споживачів та позитивного досвіду експлуатації споруд. Для забезпечення надійності роботи споруд передбачається певна кількість однотипних споруд, що дає можливість при зміні якості вихідної води змінювати кількість працюючих споруд. Крім того, забезпечуються резервування, обвідні лінії. Підземні води вважаються більш надійними для господарсько-питного водопостачання.

Залежно від походження стічних вод поділяють на побутові, виробничі та атмосферні. Вміст забруднень побутових стічних вод передбачає наявність у них мінеральних та органічних домішок. За фізичним станом домішки можуть бути розчинними та нерозчинними. Виробничі стічні води можуть відводитись спільно з побутовими, якщо вони не порушують роботу мереж і споруд.

Для забезпечення надійності роботи споруд їхню кількість слід передбачити з урахуванням резерву, для забезпечення можливості їхнього періодичного відключення. Крім того, передбачають обладнання для регулювання подачі кисню, і зворотного активного мулу, і реагентів. Усі споруди повинні бути розраховані на певну, розрахункову продуктивність і концентрацію забруднюючих речовин, але дозволяється, в окремих випадках, скидати повністю неочищені стічні води (або частково) через вище зазначені аварійні випуски. Технологічна надійність роботи споруд обробки води забезпечують виконання проєктних, будівельних і експлуатаційних заходів.

### Основні показники надійності

**Інтенсивність відмов** - це ймовірність того, що елемент, який раніше проробив безвідмовно до моменту  $t$ , відмовить у відрізьку  $(t + \Delta t)$  за умови, що  $\Delta t$  досить малий:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p(t < \varphi_1 < t + \Delta t / \varphi_1 > t)}{\Delta t} = \frac{p(t < \varphi_1 < t + dt / \varphi_1 > t)}{dt},$$

Де  $\varphi_1$ -випадковий інтервал часу до першої відмови.

Іншими словами,  $\lambda(t)$ - це умовна ймовірність відмови після  $t$  за одиницю часу  $\Delta t$  за умови, що до моменту  $t$  відмови не було. Статистична інтенсивність відмов визначається як відношення числа елементів  $n(t, \Delta t)$ , що відмовили саме в інтервалі  $(t, t + \Delta t)$  до числа елементів  $N(t)$ , справних до моменту  $t$

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n(t, \Delta t)}{N(t)\Delta t}$$

Відомо,  $\Delta t$  що повинне бути досить малим, а  $n(t, \Delta t)$ - великим.

**Імовірність безвідмовної роботи**, тобто ймовірність того, що час безвідмовної роботи буде більше часу  $t$

$$R(t) = p(\varphi_1 > t)$$

Статистично  $R(t)$  визначається як відношення числа елементів  $N(t)$ , що безвідмовно проробили до моменту  $t$ , до первісного числа спостережуваних елементів  $N(0)$

$$\hat{R}(t) = \frac{N(t)}{N(0)}$$

**Імовірність відмови**, тобто ймовірність того, що відмова наступила до моменту  $t$

$$F(t) = p(\varphi_1 < t)$$

Статистично  $F(t)$  є відношенням елементів  $n(t)$ , що відмовили до моменту  $t$  до первісного числа спостережуваних елементів  $N(0)$

$$\hat{F}(t) = \frac{n(t)}{N(0)}$$

**Щільність імовірності відмови** - похідна величина від імовірності відмови. Означає ймовірність того, що відмова елемента відбудеться за одиницю часу  $(t, t+\Delta t)$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = p(t < \varphi_1 < t + \Delta t)$$

Статистично  $f(t)$  визначається як відношення числа елементів  $n(t, \Delta t)$ , що відмовили за інтервал  $\Delta t$  часу, до первісного числа спостережуваних елементів

$$\hat{f}(t) = \frac{n(t, \Delta t)}{N(0)\Delta t}$$

**Середній час безвідмовної роботи**

$$T = M(\varphi) = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Статистично  $T$  є відношенням часу роботи елемента до математичного очікування числа його відмов протягом цього часу. Параметр потоку відмов елемента

$$\omega(t) = \frac{n(t, t + \Delta t)}{N(t)}$$

**Імовірність відновлення елемента за заданий час**, тобто ймовірність того, що час відновлення менше заданого

$$G(t) = p(\varphi_B < t)$$

Де  $\varphi_B$  - випадковий інтервал часу від початку до закінчення відновлення. Статистично  $G(t)$  визначається як відношення числа випадків  $m(t)$ , коли відновлення елемента тривало менше інтервалу  $t$ , до загального числа спостережуваних випадків відновлення  $M(0)$

$$\hat{G}(t) = \frac{m(t)}{M(0)}$$

**Середній час відновлення** або математичне очікування часу відновлення

$$\tau = M(\varphi_B) = \int_0^{\infty} G(t) dt$$

Статистично  $\tau$  - сумарний час відновлення, зафіксований за  $M$  випадків відновлення, віднесений до кількості цих випадків

$$\hat{\tau} = \sum_{i=0}^M \frac{\varphi_{B_i}}{m}$$

**Інтенсивність відновлення** - аналогічно інтенсивності відмов подається як умовна ймовірність відновлення елемента за проміжок  $(t, t + \Delta t)$  за умови, що до цього моменту він відновлений не був

$$\mu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p(t < \varphi_B < t + \Delta t / \varphi_B > t)}{\Delta t} = \frac{p(t < \varphi_B < t + dt / \varphi_B > t)}{dt},$$

$$\hat{\mu}(t) = \frac{m(t, \Delta t)}{M(t) \Delta t}$$

**Коефіцієнт готовності  $K_r$**  визначає ймовірність знаходження елемента в працездатному стані в сталому режимі. Для будь-яких законів розподілу

$$K_r = \frac{T}{(T + \tau)}$$

**Коефіцієнт простою  $K_{пр}$**  визначає ймовірність того, що в сталому режимі в довільний момент часу елемент буде непрацездатний. Очевидно, що

$$K_{пр} = 1 - K_r = \frac{\tau}{(T + \tau)}$$

**Коефіцієнт технічного використання** обчислюють за формулою

$$K_{ТВ} = \frac{T}{(T + \tau + \eta)}$$

де  $\eta$  - математичне очікування часу знаходження елемента у відключеному стані для виробництва профілактичних робіт.

**Коефіцієнт оперативної готовності** являє собою ймовірність безвідмовної роботи елемента протягом заданого часу роботи ( $t, \Delta t$ ) у період нормального функціонування за умови, що до цього моменту елемент не відмовив

$$K_{ог} = K_r R(t)$$

На основі аналізу великої кількості статистичних даних про відмови елементів ТС доведено, що можна виділити три фази з різними закономірностями зміни інтенсивності відмов.

Перша фаза - відмови припрацювання.

Друга фаза - нормальний період роботи елемента.

Третя фаза - старіння елемента.

### **Попередній аналіз небезпек**

Система водовідведення – це комплекс елементів для забирання, обробки до необхідної якості стічних вод. Структура та взаємне розміщення окремих елементів системи водовідведення залежать від її призначення, місцевих природних умов і санітарних вимог до води.

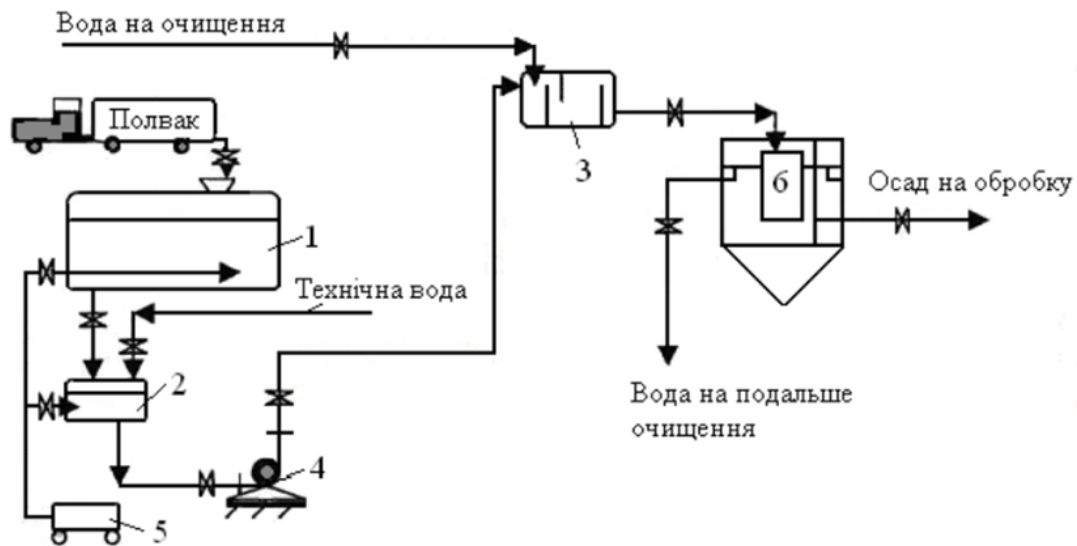


Рис. 1.4. Схема приготування та дозування розчину коагулянтів [3]: 1 — бак зберігання коагулянтів; 2 — бак приготування робочого розчину; 3 — змішувач; 4 — насос—дозатор; 5 — компресор; 6 — відстійник

У загальному вигляді схема приготування та дозування розчину коагулянтів включає такі елементи:

1. Бак зберігання коагулянту: Це місце, де зберігається коагулянт в сухому чи залитому водою вигляді;
2. Бак приготування робочого розчину: Це місце, де коагулянт доводять до робочого розчину;
3. Змішувач: Установа, де відбувається змішування води та робочого розчину;
4. Насос-дозатор: Установа, яка перекачує робочий розчин в змішувач;
5. Компресор: Промислове обладнання, призначеного для стиснення повітря або газу з подальшою подачею під тиском;
6. Відстійник: Резервуар, призначений для відділення від води завислих речовин.

Системи очищення стічних вод численні, і по характеру своєї роботи,

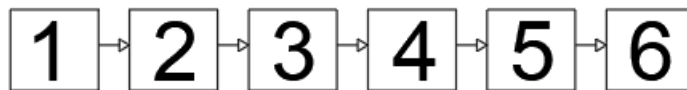
практично, виключають безконтрольний викид енергії, але всі збої в роботі цих систем можуть бути прирівняні до витоків токсичних речовин, шкідливих для екосистеми, хоча і не дуже високої концентрації.

### **Побудова спрощеної структурно-функціональної схеми системи водоочищення**

У залежності від вигляду системи очищення води при аналізі ризику необхідно: 1) виявити джерела небезпеки, які залежать від характеру роботи елементів; 2) визначити елементи системи, що можуть викликати найбільш небезпечні стани при роботі. Цей аналіз, а також його результати будуть залежати від конкретного конструктивного пристрою і методу, на якому працює система водоочищення.

Незважаючи на різноманіття існуючих систем, є деякі загальні підходи і методики які можна використовувати, зокрема: 1) попередній аналіз небезпек; 2) виявлення послідовності небезпечних ситуацій; 3) аналіз наслідків. Звичайно для цього використовуються так називані дерева рішень, подій і відмовлень.

Попередній аналіз небезпек заснований на побудові матриць сполучень станів елементів системи. Дана методика розглядається на основі вивчення роботи структурно-функціональної блок-схеми системи водоочищення. Ця система очистки води може бути представлена структурною схемою, яка має вигляд:



Структурна схема приготування та дозування розчину коагулянтів

1 – бак зберігання коагулянту ; 2 – бак приготування робочого розчину;  
3 – змішувач; 4 – насос-дозатор; 5 – компресор; 6 – відстійник.

### **Розрахунок матриці поєднань**

Умовимося, що кожен елемент цієї системи може знаходитися в двох станах «робота +» чи «відмовлення – ». Стан характеризується їх ймовірностями, так ймовірності робочого стану системи будуть  $P_{1+}, P_{2+}, P_{3+}, P_{4+}, P_{5+}, P_{6+}$  а ймовірності елементів у стані відмовлення позначимо відповідно  $P_{1-}, P_{2-}, P_{3-}, P_{4-}, P_{5-}, P_{6-}$  що складає відповідно для робочого стану значення 0,96; 0,97; 0,98; 0,98; 0,95; 0,96 і для стану відмовлення 0,03; 0,02; 0,04; 0,04; 0,03; 0,04. Матриця сполучення стану елементів, що буде враховувати ймовірності відмовлень елементів системи в їхніх усіляких сполученнях має вигляд, представлений у таблицях Матриці.

У даній матриці є різні сполучення станів елементів, що дозволяє визначити слабкі сполучення і найбільші ймовірності відмовлень.

Попередній аналіз небезпек і виявлення послідовності небезпечних ситуацій можна проводити використовуючи матриці сполучень станів, що дає можливість легко визначити сполучення елементів, що дають найбільший ризик при експлуатації. Даний метод легко піддається комп'ютеризації, тому що математичний і алгоритмічний апарат звертання з матрицями знаходиться в даний час на високому рівні.

17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	16
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	12
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	15
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	24
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	25
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	26
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	34
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	35
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	36
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	45
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	46
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	56
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	123
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	134
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	145
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	156
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	234



Якщо проаналізувати працездатні стани елементів по стовпцях, то можна встановити наступне:

- подвійні сполучення елементів, мають найбільш часту імовірність працездатності 0,93. Найбільш рідко подвійні сполучення елементів мають імовірність працездатності 0,96;

- потрійні сполучення: 123 має імовірність працездатності 0,91. Сполучення 134 імовірність 0,92. Сполучення 145 має імовірність працездатності 0,89. Сполучення 156 має імовірність 0,88. Сполучення 234 має імовірність працездатності 0,93.

Як видно “внутрішня“ працездатність елементів може бути оцінена в такий спосіб.

### Побудова «дерева відмов»

При попереднім дослідженні визначеної схеми приготування та дозування розчину коагулянтів необхідно враховувати її конструкцію й апаратуру якою дана система оснащена. Дані по ймовірностях відмовлень необхідно брати для конкретних елементів і блоків. У цьому випадку можна одержати не тільки якісні, але і кількісні показники по ймовірностях ризиків.



## Визначення показників надійності системи схема приготування та дозування розчину коагулянтів

$$\omega_1 = 0,41 \text{ 1/рік} \quad \tau_1 = 14,0 \text{ год.} \quad \omega_4 = 0,66 \text{ 1/рік} \quad \tau_4 = 10,0 \text{ год.}$$

$$\omega_2 = 0,34 \text{ 1/рік} \quad \tau_2 = 7,0 \text{ год.} \quad \omega_5 = 0,004 \text{ 1/рік} \quad \tau_5 = 15,0 \text{ год.}$$

$$\omega_3 = 0,27 \text{ 1/рік} \quad \tau_3 = 6,0 \text{ год.} \quad \omega_6 = 0,014 \text{ 1/рік} \quad \tau_6 = 13,0 \text{ год.}$$

Частота відмов:

$$\omega_c = \sum_1^6 \omega_i = 0,41 + 0,34 + 0,27 + 0,66 + 0,004 + 0,014 = 1,698/\text{рік}$$

Середній час відновлення, год.

$$\tau_c = \frac{1}{\omega_c} \sum_1^6 \omega_i \tau = \frac{1}{1,689} (0,41 * 14 + 0,34 * 7 + 0,27 * 6 + 0,66 * 10 + 0,004 * 15 + 0,014 * 13) = 9,82$$

Середній час безвідмовної роботи

$$T_c = \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{1,689} = 0,592 \text{ років}$$

Або

$$T_c = 0,592 * 8760 = 5186 \text{ год.}$$

Імовірність відмови системи за  $t=1$  рік

$$F_c(1) = 1 - e^{-\omega t} = 1 - e^{-1,698*1} = 0,82.$$

Таким, чином ми бачимо що якщо імовірність відмови дорівнює 0.82, це означає, що за певних умов експлуатації в заданому інтервалі часу очікується, що 82% з усіх пристроїв, систем або компонентів не будуть працювати належним чином. Це може призвести до збільшення вартості обслуговування, зниження надійності, збільшення ризику виникнення аварій, зниження ефективності тощо.

### Розрахунок ризику помилок обслуговуючого персоналу

Дії обслуговуючого персоналу є реакцією на якісь вимоги. Коли оператор на виробництві викликає поломку якогось елемента чи його дії залишають невідповідність у технологічній схемі, то він є причиною не тільки

первинного, але і вторинного відмовлень.

У даному випадку, відповідно до технології очищення води, перед включенням електрокоагулятора необхідно заповнити водою електродну камеру 2. Якщо оператор ненавмисно включає електрокоагулятор, не заповнивши його водою, то апарат випробує вторинне відмовлення, тому, що він не зможе включитися сам по собі і зажадає додаткового ремонту. Такий вид відмовлення можна оцінити кількісно, ґрунтуючись на частоті включень (запитів) і частоті помилок оператора на даний вид запиту.

Оператор одержує запит включити електрокоагулятор два рази в рік, тому що це зв'язано з виробленням електродів і зниженням показників якості води, яка очищується. Є імовірність того, що оператор включить установку без попереднього заповнення водою. За технологічними умовами апарат може відключитися один раз у 10 років. У середньому буде потрібно близько 10 годин на ремонт електрокоагулятора і заміну електродів. Тому середній час між запитами складає 0,2/12 року. Середній час до помилки оператора складе  $0,2/12 \times 100$  рокам, тоді умовна інтенсивність вторинного відмовлення  $\lambda_{(s)}$  прийме вигляд:

$$\lambda_{(s)} = \frac{1}{(0,2/12)100} = 0,6 \text{ (років}^{-1}\text{)}.$$

Умовна інтенсивність первинного відмовлення  $\lambda_{(p)}$  буде дорівнювати:

$$\lambda_{(p)} = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Тоді, загальна інтенсивність відмовлень відповідно буде дорівнювати:

$$\lambda = \lambda_{(s)} + \lambda_{(p)} = 0,6 + 0,1 = 0,7$$

Далі обчислимо середній наробіток до відмовлення СНДВ:

$$\text{СНДВ} = \frac{10}{365 \times 24};$$

Звідси обчислимо інтенсивність ремонтів для первинного і вторинного відмовлень  $\mu$

$$\mu = 365 \frac{24}{10} = 876 \text{ (лет}^{-1}\text{)}$$

Таким чином, при  $t = 1$  рік, функцію розподілу працездатності  $R(t)$  визначаємо за формулою:

$$R(1) = e^{-0,7} = 0,496;$$

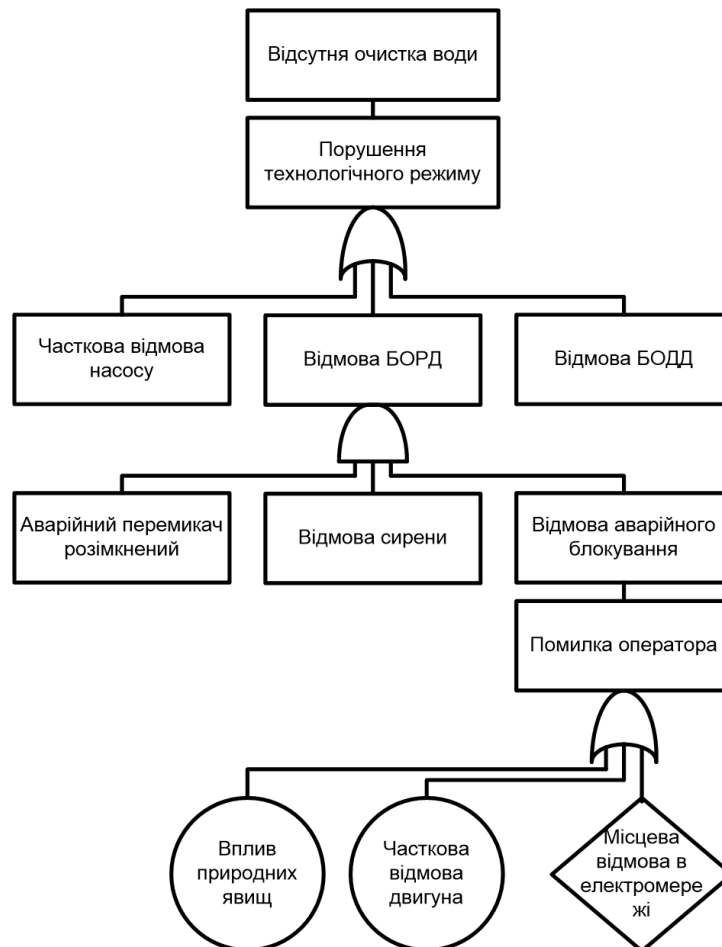
тоді, коефіцієнт простою  $Q(t)$  буде дорівнювати згідно формулі:

$$Q(1) = \frac{0,7}{0,7+876} [1 - e^{-(0,7+876)}] = 7,98 \cdot 10^{-4}$$

Таким чином, тривалість простою протягом року буде:

$$T_{\text{пр}} = 365 \cdot 7,98 \cdot 10^{-4} \cdot 24 = 6,99 \text{ час}$$

Дерево відмов помилок оператора можна представити у наступному вигляді.



### Розрахунок ризику впливу навколишнього середовища

Небезпеки в системі викликаються яким-небудь одним елементом чи набором елементів, що створюють аварійну подію. Навколишнє середовище, яке обслуговує персонал підприємства і природне старіння можуть впливати

на систему тільки через її елементи.

Розрізняють два види впливу з боку навколишнього середовища:

1. Впливи з боку навколишнього середовища є причиною вторинних відмовлень елементів.
2. Впливи з боку навколишнього середовища є причиною помилкових команд на елементи.

Помилкова команда може бути визначена як неробочий стан елемента через неправильного керуючого чи сигнал перешкоди, і часто не потрібно проведення ремонту для повернення елемента в робочий стан. Таким чином, помилкова команда існує тоді і тільки тоді, коли існує неправильна команда.

У результаті кількісна оцінка помилкової команди зводиться до розгляду цієї неправильної команди. Фактично неправильні команди, такі як «відмова в мережі електроживлення» чи «мимовільні зовнішні перешкоди» з'являються як вихідні події. Впливи з боку навколишнього середовища можна оцінювати кількісно тим же способом, що й елементи системи.

Якщо прийняти середній наробіток до відмовлення (СНДВ) рівним 0,5 року, тому що заміна електродів виробляється кожні півроку, а середню тривалість ремонту (СТР) рівну 50 хв для відмовлень у мережі електроживлення, тоді інтенсивність відмовлень буде дорівнювати

$$\lambda = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ роки}^{-1};$$

Середня тривалість ремонту, відповідно, буде дорівнювати:

$$СТР = \frac{50}{(365 \times 24 \times 60)} = 9,51 \times 10^{-5} \text{ років};$$

Звідси можна підрахувати інтенсивність ремонту:

$$\mu = \frac{1}{СТР} = 1,05 \times 10^4 \text{ років}^{-1};$$

Таким чином, при  $t = 1$  рік, функцію розподілу працездатності  $R(t)$  визначаємо за формулою [53]:

$$R(1) = e^{-2 \times 1} = 0,135;$$

тоді, коефіцієнт простою  $Q(t)$  буде дорівнювати згідно формулі [53]:

$$Q(1) = \frac{2}{2+10500} [1 - e^{-(2+10500)}] = 1,9 \times 10^{-4};$$

Таким чином, тривалість простою протягом року буде:

$$T_{\text{пр}} = 365 \times 1,9 \times 10^{-4} \times 24 = 1,6 \text{ год.}$$

Тоді сумарна тривалість простою протягом року (через помилки оператора і впливи навколишнього середовища, у випадку одночасного впливу) буде:

$$T_{\text{пр}} = 1,6 + 6,99 = 8,59 \text{ год.}$$

Таким чином, сумарна тривалість простою буде дорівнювати 8,59 годин.

### **Розрахунок техногенних ризиків**

Причинами цих ризиків є відмови блоків і елементів систем водоочищення, часткові відмови і нештатна робота систем водоочищення і ризику при штатній роботі систем водоочищення, як наслідок фізико – хімічних принципів на яких вони працюють. В наслідок цього можна визначити:

$P(R_{\text{відмов}})$  – ймовірність ризику, яка викликана відмовами блоків і елементів систем водоочистки;

$P(R_{\text{нештатна}})$  - ймовірність ризику, яка викликана частковими відмовами блоків і елементів систем водоочистки;

$P(R_{\text{штатна}})$  - ймовірність ризику, який трапляється при штатній роботі систем водоочистки, як наслідок фізико – хімічних принципів на яких вони працюють.

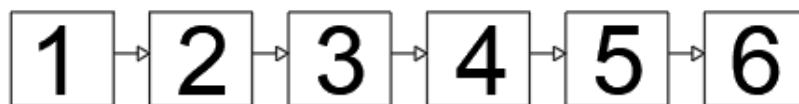
Ці ймовірнісні події є сумісними, бо реалізація однієї події не виключає реалізації інших.

Сумарна ймовірність цих подій, якщо використати повну теорему додатку сумісних подій, буде:

$$P(R_{\text{сумарний}}) = P(R_{\text{відмов}} + R_{\text{нештатна}} + R_{\text{штатна}}) = P(R_{\text{відмов}}) + P(R_{\text{нештатна}}) + P(R_{\text{штатна}}) - P(R_{\text{відмов}} \cdot R_{\text{нештатна}}) - P(R_{\text{відмов}} \cdot R_{\text{штатна}})$$

–  $P(R_{\text{нештатна}} \cdot R_{\text{штатна}}) - P(R_{\text{відмо.}} \cdot R_{\text{нештатна.}} \cdot R_{\text{штатна}})$ .

Таким чином, можна стверджувати, що значна кількість методів водоочищення при роботі у штатному режимі мають ризики при деяких обставинах недоочищувати воду. Це можна прослідкувати на схемі:



1 – бак зберігання коагулянту ; 2 – бак приготування робочого розчину; 3 – змішувач; 4 – насос-дозатор; 5 – компресор; 6 – відстійник.

- елементи 3, 4, 5 електричні;

- елементи 1, 2, 6 чисто механічні – корпусні.

Слід відзначити, що зазначені ймовірності відповідають тільки умовам «відмовлення – робота». Імовірності відмовлення в принципі невеликі, хоча і можуть спричинити небажані наслідки щодо виникнення ризиків скидання неочищеної води в навколишнє середовище і влучення шкідливостей у людський організм. У випадку явного відмовлення елемента системи це виявляється досить швидко, і працездатність системи відновлюється за рахунок чи резервування ремонту. Значно велику небезпеку можуть представляти стану, що характеризуються умовами «штатна робота» - «позаштатна робота».

Стан «позаштатна робота» може викликатися різними причинами: для елементів 3, 4, 5 електричних, - в переважній більшості випадків коливаннями напруги в електричній мережі, що відповідно до існуючого стандарту може становити  $\pm 20\%$ . Для силової мережі 380 В це складе відповідно 304 – 456 В. Для побутової мережі - 176 – 264 В. Ці коливання будуть викликати коливання густини струму в елементах 3, 4, 5 що призведе до порушення оптимальних режимів роботи, недолік чи надлишок виходу катіонів заліза, недолік чи надлишок окислювача, а також недолік чи

надлишок  $\text{CO}_2$ , у наслідок чого значення рН буде відрізняться від заданого.

Імовірності штатної працездатності елементів за літературними даними і за даними досліджень складуть:

$$P_1 = 0,96; P_2 = 0,97; P_3 = 0,98; P_4 = 0,98; P_5 = 0,95; P_6 = 0,96;$$

Усе це призведе до того, що в навколишнє середовище буде скидатися недоочищена вода.

Добова частота коливань є в загальні випадковою величиною, також як і тривалість періоду коливання. Однак виробничий досвід показує, що ймовірність виникнення коливання напруги може складати 0,2 - 0,25. Таким чином, найбільша ймовірність стану «позаштатна робота» дорівнює  $P_{\text{шт}} = 0,25$ . Відповідно ймовірність стану «штатна робота» визначиться як  $P_{\text{шт}} = 0,75$ .

Елементи 1, 2, 6 – корпусні, тому не можуть знаходитися в стані позаштатної роботи, тому ймовірності їхньої штатної роботи збігаються з ймовірностями працездатності.

Для розрахунку ймовірностей безвідмовної роботи всієї системи, а також для розрахунку ймовірностей штатної роботи перетворимо схему таким чином, щоб елементи 1, 2, стали внутрішніми піделементами елемента системи 3, тобто насоса-дозатора. Крім того, змінимо рисунок так, щоб елемент 6 став внутрішнім піделементом елемента 5. Відповідно зміняться ймовірності загальної працездатності і штатної працездатності цих елементів. При розрахунку ймовірностей необхідно враховувати, що загальна працездатність усієї системи можлива тільки при робочому стані всіх елементів. Позаштатна робота системи, викликана коливаннями напруги в мережі, буде залежати від одночасної позаштатної роботи піделементів 1, 2, 3, 4, 6. У всіх інших випадках ці елементи працюють незалежно друг від друга. Тому вихід із ладу одного чи декількох цих піделементів не призводить до виходу з ладу всієї системи, а тільки до її позаштатної роботи. Також позаштатна робота одного чи декількох цих піделементів незалежно друг від

друга призводить до позаштатної роботи всієї системи, але вже з іншою ймовірністю.

Ймовірність загальної працездатності перетвореного елемента 3 буде дорівнювати:

$$P'_{3\text{заг}} = P_{1\text{заг}} \times P_{2\text{заг}} \times P_{3\text{заг}} = 0,96 \times 0,97 \times 0,98 = 0,91$$

Тоді ймовірність штатної працездатності перетвореного елемента 3 при коливаннях напруги буде:

$$P'_{3\text{шт}} = P_{1\text{шт}} \times P_{2\text{шт}} \times P_{3\text{шт}} = 0,78 \times 0,77 \times 0,98 = 0,59$$

Таким чином, ймовірність штатної працездатності перетвореного елемента 3 при позаштатній роботі одного з елементів 1, 2, 6 буде:

$$P'_{3\text{шт}} = P_{1\text{шт}} \times P_{2\text{заг}} \times P_{3\text{заг}} = 0,8 \times 0,97 \times 0,98 = 0,76$$

Величина ймовірності загальної працездатності перетвореного елемента 5:

$$P'_{5\text{заг}} = P_{6\text{заг}} \times P_{5\text{заг}} = 0,96 \times 0,95 = 0,912$$

Тоді ймовірність штатної працездатності перетвореного елемента 5:

$$P'_{5\text{шт}} = P_{6\text{шт}} \times P_{5\text{шт}} = 0,8 \times 0,95 = 0,76$$

Відповідно ймовірність загальної працездатності всієї системи буде:

$$P_{\text{сист.заг.}} = P'_{3\text{заг}} \times P_4 \times P'_{5\text{заг}} = 0,91 \times 0,98 \times 0,912 = 0,813$$

Тоді як, ймовірність штатної працездатності всієї системи при коливаннях напруги буде:

$$P_{\text{сист.шт.}} = P'_{3\text{шт}} \times P_4 \times P'_{5\text{шт}} = 0,59 \times 0,98 \times 0,76 = 0,44$$

Узагалі ймовірність штатної працездатності всієї системи при позаштатній роботі одного з елементів 1, 2, 8 буде:

$$P_{\text{сист.шт.}} = P'_{3\text{шт}} \times P_4 \times P'_{6\text{шт}} = 0,76 \times 0,98 \times 0,76 = 0,566$$

Якщо співвіднести отримані результати з даними роботи, де показані залежності ступеня очистки води від технологічних режимів роботи коагулятора, то можна відзначити:

- якщо виконуються умови роботи 2, 5 чи 3, 6, то в навколишнє середовище скидається очищена вода з показником жорсткості  $G = 0,1$  мг-екв/л;

- якщо виконуються умови роботи 6, то показники очищення води в середньому знижуються, в навколишнє середовище скидається недоочищена вода із середнім показником жорсткості  $G = 1,6-2$  мг-екв/л.

Як видно з приведених розрахунків, імовірність скидання недоочищеної води досить висока. Це означає, що в навколишнім середовищі будуть накопичуватися шкідливості, що, в остаточному підсумку, будуть спожиті людиною і це природно призведе до погіршення стану здоров'я людини.

### **Заходи щодо зниження ризиків в системі водоочищення**

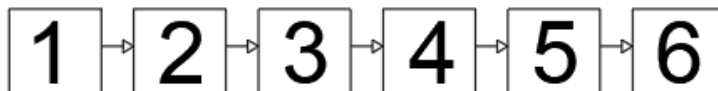
В системі водоочищення важливо вживати заходи для зниження ризиків та забезпечення безпечної експлуатації. Безвідмовна та надійна робота систем водопостачання забезпечує нормальну роботу соціально-побутових та промислових підприємств, а також безпечну роботу протипожежних систем, яка може порушуватися при припиненні подачі якісного продукту споживачеві. В Україні та за кордоном цій проблематиці присвячено багато наукових праць, які присвячені оцінці, розрахункам і управлінню техногенними ризиками.

При досить тривалій роботі системи водоочищення в ній встановлюється ймовірнісний постійний режим переходу зі стану в стан за схемою “робочий стан усіх блоків – відмова одного чи декількох блоків – ремонт – робочий стан усіх блоків“. Імовірності послідовності і тривалості цих подій піддаються визначенню, що дає можливість оцінювати ризики, що виникають при експлуатації і визначати стратегію управління для мінімізації цих ризиків.

Імовірність інтенсивності потоку відмов і можливі зміни цієї ймовірності під час експлуатації системи водоочищення залежать від тимчасового інтервалу на кривій відмов, на якому розглядається робота цієї системи. Визначення цієї ймовірності дає можливість прогнозувати ризики на весь період експлуатації системи і вживати заходів для їхньої мінімізації.

## Техніко-економічне обґрунтування мінімізації техногенних ризиків в системах водоочищення

Управління ризиками конкретної системи водоочищення і економічні показники розраховані на прикладі роботи установки приготування та дозування розчину коагулянтів. Загальна продуктивність становить 30 м<sup>3</sup>/год. Тривалість міжремонтного циклу складає 25920 год.



Структурна схема приготування та дозування розчину коагулянтів:

1 – бак зберігання коагулянту ; 2 – бак приготування робочого розчину;  
3 – змішувач; 4 – насос-дозатор; 5 – компресор; 6 – відстійник.

Ймовірності штатної працездатності елементів за літературними даними і за даними досліджень складуть:

$$P_1 = 0,96; P_2 = 0,97; P_3 = 0,98; P_4 = 0,98; P_5 = 0,95; P_6 = 0,96.$$

Це означає, що ймовірність відмов блоків системи становить:

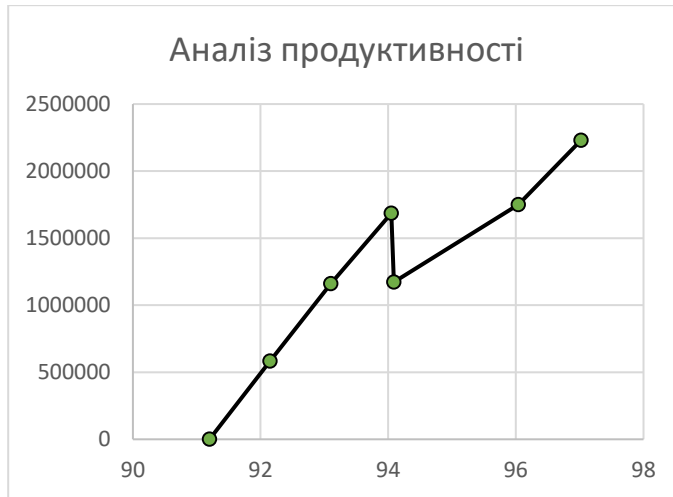
$$P_{в1} = 0,03; P_{в2} = 0,02; P_{в3} = 0,04; P_{в4} = 0,04; P_{в5} = 0,03; P_{в6} = 0,04.$$

Розраховуємо матриці сполучень. Дослідження ймовірності відмов системи, як повних так і часткових за допомогою матриці сполучень показують, що найбільш “слабкі” сполучення, це сполучення куди входять блоки 5 і 6.

Якщо підвищити ймовірність працездатності блоку 5 і блоку 6, наприклад до значення до 0,98, то це дозволило б оптимізувати роботу цього сполучення таким чином, що міжремонтний цикл збільшився б на 20 %, тобто на 5 184 години. Це дозволило б додатково очистити 155 520 м<sup>3</sup> води, тобто, враховуючи ціну 1 м<sup>3</sup> очищеної води, додатково одержати продукції на 3 558 919,68 грн. Перераховуючи на рік це складає 1 173 399,17 грн/рік, або 22,884 грн/м<sup>3</sup>.

Практично це можливо зробити, але треба враховувати той факт, що

підвищення надійності роботи блока 5 і 6 потребує достатньо значних витрат, причому кожен наступний відсоток підвищення працездатності, як правило, коштує на порядок більше, ніж попередній.



Аналізуючи одержані результати у цьому конкретному прикладі, можна стверджувати, що найбільш продуктивний варіант - це варіант 7 за таблицею, який дозволяє отримати найбільший прибуток. Цьому варіанту відповідає крапка 97,02 на діаграмі

Варіанти	P <sub>5</sub> , %	P <sub>6</sub> , %	P <sub>5xP<sub>6</sub></sub> , %	Загальні витрати, грн	Ризик відмови сполучення і виходу неякісної води %	Збільшення міжремонтно го циклу, %	Додаг-кова продук-ція, м <sup>3</sup>	Прибуток, грн	Чистий прибуток, грн
1	95	96	91,2	0	8,8	0	0	0	0
2	95	97	92,15	650	7,85	3,28	25505	582 636	581986
3	95	98	93,1	6500	6,9	6,56	51010	1167312	1160812
4	95	99	94,05	65000	5,95	9,84	76516	1750992	1685992
5	96	97	94,09	1300	5,91	6,597	51298	1173903	1172603
6	97	98	96,04	13000	3,96	13,26	77060	1763441	1750441
7	98	99	97,02	130000	2,98	20	103109	2359546	2229546

Тепер, виходячи з цього варіанту, можна розрахувати більш точно і одержати такі результати: є можливість додатково очистити 152332 м<sup>3</sup> води, тобто, враховуючи ціну 1 м<sup>3</sup> очищеної води, додатково одержати продукції на 3 485 965,488 грн. У перерахунку на рік це складає 1 150 483,66 грн/рік, або 22,884 грн/м<sup>3</sup> (за розрахунками на кінець 2023 року). Таким же чином можна розрахувати за допомогою матриці сполучень будь-яку систему водоочищення, яка працює на будь-яких технічних принципах.

# Розділ №.6

## Охорона праці

							Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	84

1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виконанні робіт

Небезпечний або шкідливий фактор	Характеристика	Кількісна оцінка (чисельні дані)	Нормативні документи
Хімічне забруднення	Вміст важких металів, ПАВ, хімічних реагентів	0,5 мг/л (Zn)	ДСТУ EN 689:2018, ДСанПіН 7.7.5-013-99
Біологічне забруднення	Патогенні мікроорганізми, бактерії	10 <sup>6</sup> КУО/100 мл (E.coli)	ДБН В.1.2-8:2021
Газові викиди	Метан, сірководень, аміак	5 мг/л (CH <sub>4</sub> )	ДСТУ ISO 14001:2015
Температурний режим	Підвищена температура стічних вод	25°C	ДСН 3.3.6.042-99
Шумове забруднення	Високий рівень шуму від обладнання	85 дБ	ДБН В.1.1-31:2013, ДСТУ 3515-97
Радіаційне забруднення	Присутність радіоактивних речовин	0,1 Бк/л	Наказ №54 від 02.02.2005
Механічні небезпеки	Ризик травматизму від рухомих частин обладнання	Н/А	ДБН В.1.2-6:2021

## 2. Заходи для уникнення шкідливої та небезпечної дії факторів

Небезпечний або шкідливий фактор	Заходи
Хімічне забруднення	Використання фільтраційних систем, хімічне осадження, нейтралізація реагентів
Біологічне забруднення	Ультрафіолетова дезінфекція, хлорування, застосування біофільтрів
Фізичне забруднення	Сепарація, відстійники, механічні фільтри
Газові викиди	Аерація, біофільтри, установка газоочисних систем
Температурний режим	Охолодження стічних вод перед скиданням, використання теплообмінників
Шумове забруднення	Встановлення шумозахисних екранів, використання звукоізоляційних матеріалів
Радіаційне забруднення	Моніторинг радіаційного фону, використання захисних бар'єрів
Механічні небезпеки	Встановлення захисних огорож, регулярне технічне обслуговування обладнання

Очисні споруди - це об'єкти підвищеної небезпеки, де працівники стикаються з різноманітними шкідливими і небезпечними виробничими факторами. Тому охорона праці на очисних спорудах має першочергове значення.

*Основні небезпеки при роботі на очисних спорудах:*

*Небезпека отруєння шкідливими газами:* Сірководень, аміак, метан, хлор та інші гази, що можуть виділятися в процесі очищення стічних вод, можуть призвести до отруєння працівників.

*Небезпека падіння з висоти:* Робота на висоті (обслуговування резервуарів, механізмів) пов'язана з ризиком падіння.

*Небезпека ураження електричним струмом:* Робота з електрообладнанням (насоси, повітродувки) може призвести до ураження електричним струмом.

*Небезпека травмування рухомими частинами механізмів:* Обслуговування механізмів (граблі, конвеєри) може призвести до травмування рухомими частинами.

*Небезпека захворювань інфекційними хворобами:* Контакт зі стічними водами та осадом може призвести до захворювань інфекційними хворобами.

*Небезпека пожежі та вибуху:* На очисних спорудах можуть знаходитися легкозаймисті та вибухонебезпечні речовини (метан, хлор).

*Небезпека роботи в замкнутому просторі:* Робота в резервуарах, колодязях, каналах може призвести до нестачі кисню та отруєння шкідливими газами.

*Заходи охорони праці на очисних спорудах:*

*Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту:* Спецодяг, спецвзуття, респіратори, захисні окуляри, каски, рукавиці.

*Навчання працівників безпечним методам роботи:* Інструктаж з охорони праці, навчання на робочому місці, перевірка знань.

*Забезпечення вентиляції та освітлення приміщень:* Встановлення систем вентиляції та освітлення, що відповідають нормативним вимогам.

*Огородження небезпечних зон:* Встановлення огорожень навколо рухомих частин механізмів, відкритих резервуарів, колодязів.

*Забезпечення засобів пожежогасіння:* Встановлення пожежних щитів, вогнегасників, систем пожежної сигналізації.

*Проведення медичних оглядів:* Регулярні медичні огляди працівників для виявлення професійних захворювань.

*Контроль за станом обладнання та приміщень:* Регулярні технічні огляди обладнання, ремонт та обслуговування, контроль за станом приміщень.

*Розробка інструкцій з охорони праці для кожного виду робіт:* Детальний опис небезпечних факторів, заходів безпеки та правил надання першої допомоги.

*Забезпечення працівників засобами зв'язку:* Радіостанції, мобільні телефони для зв'язку з диспетчером або керівником робіт.

*Організація безпечного виконання робіт в замкнутому просторі:* Забезпечення припливу свіжого повітря, використання газоаналізаторів, наявність страхувального спорядження та спостерігача поза замкнутим простором.

Дотримання вимог охорони праці на очисних спорудах є запорукою збереження життя та здоров'я працівників, а також забезпечення ефективної та безпечної роботи підприємства.

### 3. Інженерний розрахунок небезпечного фактору (Хімічне забруднення)

Вихідні данні для розрахунку

Об'єм стічних вод: 1000 м<sup>3</sup>/день

Вміст хімічних речовин (цинк - Zn): 0.5 мг/л

Розрахунок

Визначення маси забруднювача:

Маса хімічного забруднювача = Концентрація забруднювача (мг/л) \*  
Об'єм стічних вод (л/день)

Враховуючи, що 1 м<sup>3</sup> = 1000 л, отримаємо:

Маса забруднювача=0.5 мг/л×1000 л/м<sup>3</sup>×1000 м<sup>3</sup>=500 000 мг/день=500  
г/день.

Очищення хімічного забруднювача:

Припустимо, що ефективність очисних споруд становить 95% для  
видалення важких металів.

Залишкова маса забруднювача після очищення:

Залишкова маса=500 г/день×(1-0.95)=500 г/день×0.05=25 г/день

**Висновок:** Застосування очисних споруд з ефективністю 95% дозволяє знизити масу важких металів у стічних водах з 500 г/день до 25 г/день, що значно покращує екологічний стан водних ресурсів.

## Список літератури

1. Водовідведення та очистка стічних вод міста: навчальний посібник / Укл.: О.А. Василенко, С.М. Епоян та ін., Київ-Харьків, 2012. - 538 с.
2. Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5-75:2013. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. - Київ, 2013. – 96 с. (Чинний від 1 січня 2014 року).
3. Водоснабжение и водоотведение населенных пунктов.: учебное пособие./ В.П. Хоружий, М.В. Драпалюк. Одесса: ОГАСА - 2016. – 298 с.
4. Водопостачання, водовідведення та якість води: навчальний посібник. / Укл.: А.К. Запольський. - К.: Вища школа, 2005. - 671с.
5. Водопостачання та каналізація: навчальний посібник. / Укл.: Кравченко В.С. - К.: Кондор, 2003. - 288с.
6. Водоотведение. Курсовое проектування.: навчальний посібник / Василенко А.А. «». К: Вища школа 1988 – 256 с.
7. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація: Проектування Зовнішніх Мереж та Споруд.
8. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Постанова Кабінету міністрів України № 495 від 25 березня 1999 р. – 5.
9. Кравчук А.М., Кравчук О.Я. Водопостачання і водовідведення: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2012. – 180 с.
10. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. М., Стройиздат, 1984. –116 с.
11. Законодавство України про охорону праці: у 3 т. – К.: Основа, 2008.- Т.1.- 368 с., Т.2-352 с., Т.3-464 с.
12. Протоєрейський О. С. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / О. С. Протоєрейський, О. І. Запорожець. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 268 с.

13. Атаманчук П.С. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / П.С. Атаманчук та ін. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 322 с.
14. Мовчан С.І. Вода і водні ресурси в технологічних процесах підприємств АПК. Навчальний посібник / С.І. Мовчан, Н.І. Болтянська. – Мелітополь. –ВПЦ «Люкс», 2019. – 192 с., іл.
15. Яцик А.В. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління: Підручник для студентів вищих навч. закладів / А.В. Яцик, Ю.М. Грищенко, Л.А. Волкова, І.А. Пашенюк. –К.: Генеза, 2007. -360 с.: іл.
16. Очистка промислових стічних вод / Когановский А.М., Кульский Л.А., Сорникова Е.В., Шмарук В.Л. – К.: Техніка, 1974. – 170 с.
17. Надійність технічних систем та оцінка ризику: Пер. з англ. В.С. Сиромятникова, Г.С. Деминої. Під общ.ред. В.С. Сиромятникова.– М.: Машинобудівництво, 1984 – 528 с., ил;