

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,  
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

**КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ  
ВОД**

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ДЛЯ  
МІСТА ПРОДУКТИВНІСТЮ 45000 м<sup>3</sup>/добу»**

Виконав: здобувач освіти 4-го  
курсу

групи ЦІ 2022-1

спеціальності

192 – Будівництво та цивільна  
інженерія

освітня програма

«Цивільна інженерія»

Телега О.В.

Керівник доц. Шевченко Т.О.

Рецензент доц. Галкіна О.П.

Харків – 2026 року

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

Факультет Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою  
та цивільної інженерії

Кафедра Водопостачання, водовідведення і очищення вод

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма «Цивільна інженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ВВ і ОВ**

 проф. Карагяур А.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ**

Телезі Олексію Володимировичу

1. Тема роботи: «Розробка системи водовідведення для міста продуктивністю  
45 000 м<sup>3</sup>/добу»

керівник роботи Шевченко Тамара Олександрівна, канд. техн. наук, доцент,  
затверджені наказом вищого навчального закладу від 26.05.2026 року № 447-03

2. Строк подання здобувачем роботи 15.06.2026 р.









3. Вихідні дані до роботи: генплан міста, в якому 2 райони: щільність населення  $P_I = 100$  осіб/га,  $P_{II} = 150$  осіб/га; норма водовідведення для I району – 200 л/добу на 1 особу, для II району – 290 л/добу на 1 особу. На території міста є 3 промислових підприємства. Запроєктувати очисні споруди водовідведення на розрахунковий ефект очистки: за завислими речовинами  $E_{зав} = 94,2$  %; на первинних відстійниках  $E_{відст.} = 73,3$  %; загальний за БПК<sub>повн.</sub>  $E_{БСК} = 94,6$  %; проясненої після первинних відстійників  $E_{БСКпроясн.} = 89,9$  %.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1 Загальні відомості. 4.2 Технологічна частина. 4.3 Охорона навколишнього середовища. 4.4 Охорона праці.

## 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1 Технологічна частина - 6 креслень


## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Загальні відомості	доц. Шевченко Т.О.		
2. Технологічна частина	доц. Шевченко Т.О.		
3. Охорона навколишнього середовища	доц. Шевченко Т.О.		
4. Охорона праці	доц. Барбашин В.В.		
Допуск до захисту	проф. Карагяур А.С.		
Показник оригінальності кваліфікаційної роботи	доц. Сорокіна К.Б.		

7. Дата видачі завдання 04.04.2026 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості	04.04–15.04.2026	
2	Технологічна частина	04.04–10.05.2026	
3	Охорона навколишнього середовища	25.04–05.05.2026	
4	Охорона праці	25.04–25.05.2026	
5	Графічна частина	10.04–30.05.2026	
6	Оформлення та захист	01.06–24.06.2026	

Здобувач освіти  Телега О.В.Керівник роботи  Шевченко Т.О.

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	7
1.1 Характеристика об'єкта водовідведення.....	7
1.2 Трасування мережі.....	7
1.3 Вихідні дані до проєктування очисних споруд.....	7
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
2.1 Визначення розрахункових витрат стічної води.....	9
2.2 Гідравлічний і геодезичний розрахунок водовідвідної мережі...	17
2.3 Дюкер.....	23
2.4 Проєктування ГКНС.....	27
2.5 Розрахунок і конструювання колодязів на водовідвідній мережі..	28
2.6 Проєктування каналізаційних очисних споруд.....	30
2.6.1 Вихідні дані для проєктування.....	30
2.6.2 Механічна очистка.....	34
2.6.3 Біологічна очистка стічних вод.....	39
2.6.4 Знезараження стічних вод.....	44
2.6.5 Обробка сирого осаду і надлишкового активного мулу.....	45
3 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	49
3.1 Загальні відомості.....	49
3.2 Санітарно-захисні зони очисних споруд.....	50
3.3 Види впливу на оточуюче середовище.....	52
3.4 Перелік екологічних та інших обмежень.....	53
3.5 Оцінка впливу на оточуюче середовище.....	54
3.5.1 Оцінки впливу на водні об'єкти.....	54
3.5.2 Оцінка теплового забруднення річки очищеними стоками..	60
3.5.3 Оцінка впливу на забруднення повітряного басейну.....	60
3.6 Екологічна безпека при знезараженні, утилізації та зберіганні осадів.....	61

3.7 Висновок.....	62
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
4.1 Охорона праці.....	63
4.1.1 Аналіз умов праці при експлуатації об'єктів водовідведення. Методи і засоби нормалізації.....	63
4.1.2 Мікроклімат виробничих приміщень.....	65
4.1.3 Захист від шуму та вібрації.....	66
4.1.4 Забезпечення освітленості виробничих приміщень і робочих місць.....	67
4.1.5 Санітарно-технічне і побутове забезпечення працюючих....	68
4.2 Заходи, що забезпечують вимоги охорони праці при експлуатації систем водовідведення.....	70
4.3 Заходи, що забезпечують вимоги охорони праці при експлуатації обладнання.....	70
4.4 Організація навчання і перевірка знань обслуговуючого персоналу.....	71
4.5 Забезпечення засобами індивідуального захисту працівників підприємств водовідведення.....	72
4.6 Пожежна безпека.....	74
Висновок.....	75
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78

## ВСТУП

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з чотирьох розділів, загальних висновків, списку джерел і графічної частини. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 80 сторінок, 10 таблиць, список використаних джерел містить 20 позицій.

### *ВОДОВІДВЕДЕННЯ, КАНАЛІЗАЦІЙНА МЕРЕЖА, КАНАЛІЗАЦІЙНА НАСОСНА СТАНЦІЯ, ОЧИСНІ СПОРУДИ, ЗНЕЗАРАЖЕННЯ*

*Мета роботи* – запроєктувати мережі та споруди системи водовідведення для населеного пункту на загальну продуктивність 45 000 м<sup>3</sup>/добу.

Актуальність розробки системи водовідведення для міста, яка включає каналізаційну мережу та очисні споруди, зумовлена необхідністю забезпечення належного санітарно-екологічного стану населених територій та захисту водних ресурсів від забруднення. Зі зростанням чисельності населення та розвитком міської інфраструктури обсяги господарсько-побутових і виробничих стічних вод постійно збільшуються, що потребує надійної та ефективної системи їх відведення і очищення. Відсутність або недостатня ефективність таких систем призводить до забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, погіршення санітарних умов проживання та підвищення ризику виникнення інфекційних захворювань.

Сучасні вимоги до екологічної безпеки та сталого розвитку населених пунктів передбачають впровадження ефективних технологічних рішень у сфері водовідведення, які забезпечують високий ступінь очищення стічних вод і мінімальний вплив на навколишнє середовище.

Проєктування системи водовідведення, що включає мережу каналізації та очисні споруди, дозволяє комплексно вирішити питання збору, транспортування та очищення стічних вод із урахуванням перспективного розвитку міста. Це забезпечує підвищення рівня екологічної безпеки, покращення умов життя населення та раціональне використання водних ресурсів.

## **1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ**

### **1.1 Характеристика об'єкта водовідведення**

Населений пункт, розташований у Дніпропетровській області. Через населений пункт протікає річка, що ділить його на два райони. Кожний з районів має різний ступінь благоустрою.

Щільність населення для I району – 100 осіб/га.

Щільність населення для II району – 150 осіб/га.

Норма водовідведення для I району – 200 л/добу на 1 особу.

Норма водовідведення для II району – 290 л/добу на 1 особу.

На території першого району розташовано 2 промислових підприємства. На території другого району розташована меблева фабрика, яка працює у дві зміни.

Рельєф відносно спокійний, перепад у відмітках становить 7 м. Ґрунти на території населеного пункту представлені пісками. Глибина промерзання ґрунту становить 1,1 м. Ґрунтові води залягають на глибині 7 м.

### **1.2 Трасування мережі**

Приймаємо повну роздільну систему водовідведення за пересіченою схемою із двуплічним трасуванням головних колекторів у кожному із двох районів міста. Стічні води другого району міста переводяться через ріку на територію I району за допомогою дюкеру, де в точці 11 з'єднуються зі стічними водами I району.

Від головної насосної станції стічні води по двом напірним водоводам однакового діаметра надходять на очисні споруди. Перед дюкером і головною насосною станцією передбачаються аварійні випуски.

Водовідвідні вуличні колектори трасуються по кожній поздовжній і поперечній вулиці міста з урахуванням рельєфу місцевості.

### **1.3 Вихідні дані до проєктування очисних споруд**

В кваліфікаційній роботі бакалавра також будуть розраховані та запроєктовані очисні споруди водовідведення для наступних вихідних даних (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до проектування очисних споруд водовідведення

Показник	Район I	Район II
Норма водовідведення, л/добу з 1 особи	200	290
Кількість мешканців, осіб	92500	59400
Кількість стічних вод, м <sup>3</sup> /добу	27744	12504
Загальна витрата стічних вод від міста, м <sup>3</sup> /добу	40248	
Максимальна годинна витрата стічних вод, м <sup>3</sup> /год.	2515	
Середня секундна витрата стічних вод від міста, л/с	699	
Максимальна секундна витрата стічних вод від міста, л/с	1033	
Максимальний коефіцієнт нерівномірності	1,48	
Загальна витрата стічних вод від підприємств, м <sup>3</sup> /добу	4948	
Концентрації забруднень в стічних водах від підприємств:		
- завислі речовини	394,3	
- БПК	454,1	

В кваліфікаційній роботі бакалавра за наданими вихідними даними буде запроєктована технологічна схема очистки стічних вод, яка буде включати механічне очищення стічних вод на решітках, піскоуловлювачах та первинних відстійниках та біологічне очищення стічних вод в аеротенках з наступним відстоюванням стоків у вторинних відстійниках. Далі стічні води будуть надходити у споруди знезараження та скидатися у річку за межами населеного пункту.

Розрахунковий ефект очистки на станції має становити:

- за завислими речовинами  $E_{зав} = 94,2 \%$ ;
- на первинних відстійниках  $E_{Iвідст.} = 73,3 \%$ ;
- загальний за  $BCK_{повн.}$ ,  $E_{BCK} = 94,6 \%$ ;
- проясненої після первинних відстійників  $E_{BCKпроясн} = 89,9\%$ .

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Визначення розрахункових витрат стічної води

Залежно від характеру будинків, їхньої поверховості й ступеня благоустрою житлового фонду в різних мікрорайонах або районах міста проживає різне число жителів. Звичайно це число, що доводиться на 1 га площі або щільність населення  $p$ , визначається за районами. Розрахункову чисельність населення обчислюють за формулою:

$$N = p \cdot F, \quad (2.1)$$

де  $F$  – площа району міста, га.

$$N_I = 100 \cdot 264,621 = 26463 \text{ чол.},$$

$$N_{II} = 150 \cdot 204,396 = 30660 \text{ чол.}$$

Середню добову кількість води, що витрачається на одного жителя, називають нормою водовідведення або питомим водовідведенням  $q_{\text{пит}}$ , л/доб на 1 чол., встановлено на підставі досвіду роботи діючих систем водовідведення [1].

Розрахункові витрати побутових стічних вод від району визначаємо за формулами:

середні витрати:

$$Q_{\text{ср.доб}} = \frac{q_{\text{пит}} \cdot N}{1000}; \quad (2.2)$$

$$q_{\text{ср.год}} = \frac{q_{\text{пит}} \cdot N}{24 \cdot 1000}; \quad (2.3)$$

$$q_{\text{ср.с}} = \frac{q_{\text{пит}} \cdot N}{24 \cdot 3600}; \quad (2.4)$$

максимальні витрати:

$$Q_{\text{макс.доб}} = \frac{q_{\text{пит}} \cdot N \cdot K_{\text{доб}}}{1000}; \quad (2.5)$$

$$q_{\text{макс.год}} = \frac{q_{\text{пит}} \cdot N \cdot K_{\text{макс.год}}}{24 \cdot 1000}; \quad (2.6)$$

$$q_{\text{макс.с}} = \frac{q_{\text{пит}} \cdot N \cdot K_{\text{макс.с}}}{24 \cdot 3600}; \quad (2.7)$$

мінімальні витрати:

$$q_{\min.год} = \frac{q_{num} \cdot N \cdot K_{год}^{\min}}{24 \cdot 1000}; \quad (2.8)$$

$$q_{\min.c} = \frac{q_{num} \cdot N \cdot K_{заг}^{\min}}{24 \cdot 3600}, \quad (2.9)$$

де  $q_{cp.c}$  – середньодобова витрата в годину із середнім водоспоживанням, л/с;

$q_{max.c}$  – максимальна секундна витрата, л/с.

Розрахунки з визначення витрати стічних вод по кварталах міста (за розрахунковою чисельністю населення) зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Визначення витрати стічних вод по кварталах міста

Номер району	Позначення кварталу або його частини з однаковою площею	Площа стоку, га	Кількість однакових по розміру площ, шт	Сума однакових площ, га
1	2	3	4	5
I	1а, 1б	4,091	2	8,182
	2а, 20а, 4а, 22б	3,026	4	12,104
	2б, 4б	3,899	2	7,798
	3б, 7б	3,962	2	7,924
	5	11,149	1	11,149
	6а, 24а	3,228	2	6,456
	6б	3,925	1	3,925
	7а	5,934	1	5,934
	3а	5,67	1	5,67
	8	10,962	1	10,962
	9а	6,956	1	6,956
	9б	2,082	1	2,082
	10а	4,118	1	4,118
	10б, 11б, 12б, 13б, 15б, 16б, 18б, 17б	2,991	8	23,928
	11а, 13а	3,025	2	6,05
	12а	5,378	1	5,378
	14	9,687	1	9,687
	15а	3,224	1	3,224
	16а	5,617	1	5,617
	17а	6,533	1	6,533
	18а	7,842	1	7,842
	19а	4,223	1	4,223
	19б	5,878	1	5,878
	20б	5,523	1	5,523
	21а	6,038	1	6,038
21б	5,854	1	5,854	
22а	5,524	1	5,524	
23	13,765	1	13,765	
24б	5,603	1	5,603	
25а	6,179	1	6,179	

## Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
	25б, 26а	6,04	2	12,08
	26б	7,494	1	7,494
	29	13,406	1	13,406
	30	11,535	1	11,535
Разом				264,621
II	29	10,03	1	10,03
	30	7,139	1	7,139
	31	7,453	1	7,453
	32	7,385	1	7,385
	33	8,767	1	8,767
	34а	5,598	1	5,598
	34б, 35б	4,417	2	8,834
	35а	8,366	1	8,366
	36а	3,271	1	3,271
	36б	4,331	1	4,331
	37	7,135	1	7,135
	38	5,918	1	5,918
	39	6,164	1	6,164
	40	6,121	1	6,121
	41	7,268	1	7,268
	42а	5,263	1	5,263
	42б	2,826	1	2,826
	43а	7,692	1	7,692
	43б	2,905	1	2,905
	44а	4,413	1	4,413
	44б	3,035	1	3,035
	45	11,037	1	11,037
	46	9,797	1	9,797
	47а	4,258	1	4,258
	47б	7,435	1	7,435
	48а	5,196	1	5,196
	48б	7,721	1	7,721
	49а	9,569	1	9,569
49б	7,664	1	7,664	
50	11,805	1	11,805	
Разом				204,396

В таблиці 2.2 наведено визначення витрат стічних вод від населення міста.

Таблиця 2.2 – Витрати стічних вод від населення міста

№ району міста	Площа району f, га	Щільність населення p, чол./га	Кількість мешканців, N <sub>ж</sub> , чол.	Питоме водовідведення q <sub>пит</sub> , л/добу. × ос.	Середні витрати			K <sub>gen max</sub>	Максимальні витрати	
					добова, Q <sub>доб</sub> , м <sup>3</sup> /доб	годинна, q <sub>mid</sub> , м <sup>3</sup> /ГОД	секундна, q, л/с		годинна, q <sub>w</sub> , м <sup>3</sup> /ГОД	секундна, q <sub>max</sub> , л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	264,621	100	26463	200	5292,6	220,525	61,2569	1,559	343,7985	95,5
II	204,396	150	30660	290	8891,4	370,475	102,91	1,599	592,3895	164,55
Разом	469,017		57123		14184	591	164,167		936,188	260,05

Визначаємо витрату стічних вод від промислового підприємства (меблева фабрика).

Витрата виробничих стоків:

$$q_{\max.c} = \frac{Q_{зм} \cdot k_{(np)} \cdot 1000}{T \cdot 3600} = \frac{800 \cdot 1,16 \cdot 1000}{16 \cdot 3600} = 16,11 \text{ л/с}. \quad (2.10)$$

При визначенні максимальних годинних і максимальних секундних витрат враховується коефіцієнт годинної нерівномірності K<sub>год</sub>, що згідно [1] приймається рівним для холодних цехів – 3, для гарячих – 2,5.

Витрата побутових стоків від холодних цехів (у першу зміну):

$$q_{\max.c} = \frac{N_x \cdot 25 \cdot K_I^{хол}}{T \cdot 3600} = \frac{800 \cdot 25 \cdot 3}{8 \cdot 3600} = 2,083 \text{ л/с}. \quad (2.11)$$

Витрата побутових стоків від гарячих цехів:

$$q_{\max.c} = \frac{N_z \cdot 45 \cdot K_I^{гор}}{T \cdot 3600} = \frac{200 \cdot 45 \cdot 2,5}{8 \cdot 3600} = 0,781 \text{ л/с}. \quad (2.12)$$

Відвід душових стічних вод повинен бути зроблений протягом 45 хв. після кожної зміни. Норма витрати води на одну душову сітку дорівнює 500 л/год.

Витрати душових стічних вод за зміну визначаються по формулах:

- для холодних цехів:

$$q_{sh.c} = \frac{500 \cdot n_c}{1000}, \quad (2.13)$$

- для гарячих цехів:

$$q_{sh.h} = \frac{500 \cdot n_h}{1000}, \quad (2.14)$$

де  $n_h$ ,  $n_c$  – кількість душових сіток, що працюють після кожної зміни, відповідно в холодних і гарячих цехах, шт.

Кількість душових сіток  $n_c$ ,  $n_h$  визначається виходячи із числа працівників, що користуються душем у даному цеху  $N_{sh.c}$ ,  $N_{sh.h}$ , число працівників, що обслуговують однією душовою сіткою залежно від групи виробничого процесу  $m_c$ ,  $m_h$ .

$$n_c = \frac{N_{sh.c}}{m_c}, \quad (2.15)$$

$$n_h = \frac{N_{sh.h}}{m_h}, \quad (2.16)$$

де  $N_{sh.c}$ ,  $N_{sh.h}$  – число працівників, що користуються душем у холодних і гарячих цехах, чол.;

$m_c$ ,  $m_h$  – число працівників на одну душову сітку, чол. [2].

Секундна витрата душових вод у л/с визначається за формулами:

$$q_c = \frac{500 \cdot n_c \cdot 45}{60 \cdot 2700}, \quad (2.17)$$

$$q_h = \frac{500 \cdot n_h \cdot 45}{60 \cdot 2700}, \quad (2.18)$$

де  $q'_c$ ,  $q'_h$  – секундна витрата душових вод у холодних і гарячих цехах.

Визначаємо витрату душових стоків у першу зміну:

- кількість працюючих душових сіток у холодних цехах:

$$n_c = \frac{1000 \cdot 0,8 \cdot 0,2}{15} = 11 \text{ шт.};$$

- кількість працюючих душових сіток у гарячих цехах:

$$n_h = \frac{1000 \cdot 0,2 \cdot 0,2}{15} = 3 \text{ шт.}$$

Витрати душових стічних вод для холодних цехів

$$q_c' = \frac{500 \cdot 11 \cdot 45}{60 \cdot 2700} = 1,53 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрати душових стічних вод для гарячих цехів

$$q_h' = \frac{500 \cdot 3 \cdot 45}{60 \cdot 2700} = 0,42 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо витрату душових стоків у другу зміну:

- кількість працюючих душових сіток у холодних цехах:

$$n_c = \frac{500 \cdot 0,8 \cdot 0,2}{15} = 6 \text{ шт.}$$

- кількість працюючих душових сіток у гарячих цехах:

$$n_h = \frac{500 \cdot 0,2 \cdot 0,2}{15} = 2 \text{ шт.}$$

Витрати душових стічних вод для холодних цехів

$$q_c' = \frac{500 \cdot 6 \cdot 45}{60 \cdot 2700} = 0,83 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрати душових стічних вод для гарячих цехів

$$q_h' = \frac{500 \cdot 2 \cdot 45}{60 \cdot 2700} = 0,278 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Дані розрахунку по визначенню витрати стічних вод від підприємства зведені в таблицю 2.3.

Перед початком гідравлічного розрахунку мережа й колектори розбиваються на розрахункові ділянки. В кваліфікаційній роботі розраховуються тільки головний колектор від диктуючої точки до ГКНС і диктуюча гілка до головного колектора.

Для розрахунків вибираємо ділянку мережі *1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-ВКД-НКД-11-12-ГКНС*. Визначаємо площу стоку районів, які відносяться до окремих ділянок мережі й позначені індексами *а, б*. Загальна середня витрата для кожної ділянки складається із транзитної, попутної й бічної витрат. При цьому загальна середня витрата від даної ділянки мережі є транзитним для

сусідньої нижче розташованої ділянки. У таблиці 2.4 приводяться результати визначення витрат стічних вод для ділянок мережі.

Таблиця 2.3 – Витрати побутових і душових стічних вод від підприємства за змінами

Номер зміни	Години роботи	Кількість працюючих, чол.			Побутові стоки				Душові стоки							
					холод. цеха		гаряч. цеха		Холодні цеха				гарячі цеха			
		всього	в холодних цехах	гарячих цехах	$q_c$ , л/зміну на чол.	$Q_c$ , м <sup>3</sup> /зміну	$q_h$ , л/зміну на чол.	$Q_h$ , м <sup>3</sup> /зміну	$N_{sh,c}$ , чол.	$m_c$ , чол.	$n_c$ , шт.	$q'_{c,м^3/год}$	$N_{sh,h}$ , чол.	$m_h$ , чол.	$n_h$ , шт.	$q'_{h,м^3/год}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I	8-16	1000	800	200	25	60	45	56,25	160	15	11	5,5	40	15	3	1,5
II	16-24	500	400	100	25	30	45	28,125	80	15	6	3	20	15	2	1
III																
Всього		1500				90		84,375				8,5				2,5

Кожна ділянка мережі повинна бути розрахована на пропуск стічних вод, що надходять по його довжині, а також від вище лежачих ділянок. При розрахунку приймають, що шляхова витрата надходить у початковій точці кожної ділянки – це створює додатковий резерв пропускної здатності головного колектора. Коефіцієнт нерівномірності визначають методом інтерполяції [1] з урахуванням середніх витрат. Розрахунок зводимо в таблицю 2.4.

Витрати стічних вод на ділянках мережі знаходимо методом визначення витрат за модулем стоку.

Модуль стоку  $q_0$ , л/с на 1 га, визначається для кожного району за формулою

$$q_0 = \frac{q_{num} \cdot P}{24 \cdot 3600}, \quad (2.19)$$

де  $q_{num}$  – питоме водовідведення, л/доб на 1 чол.;

$p$  – щільність населення, чол./га.

Попутна витрата стічних вод, л/с, на будь-якій ділянці мережі обчислюється за формулою

$$q_n = q_0 \cdot f, \quad (2.20)$$

де  $f$  – щільність житлової забудови, що тяжіє до розрахункової ділянки, га.

Мережа розраховується на максимальну секундну витрату, л/с, що визначається за формулою:

$$q_{\max} = q \cdot K_{\text{генmax}} + q_{\text{зосер}}, \quad (2.21)$$

де  $K_{\text{генmax}}$  – максимальний коефіцієнт загальної нерівномірності, прийнятий за [1] залежно від сумарної середньосекундної витрати:

$$q = (q_n + q_{\text{бок}}) + q_{\text{мр}}, \quad (2.22)$$

$q_{\text{зосер}}$  – максимальна секундна витрата, л/с, що надходить у міську мережу від промпідприємства,

$$q_{\text{зосер}} = \frac{Q_{n/n}}{3,6}, \quad (2.23)$$

тут  $Q_{n/n}$  – максимальна годинна витрата стоків від промпідприємства.

Таблиця 2.4 – Визначення витрат стічних вод для ділянок мережі

Номер ділянки	Попутна та бокова витрата				$q_{\text{гр}}, \text{ л/с}$	$q, \text{ л/с}$	$K_{\text{генmax}}$	$qK_{\text{генmax}}$	$q_{\text{зосер}}, \text{ л/с}$		$q_{\text{max}}, \text{ л/с}$
	номер кварталу	$f, \text{ га}$	$q_0, \text{ л/с}$ на 1 га	$q_0 + q_c, \text{ л/с}$					місцевий	транзитний	
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11
1-2	-	0		0		0		0	20,924		20,924
2-3	-	0		0	0	0		0		20,924	20,924
3-4	38	5,918	0,5035	2,98	0	2,98	2,4	7,15		20,924	28,074
4-5	29, 30, 37, 31	31,757	0,5035	16	2,98	18,98	1,92	36,44		20,924	57,364
5-6	45, 46, 39, 40, 32	40,504	0,5035	20,39	18,98	39,37	1,771	69,72		20,924	90,644
6-7	33	8,767	0,5035	4,41	39,37	43,78	1,741	76,22		20,924	97,144
7-8	41, 47a, 47b, 34a	24,559	0,5035	12,37	43,78	56,15	1,688	94,78		20,924	115,704

## Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8-9	34б, 42а, 42б, 48а, 48б, 35а	33,789	0,5035	17,01	56,15	73,16	1,654	121,01		20,924	141,934
9-10	35б, 43а, 43б, 49а, 49б, 36а	35,518	0,5035	17,88	73,16	91,04	1,618	147,3		20,924	168,224
10- ВКД	36б, 44а, 44б, 50	23,584	0,5035	11,87	91,04	102,91	1,599	164,55		20,924	185,474
ВКД- НКД				0	102,9	102,9	1,599	164,55		20,924	185,474
НКД- 11				0	102,9	102,9	1,599	164,55		20,924	185,474
11-12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28	244,75	0,2315	56,66	102,9	159,6	1,585	252,92		20,924	273,844
12- ГНС	9, 18	19,871	0,2315	4,6	159,6	164,2	1,584	260,05		20,924	280,974

## 2.2 Гідравлічний і геодезичний розрахунок водовідвідної мережі

Метою гідравлічного розрахунку водовідвідної мережі є визначення діаметрів труб; їхнього наповнення при пропуску розрахункової витрати; ухилів, які необхідно надати трубам для створення в них швидкості, що самоочищає, руху стічних вод й обчислення втрат напору на ділянці мережі (падіння трубопроводу).

На підставі геодезичного розрахунку будується поздовжній профіль мережі на її розрахункових ділянках.

Водовідвідна мережа працює в безнапірному режимі руху стоків, тому труби прокладаються з ухилом у бік руху стічної рідини.

При призначенні ухилу труб вирішальним фактором є рельєф місцевості, тому перед гідравлічним розрахунком мережі необхідно побудувати поздовжні профілі поверхні землі за обраними трасами («чорний профіль»). Профіль будується в масштабах: у горизонтальному напрямку – 1:10000 й у вертикальному – 1:100.

«Чорні» відмітки (відмітки поверхні землі) розрахункових точок визначають за генпланом (за горизонталями) лінійною інтерполяцією. На профілі вказуються розрахункові ділянки, їхня довжина в м та позначки поверхні землі  $Z_{n.з}$  в вузлових точках розрахункових ділянок.

На підставі цих даних визначається похил поверхні землі  $i_{n.з}$  на всіх ділянках траси:

$$i_{n.з.} = \frac{\Delta Z_{n.з.}}{l}, \quad (2.24)$$

де  $\Delta Z_{n.з.}$  – різниця між позначками поверхні землі у вузлових точках ділянки;

$l$  – довжина ділянки, м.

Потім на основі аналізу отриманого значення  $i_{n.з}$  приймається похил прокладки трубопроводу. При цьому можуть бути три варіанти вибору похилу прокладки трубопроводу: а) похил поверхні землі більше; б) похил поверхні землі дорівнює 0; в) похил поверхні землі менше 0; г) похил поверхні землі дорівнює похилу трубопроводу; д) похил поверхні землі більше похилу трубопроводу.

*Перший варіант.* Якщо похил поверхні землі  $i_{n.з}$  менше мінімально припустимого похилу для даного діаметра труби або дорівнює нулю, а іноді й зворотний, то похил трубопроводу приймається рівним мінімальному похилу для даного діаметра труби й визначається за формулою:

$$i_{mp} = i_{\min} \geq \frac{1}{d}, \quad (2.25)$$

де  $d$  – діаметр трубопроводу, мм.

Якщо при мінімальному похилі не дотримуються умови мінімального значення швидкостей, то похил труби варто збільшити або змінити діаметр.

*Другий варіант.* Якщо похил поверхні землі  $i_{n.з}$  дорівнює або більше мінімально припустимого похилу для даного діаметра труби  $i_{mp}$ , то при виборі похилу трубопроводу необхідно враховувати занурення труби на попередній ділянці; якщо занурення мінімальне, то  $i_{mp}$  приймають рівним  $i_{n.з}$ ;

якщо занурення більше мінімального, те доцільно  $i_{mp}$  визначати за формулою (2.25), що дозволяє скоротити обсяг земляних робіт.

*Третій варіант.* Якщо похил поверхні землі  $i_{n.з}$  більше максимально допустимого похилу для даного діаметра труби  $i_{mp}$ , то похил трубопроводу приймається рівним або трохи меншим  $i_{n.з}$ , але при цьому необхідно витримувати мінімальне занурення трубопроводу.

Призначення діаметрів труб при гідравлічному розрахунку мережі здійснюється за таблицями методом підбору.

Підбір діаметрів виконується на підставі рекомендації [1] за максимальними секундними витратами  $q_{max}$ , припустимими швидкостями і наповненнями [1, 3], а також з урахуванням похилу поверхні землі й мінімального похилу труби для кожного діаметра.

Існує три види швидкостей водовідвідних мереж, що впливають на розрахунок: мінімальна (незамулююча), гарантує невипадання суспензії в осад; максимальна (неруйнуюча) і розрахункова, визначається за таблицями [3] залежно від розрахункової витрати.

Ступенем наповнення труб і каналів  $h/d$  називають відношення робочої глибини потоку стічних вод  $h$  до діаметра поперечного перерізу труби  $d$ . Ступінь наповнення самопливних труб нормується з метою вентиляції й компенсації неврахованих коливань рівня рідини. З економічних і гідравлічних міркувань не рекомендується приймати для будь-яких діаметрів труб (крім початкових ділянок мережі)  $h/d < 0,3$ . Максимальне припустиме наповнення  $h/d$  приймається залежно від обраного діаметра труби за [1].

Наповнення, що відповідає пропуску розрахункової витрати й прийнятої швидкості руху стічних вод, з врахуванням максимально припустимих наповнень, є розрахунковим.

Метод підбора полягає в наступному. Діаметр на початковій ділянці мережі, згідно [1] повинен бути не менш 200 мм. Мінімальний похил труби визначається за формулою (2.25) і дорівнює похилу поверхні землі. Після призначення похилу перевіряються значення швидкостей і наповнень при

пропуску розрахункової витрати. Отримані значення швидкостей і наповнень порівнюються із припустимими значеннями за [1], де зазначене значення мінімальне, гарантує самоочищення труб швидкостей і максимальні значення наповнення труб.

Прийнявши діаметр трубопроводу, визначають:

шар води в трубі м:

$$h_w = \frac{h}{d} \cdot d, \quad (2.26)$$

де  $h/d$  – наповнення труби;

$d$  – діаметр, м.

Падіння трубопроводу на ділянці м:

$$h_g = i \cdot l, \quad (2.27)$$

де  $i$  – похил трубопроводу;

$l$  – довжина ділянки мережі, м.

Гідравлічний і геодезичний розрахунок ділянки водовідвідної мережі оформляємо у вигляді таблиці 2.5.

Початкове занурення вуличної мережі в диктуючій точці визначається розрахунком, виходячи з умови приєднання до даної точки внутрішньо квартальної мережі. На схемі трасування мережі вибирається квартал житлової забудови, розташований біля точки, що диктує. У цьому кварталі приймається найбільш віддалена точка кварталу, щодо якої ведеться розрахунок.

Мінімально припустима глибина закладення трубопроводу  $h_{min}$  у точці, що диктує, А, а також за всіма ділянками мережі, визначається відповідно до рекомендацій [1] за формулою:

$$h_{min} = (h_{пром} - 0,3) \geq 0,7 + d, \quad (2.28)$$

де  $h_{пром}$  – глибина промерзання ґрунту, прийнята залежно від місця розташування об'єкта, м (1,1 м);

$d$  – діаметр внутрішньо квартальної мережі, прийнятий рівним або більше 150 мм, м.

Діаметр внутрішньо квартальної мережі від точки А, що диктує, до вуличної мережі повинен бути на один сортамент менш діаметра вуличної мережі на даній ділянці, але не менш 150 мм.

Згідно [1] похил прокладки трубопроводу діаметром 150 мм приймається рівним 0,007.

Довжина мережі від точки А до диктуючої точки визначається за генпланом. Глибина колодязя (до лотка) у початковій точці вуличної мережі в м, визначається за формулою:

$$H_{поч} = h_{min} + i_{min} \cdot l - (Z_{поч} - Z_{кин}) + \Delta d, \quad (2.29)$$

де  $h_{min}$  – мінімальна глибина закладення трубопроводу, м;

$i_{min}$  – мінімальний похил трубопроводу внутрішньо квартальної мережі;

$l$  – довжина внутрішньо квартальної мережі, м;

$Z_{поч}$  – відмітка поверхні землі на початку внутрішньо квартальної мережі, м;

$Z_{кин}$  – відмітка поверхні землі на початку вуличної мережі, м;

$\Delta d$  – різниця в діаметрах труб вуличної й внутрішньо квартальної мережі, 0,05 м.

Мінімально допустима глибина закладення трубопроводу:

$$h_{min} = 1,1 - 0,3 = 0,8 \text{ м.}$$

Початкова глибина закладення вуличної мережі: відповідно до завдання в місці приєднання меблевої фабрики, глибина закладення лотка 1,3 м.

Таблиця 2.5 – Гідралічний і геодезичний розрахунок ділянки водовідвідної мережі

№ ділянки	Довжина L, м	Розрахункова витрата, q, л/с	Діаметр d, м	Похил і	Швидкість V, м/с	Наповнення h/d	Позначки, м						Глибина закладення, м	
							поверхні землі		лотка труби		рівня води в трубі			
							з початку ділянки	в кінці ділянки	з початку ділянки	в кінці ділянки	з початку ділянки	в кінці ділянки	з початку ділянки	в кінці ділянки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	612,4	20,924	250	0,0035	0,75	0,55	101,85	101,85	100,55	98,41	100,69	98,55	1,3	3,44
2-3	299,5	20,924	250	0,0035	0,75	0,55	101,85	100,75	98,42	97,38	98,55	97,51	3,43	3,37
3-4	368,9	28,074	250	0,0035	0,75	0,7	100,75	99	97,34	96,05	97,51	96,22	3,41	2,95
4-5	300	57,364	350	0,0030	0,86	0,66	99	98,6	95,99	95,09	96,22	95,32	3,01	3,51
5-6	293	90,644	450	0,0025	0,9	0,75	98,6	98,5	94,99	94,26	95,32	94,59	3,61	4,24
6-7	342,8	97,144	450	0,0025	0,92	0,78	98,5	97,5	94,24	93,39	94,59	93,74	4,26	4,11
7-8	382,3	115,704	500	0,0020	0,88	0,63	97,5	97	93,43	92,67	93,74	92,98	4,07	4,33
8-9	483,4	141,934	500	0,0020	0,92	0,74	97	97	92,61	91,65	92,98	92,02	4,39	5,35
9-10	362,8	168,224	550	0,0019	0,94	0,71	97	97	91,63	90,95	92,02	91,34	5,37	6,05
10-ВКД	232	185,474	550	0,0019	0,95	0,77	97	95	90,92	90,48	91,34	90,9	6,08	4,52
ВКД-НКД	205	185,474	350	0,0055	1,2	0,77	95	95	90,64	89,52	90,9	89,78	4,36	5,48
НКД-11	88,5	185,474	550	0,0019	0,95	0,75	95	96,5	92,5	92,34	92,92	92,76	2,5	4,16
11-12	619,2	273,844	600	0,0025	1,16	0,77	96,5	97,2	92,3	90,76	92,76	91,22	4,2	6,44
12-ГНС	296,7	280,974	600	0,0025	1,16	0,8	97,2	97	90,76	90	91,22	90,48	6,44	7

### 2.3 Дюкер

Для транспортування стічних вод через річки і яри служать спеціальні пристрої – дюкери.

Самопливно-напірний дюкер влаштовується на самопливній водовідвідній мережі під час переходу через водойму. Дюкер працює повним перетином у напірному режимі. Він складається із вхідної (верхньої), вихідної (нижньої) камер і напірних трубопроводів. Верхня камера дюкера (ВКД) має два відділення: мокре й сухе, розділені водонепроникною перегородкою. У мокрому відділенні самопливний трубопровід переходить у відкриті лотки. Для перекриття потоку води в лотках передбачаються затвори (шибери). У сухому відділенні розміщаються напірні труби із засувками, за допомогою яких можна відключати кожний із трубопроводів дюкера. Нижня камера дюкера (НКД) має одне відділення. Розміри камер у плані залежать від числа й діаметра труб. Відстань між трубами в камері приймається не менш 800 мм, ширина бічних проходів – 500 мм.

Висота камер повинна забезпечувати зручність обслуговування й розміщення засувок і затворів і бути не менш 1800 мм, рахуючи від берми лотка до перекриття. Кожне відділення ВКД повинне мати горловину й закінчуватися у вигляді одного відділення, де напірні трубопроводи переходять у відкриті люки, на початку яких установлюються щитові затвори (шибери). Камери варто виконувати зі збірних залізобетонних кілець й елементів.

Згідно [1] дюкер проєктується не менш ніж у дві лінії зі сталевих труб з посиленою антикорозійною ізоляцією діаметром не менш 150 мм. За [1] при проєктуванні дюкерів необхідно приймати:

- глибину закладення підводної частини трубопроводу, рахуючи до верху труби, не менш ніж на 0,5 м нижче дна ріки, а в межах фарватеру на судноплавних водних об'єктах – не менш 1 м;
- кут нахилу висхідної частини дюкера – не більше 20° до обр'їю;
- відстань між нитками дюкера у світлі – не менш 0,7–1,5 м.

Дюкери розташовуються в місці зі стійким нерозмивним руслом, на ділянці з мінімальною шириною річки. Трубопроводи дюкеру прокладаються перпендикулярно руслу річки.

По трасуванню головна насосна станція розташовується поблизу НКД на відстані 90 м. Тому недоцільно проектувати перед дюкером насосну станцію для перекидання стоків через водойму й дюкер проектуємо у дві нитки – одна, з яких є робочою, а інша резервною.

Розрахунок дюкеру роблять у наступній послідовності:

1. Приймають кількість робочих ліній.
2. Визначають витрату  $q_1$ , л/с, по одній лінії дюкеру:

$$q_1 = \frac{q_p}{n}, \quad (2.30)$$

де  $q_p$  – розрахункова витрата стічних вод, що проходять через дюкер, л/с;  
 $n$  – число робочих ліній.

$$q_1 = \frac{185,474}{2} = 92,737 \text{ л/с.}$$

Виконуємо підбір діаметрів труб дюкеру. Діаметр труб  $d_y$ , мм, дюкеру визначають виходячи з умови забезпечення швидкостей, що самоочищають. Згідно [1], розрахункову швидкість руху стічних вод у дюкері необхідно приймати не менше 1 м/с, при цьому в місцях підходу стічних вод до дюкеру швидкості  $V$ , м/с, повинні бути не більше швидкостей у дюкері. При пропуску витрати  $q_1=185,474$  л/с, зі швидкістю на колекторі, що підводить,  $V = 0,95$  м/с, за таблицями підбирають діаметр  $d_y$ , мм, гідравлічний похил  $i$  і швидкість  $V_1$ , м/с:

$$q_1 = 92,737 \text{ л/с; } V_1 = 1,2 \text{ м/с; } i = 0,0055; d_y = 350 \text{ мм.}$$

Визначаємо втрати напору на тертя по довжині  $h_{\text{тертя}}$ , м:

$$h_{\text{тертя}} = i \cdot l, \quad (2.31)$$

де  $i$  – гідравлічний похил;

$l$  – довжина трубопроводів дюкеру між ВКД і НКД (приймають за генпланом), м.

$$h_{\text{тертя}} = 0,0055 \cdot 205 = 1,128 \text{ м.}$$

Уточнюють за схемою кількість місцевих опорів й обчислюють втрати напору в них. У дюкері є наступні місцеві опори: на вході в трубу, на поворотах, на виході із труби. Опір у засувці при повному відкритті дорівнює нулю. Втрати напору на вході в трубу  $h_1$ , м, визначають за формулою:

$$h_1 = \xi_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g}, \quad (2.32)$$

де  $\xi_1$  – коефіцієнт опору на вході в трубу (при нормальному режимі роботи дюкеру  $\xi_1 = 0,2$ );

$V_1$  – швидкість руху стічних вод у дюкері, м/с.

$$h_1 = 0,2 \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,017 \text{ м.}$$

Втрати на виході з дюкеру  $h_2$ , м, визначають за формулою:

$$h_2 = \frac{(V_1 - V)^2}{2g}, \quad (2.33)$$

де  $V$  – швидкість руху води в колекторі, що відводить, м/с;

$V_1$  – швидкість руху стічних вод у дюкері, м/с.

$$h_2 = \frac{(1,2 - 1,08)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0025 \text{ м.}$$

Втрати на повороті труби  $h_3$ , м, визначають за формулою:

$$h_3 = \xi_{90} \sin \alpha \frac{v_1^2}{2g} = \xi_3 \frac{v_1^2}{2g}, \quad (2.34)$$

де  $\xi_{90}$  – опір на повороті труби на  $\alpha = 90^\circ$  ( $\xi_{90} = 0,23$ );

$\alpha$  – кут повороту;

$\xi_3$  – опір на повороті труби на кут  $\alpha$ .

Опір на повороті труби на  $\alpha = 30^\circ$  :

~~$$h_3 = \xi_{90} \sin 30^\circ \frac{v_1^2}{2g} = 0,115 \frac{v_1^2}{2g}$$~~

Опір на повороті труби на  $\alpha = 20^\circ$  :

~~$$h_3 = \xi_{90} \sin 20^\circ \frac{v_1^2}{2g} = 0,078 \frac{v_1^2}{2g}$$~~

Тоді втрати напору в кутах повороту спадної лінії  $h_3'$ , м (2 повороти на  $\alpha = 30^\circ$ ):

$$h_3' = \xi_{30} \frac{V_1^2}{2g}, \quad (2.35)$$

$$h_3' = 0,115 \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,01 \text{ м.}$$

Втрати напору в кутах повороту висхідної лінії  $h_3''$ , м (2 повороти на  $\alpha = 20^\circ$ ):

$$h_3'' = \xi_{20} \frac{V_1^2}{2g}, \quad (2.36)$$

$$h_3'' = 0,078 \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,007 \text{ м.}$$

Сума місцевих втрат напору  $h_m$ , м, у дюкері

$$h_m = h_1 + h_2 + 2h_3' + 2h_3'', \quad (2.37)$$

$$h_m = 0,017 + 0,0025 + 2 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,007 = 0,0535 \text{ м.}$$

Обчислюють загальні втрати напору  $h$ , м:

$$h = h_l + h_m, \quad (2.38)$$

$$h = 1,128 + 0,0535 = 1,1815 \text{ м.}$$

Знаходять відмітку води  $Z_B^{HKД}$ , м, у НКД:

$$Z_B^{HKД} = Z_B^{BKД} - h, \quad (2.39)$$

де  $Z_B^{BKД}$  – відмітка води у верхній камері дюкеру (BKД), м.

$$Z_B^{HKД} = 90,05 - 1,181 = 88,93 \text{ м.}$$

Визначають відмітку лотка  $Z_{Л}^{HKД}$ , м, у НКД:

$$Z_{Л}^{HKД} = Z_B^{HKД} - h_w, \quad (2.40)$$

де  $h_w$  – шар води в трубі на ділянці, що відводить, від дюкеру, м.

$$Z_{Л}^{HKД} = 88,93 - 0,26 = 88,67 \text{ м.}$$

## 2.4 Проектування ГКНС

Розрахунок головної каналізаційної насосної станції (ГКНС) включає: підбір насосів і вибір основного обладнання насосної станції, визначення місткості приймального резервуару. Напірні водоводи прокладаються у дві нитки зі сталевих труб довжиною 1220 м. Витрата по кожній нитці:

$$q_1 = \frac{280,974}{2} = 140,487 \text{ л/с.}$$

Приймаємо  $d = 350$  мм,  $V = 1,35$  м/с,  $i = 0,00731$ . Під час аварії на одній нитці трубопроводу втрати зростають:  $d = 350$  мм,  $V = 1,9$  м/с,  $i = 0,0145$ .

Підбір насосів здійснюється на максимальний годинний приплив до ГКНС. Подача одного насоса в м<sup>3</sup>/год. становить:

$$q_{hr}^{sp} = \frac{q_w}{n}, \quad (2.41)$$

де  $q_{hr}^{sp}$  – годинна витрата води, що подається насосом, м<sup>3</sup>/год;

$q_w$  – максимальний годинний приплив стічних вод, м<sup>3</sup>/год;

$n$  – кількість робочих насосів (не менше 2).

$$q_{hr}^{sp} = \frac{280,974}{4} = 70,24 \text{ л/с.}$$

Напір насоса визначається за формулою:

$$H_p = H_{geom} + H_{l,tot} + H_f + h, \quad (2.42)$$

де  $H_p$  – напір насоса, м;

$H_{geom}$  – геометрична висота підйому стічної води, м;

$$H_{geom} = Z_1 - Z_2, \quad (2.43)$$

де  $Z_1$  – позначка подачі стічних вод, прийнята на 2-3 м вище позначки землі в місці розташування прийомної камери очисних споруд, м;

$Z_2$  – позначка відкачки стічних вод, прийнята на 1-1,5 м нижче позначки лотка колектора, що підводить, до ГКНС, м;

$$H_{geom} = (95 + 3) - (97 - 1) = 2 \text{ м;}$$

$H_{l,tot}$  – втрати набору в напірному трубопроводі, м:

$$H_{l,tot} = (1,1 \div 1,2) \cdot i \cdot l, \quad (2.44)$$

де  $i$  – гідравлічний похил напірного трубопроводу;

$l$  – довжина напірного трубопроводу від ГКНС до очисних споруд (див. генплан), 1220 м;

$$H_{l,tot} = 1,1 \cdot 0,00731 \cdot 1220 = 9,81 \text{ м.}$$

$H_f$  – вільний напір на вилив, прийнятий рівним 1-2 м;

$h$  – втрати напору усередині насосної станції, прийняті рівними 2-3 м.

$$H_p = 2 + 9,81 + 2 + 3 = 16,81 \text{ м.}$$

За подачею  $Q = 70,24 \text{ л/с}$  і напором  $H = 16,81 \text{ м}$ , вибираємо насос марки СД 450-566.

Залежно від категорії надійності дії насосних станцій за [1] приймається кількість резервних насосів. При I категорії надійності – 2 резервних насоси, загальна кількість насосів – 6. Приймаємо каналізаційну насосну станцію за ТП 902-152.88 із глибиною колектора, що підводить, 7 м (з розрахунку 7,00 м). Підземна частина кругла в плані, діаметром 30 м зі збирного моноліту. Надземна частина прямокутна 18Ч12 м. Стічні води надходять у прийомний резервуар ГКНС. Місткість приймального резервуара згідно [1] повинна бути не менше 5-хвилинної максимальної продуктивності одного з насосів:

$$W_{np} \geq \frac{280,974 \cdot 5}{60} \geq 45 \text{ м}^3.$$

## 2.5 Розрахунок і конструювання колодязів на водовідвідній мережі

Розрахунковим колодязем є поворотний колодязь у вузлі 2. Вихідні дані: діаметр трубопроводу, що відводить,  $d = 250 \text{ мм}$ ; діаметр підвідного трубопроводу  $D_{y1} = 250 \text{ мм}$ .

Колодязь розташовується поза проїзною частиною, позначка поверхні землі в місці розташування колодязя  $Z_{n.z.} = 101,85 \text{ м}$ .

Розрахунок і конструювання колодязя виконується в наступній послідовності [1]:

1. Визначаємо глибину колодязя  $H$  за формулою:

$$H_{l.tot} = 101,85 - 98,41 = 3,44 \text{ м.}$$

Оскільки колодязь перебуває поза проїзною частиною, то люк розташовується на 50 мм вище поверхні землі. Загальна глибина колодязя складе:

$$H_1 = H + 50 = 3440 + 50 = 3490 \text{ мм.}$$

2. Приймаємо діаметр колодязя [1] за найбільшим діаметром трубопроводу (у нашому випадку  $D_k = 1000$  мм).

3. Приймаємо плиту днища залежно від діаметра колодязя 1000 мм: марка конструкції ПН 10; зовнішній діаметр плити – 2100 мм.

4. Приймаємо глибину лотка колодязя залежно від діаметра трубопроводу, що відводить:  $D_y = 250$  мм;  $h_l = 350$  мм.

5. Приймаємо висоту робочої частини  $H_p = 2100$  мм. Висотою робочої частини вважається висота від верху лотка (з урахуванням одного шару розчину) до плити перекриття. Робочу частину набираємо за допомогою двох кілець КС 10.6 й одного КС 10.9 (висота 590 й 890 мм).

6. Визначаємо висоту горловини. Розрахунок горловини ведеться від плити перекриття (включно) до верху люка:

$$h_{горл} = H_1 - (H_p + h_l + h_{p.c.}) = 3490 - (2100 + 10 + 350) = 1030 \text{ мм,} \quad (2.45)$$

де  $h_{p.c.}$  – загальна висота шару розчину між конструкціями, мм.

7. Робимо набір елементів горловини. Горловина складається із плити перекриття, розмір якої визначаємо, з урахуванням розміру кілець робочої частини – 1ПП10-1 (висота плити 160 мм); опірною кільця КЦО-1 – 1шт, стінового кільця КЦ7-3 – 2шт.; люки тип "Л" висотою 100 мм.

## 2.6 Проектування каналізаційних очисних споруд

### 2.6.1 Вихідні дані для проектування

	Район I	Район II
Норма водовідведення, л/доб. на 1 особу	200	290
Кількість мешканців, ос.	92500	59400
Середня добова витрата, м <sup>3</sup> /добу	27744	12504
Середня добова витрата від міста, м <sup>3</sup> /добу	40248	
Коефіцієнт нерівномірності	1,48	
Максимальна годинна витрата від міста, м <sup>3</sup> /год.	2515	
Середня секундна витрата від міста, л/с	699	
Максимальна секундна витрата від міста, л/с	1033	

Витрати стічних вод від підприємств:

$$Q_{пп1} = 972 \text{ м}^3/\text{добу}; Q_{пп1}^{\text{макс.}} = 67,5 \text{ м}^3/\text{год.}; C_{зав} = 300 \text{ мг/л}; L = 400 \text{ мг/л.}$$

$$Q_{пп2} = 1300 \text{ м}^3/\text{добу}; Q_{пп2}^{\text{макс.}} = 125 \text{ м}^3/\text{год.}; C_{зав} = 350 \text{ мг/л}; L = 400 \text{ мг/л.}$$

$$Q_{пп3} = 2676 \text{ м}^3/\text{добу}; Q_{пп3}^{\text{макс.}} = 255 \text{ м}^3/\text{год.}; C_{зав} = 450 \text{ мг/л}; L = 500 \text{ мг/л.}$$

Загальна витрата стічних вод, що надходять на очисні споруди, складає 45196 м<sup>3</sup>/добу.

В кваліфікаційній роботі запроєктована очисна станція з витратою стічних вод 45 200 м<sup>3</sup>/добу з урахуванням перспективи розвитку населеного пункту. Ефект очистки на станції за даними розрахунками становить:

- за завислими речовинами  $E_{зав} = 94,2 \%$ ;
- на первинних відстійниках  $E_{Iвідст.} = 73,3 \%$ ;
- загальний за БСК<sub>повн.</sub>,  $E_{БСК} = 94,6 \%$ ;

– проясненої після первинних відстійників  $E_{БСК\text{проясн}} = 89,9\%$ .

В кваліфікаційній роботі бакалавра прийнята технологічна схема очистки стічних вод з аеротенками.

Стічні води очищують за такою схемою. Спочатку вони проходять механічну очистку. Великі частинки затримуються на решітках, потім поступають на дробарки, звідти в роздрібненому стані вертаються в лоток перед піскоуловлювачем. В піскоуловлювачі затримуються речовини мінерального походження, головним чином пісок, котрий за допомогою гідроелеваторів подається на піскові майданчики, де його підсушують, а потім вивозять в спеціально відведені місця.

Стічна вода, звільнена від мінеральних домішок і плаваючих речовин поступає на первинні відстійники. Відстояна вода потрапляє в аеротенки, де знижується  $БПК_{\text{нов}}$  до 15 – 22,5 мг/л, і звідти потрапляє до вторинних відстійників. Після вторинного відстоювання стічна вода дезінфікується рідким хлором, а потім випускається до водойми.

Сирий осад з первинних відстійників та мул з вторинних поступають в метантенки. Тут осад зброджується, а потім потрапляє на мулові майданчики, зневоднюється і в такому вигляді використовується в сільському господарстві в якості добрива. Фільтрат після мулових майданчиків подається на очисні споруди. Газ, який виділяється в процесі зброджування осаду та мулу подається в газгольдери, а потім використовується для потреб очисної станції (в роботі не розглядаються розрахунки споруд з обробки осадів).

Для механічної очистки стічних вод на першому етапі обираємо 2 робочі і 1 резервну решітку марки МГ-8Т. За розрахунками приймаємо піскоуловлювач, що аерується, довжиною 9 м з трьома відділеннями шириною по 4,5 м і глибиною 2,1 м. Також за проєктом на очисній станції запроєктовано 6 піскових майданчиків розміром 18×18 м і загальною площею 1944 м<sup>2</sup>.

За розрахунками отримали 5 первинних радіальних відстійників  $d = 40$  м.

Для біологічної очистки приймаємо аеротенки без регенератора, тому, що  $BPK_{повн}$ , що надходить на біологічну очистку менше 150 мг/л. До будівництва приймаємо 5 3-коридорних аеротенка із збірною залізобетону з розмірами коридору  $6 \times 5 \times 42$  м за типовим проектом.

У кваліфікаційній роботі за розрахунками отримали 5 радіальних (один резервний) вторинних відстійника  $d = 40$  м. Площа дзеркала яких складає  $1097 \text{ м}^2$ .

Знезараження біологічно очищених стічних вод здійснюється рідким хлором з розрахунковою дозою активного хлору  $3 \text{ г/м}^3$ .

На станції очистки стічних вод з механічним зневодненням осаду передбачаються аварійні мулові майданчики на 20% річної кількості осаду. Приймаємо мулові майданчики на штучній асфальтобетонній основі з дренажем.

Максимальна годинна витрата від міста:

$$Q_{\max} = 2515 + 65,5 + 125 + 255 = 2961 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Концентрація забруднень побутових стічних вод від населення міста за:

– завислими речовинами:

$$C = \frac{a \cdot 1000}{q_w} \quad (2.46)$$

$$C_1 = \frac{65 \cdot 1000}{200} = 217 \text{ мг/л}, C_2 = \frac{65 \cdot 1000}{290} = 309 \text{ мг/л.}$$

$BPK_{повн}$ . непрояснених стічних вод

$$L_1 = \frac{75 \cdot 1000}{200} = 250 \text{ мг/л}, L_2 = \frac{75 \cdot 1000}{290} = 357 \text{ мг/л.}$$

$BPK_{повн}$ . прояснених стічних вод

$$L_1 = \frac{40 \cdot 1000}{200} = 134 \text{ мг/л}, L_2 = \frac{40 \cdot 1000}{290} = 190 \text{ мг/л.}$$

Концентрація забруднень в суміші побутових та виробничих стічних вод міста

$$C_{зав} = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2 + Q_{nn1} C_1 + Q_{nn2} C_2 + Q_{nn3} C_3}{Q_1 + Q_2 + Q_{nn1} + Q_{nn2} + Q_{nn3}}, \quad (2.47)$$

$$C_{зав} = \frac{27744 \cdot 217 + 12504 \cdot 309 + 972 \cdot 300 + 1300 \cdot 350 + 2676 \cdot 450}{27744 + 12504 + 972 + 1300 + 2676} = 260 \text{ мг/л}$$

БПК<sub>неосв.</sub>

$$L_{неосв.} = 400 \cdot 0,5311 + 357 \cdot 0,3641 + 400 \cdot 0,0356 + 250 \cdot 0,047 + 450 \cdot 0,022 = \\ = 132,775 + 118,7 + 8,9 + 9,87 + 7,37 = 277,12 \text{ мг/л.}$$

БПК<sub>осв.</sub>

$$L_{осв.} = L_{неосв.} \cdot \frac{40}{75} = 277,12 \cdot 0,533 = 148 \text{ мг/л.}$$

Відповідно діючих норм у водні об'єкти можна скидати очищені стічні води с концентраціями:

$$C_{зав} = 15 \text{ мг/л, БПК}_{повн} = 15 \text{ мг/л}$$

Ефект очистки:

загальний за завислими речовинами

$$E = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} 100 = \frac{260 - 15}{260} 100 = 94,2\% \quad (2.48)$$

на первинних відстійниках при

$$C_{ex} = 150 \frac{\text{мг}}{\text{л}} \quad E_{\text{відст.}} = \frac{260 - 150}{260} 100 = 73,3\%$$

загальний за БПК<sub>повн</sub>

$$E_{\text{БПК}} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{L_{en}} 100 = \frac{277 - 15}{277} 100 = 94,6\%, \quad (2.49)$$

проясненої після первинних відстійників

$$E_{\text{БПКпроясн}} = \frac{148 - 15}{148} \cdot 100 = 89,9\%.$$

Технологічна схема, що приймається: виходячи з добової витрати та концентрації забруднень згідно вимог [1]:  $Q_{\text{доб}} = 45196 \text{ м}^3/\text{добу}$ ,  $Q_{\text{год}}^{\text{макс}} = 2515 \text{ м}^3/\text{год.}$ ,  $C_{зав} = 260 \text{ мг/л}$ ,  $L_{\text{проясн}} = 148 \text{ мг/л}$ .

Механічна очистка:

- механізовані решітки, або решітки-дробарки;
- піскоуловлювачі, що аеруються, або горизонтальні;
- первинні відстійники радіальні або горизонтальні;
- піскові майданчики або піскові бункери ( $Q < 75000 \text{ м}^3/\text{добу}$ ).

Біологічна очистка:

- аеротенки без регенератора ( $BPK_{\text{повн прояснСВ}} = 148 \text{ мг/л} < 150 \text{ мг/л}$ );
- вторинні радіальні відстійники;
- знезараження очищених стічних вод хлором або гіпохлоритом натрію.

### 2.6.2 Механічна очистка

Визначається еквівалентне число жителів

$$N_{ekv} = \frac{Q_{\text{вир}} \cdot C_{\text{вир}}}{a} \quad (2.50)$$

За завислими речовинами:

$$\text{Підприємство № 1 } N_{ekv1} = \frac{972 \cdot 300}{65} = 4486 \text{ ос.}$$

$$\text{Підприємство № 2 } N_{ekv2} = \frac{1300 \cdot 350}{65} = 7000 \text{ ос.}$$

$$\text{Підприємство № 3 } N_{ekv3} = \frac{2676 \cdot 450}{65} = 18526 \text{ ос.}$$

Приведена кількість жителів за завислими речовинами

$$N^{\text{заб}}_{ekv} = N + N_{ekv} = 27744 + 12504 + 4486 + 7000 + 18526 = 70260 \text{ ос.}$$

*Решітки.* Приймаються механізовані решітки з прозорами 8 мм. Кількість відходів, що буде затримуватися на решітках (норматив за [1] – 8 л/чол. на рік) за приведеною кількістю жителів.

$$W_{\text{відх}} = \frac{8 \cdot N^{\text{заб}}_{ekv}}{1000} = \frac{8 \cdot 70260}{1000} = 562 \text{ м}^3/\text{рік або } 1,54 \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.51)$$

При щільності відходів  $750 \text{ кг/м}^3$  їх добова кількість  $1,54 \cdot 0,75 = 1,16 \text{ т}$ , вологість 80%. Необхідна площа живого перерізу робочих решіток при швидкості руху в прозорах решітки  $0,8 \text{ м/с}$

$$\omega = \frac{q_{\max}}{V} = \frac{1,033}{0,8} = 1,3 \text{ м}^2. \quad (2.52)$$

Приймаючи дві робочі решітки площа живого перерізу кожної

$$\omega_1 = \frac{1,3}{2} \cong 0,65 \text{ м}^2.$$

Число прозорів решітки при їх ширині  $b = 0,008 \text{ м}$ , глибині води перед решіткою  $h = 2,5 \text{ м}$  буде:

$$n = 1,05 \cdot \frac{\omega_1}{b \cdot h} = 1,05 \cdot \frac{0,65}{0,008 \cdot 2,5} = 32,5 \text{ шт.} \quad (2.53)$$

Ширина решітки при товщині стержня  $\delta = 8 \text{ мм}$

$$B = b \cdot n + \delta \cdot (n - 1), \quad (2.54)$$

$$B = 0,008 \cdot 32,5 + 0,008 \cdot (32,5 - 1) = 0,26 + 0,252 = 0,512 \text{ м.}$$

Приймаються решітки – РМУ-1 3 шт. (2 робочих і 1 резервна) при цьому: номінальні розміри каналу  $600 \times 800 \text{ мм}$ , ширина каналу в місці установки решітки  $685 \text{ мм}$ , число прозорів – 33, товщина стержня  $8 \text{ мм}$ .

Визначається глибина води перед решіткою при швидкості протікання через прозори решітки  $V = 1 \text{ м/с}$  (прийнята дещо більша швидкість для забезпечення незамулюючої швидкості у каналі перед решіткою).

$$h = \frac{q_{\max}}{2 \cdot n \cdot b \cdot V} = \frac{1,033}{2 \cdot 33 \cdot 0,008 \cdot 1} = 1,95 \text{ м.} \quad (2.55)$$

Швидкість течії стічних вод у каналі перед решіткою при  $V = 1 \text{ м}$  буде:

$$V = \frac{q_{\max}}{2 \cdot B \cdot h} = \frac{1,033}{2 \cdot 1 \cdot 1,95} = 0,26 \text{ м/с.} \quad (2.56)$$

$V = 0,26 \text{ м/с}$  – допустима швидкість.

Втрати напору в решітці:

$$h_{\text{пеш}} = 2,42 \left( \frac{\delta}{b} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{V^2}{2g} = 2,42 \left( \frac{8}{8} \right)^{4/3} \cdot 0,866 \cdot \frac{0,26^2}{2 \cdot 9,81} = 0,002 \text{ м.} \quad (2.57)$$

$$\alpha = 60 \div 70^\circ \quad \sin 60^\circ = 0,866.$$

$$\sin 70^\circ = 0,9397.$$

Загальний підпір, який створює решітка

$$h_{\text{заг}} = 3 \cdot h_{\text{гр}} = 3 \cdot 0,002 = 0,006 \text{ м.} \quad (2.58)$$

Таким чином, для забезпечення розрахункової швидкості руху стічних вод у каналі перед решіткою і в прозорах решітки необхідно понизити дно каналу за решіткою на величину  $h_{\text{заг}} = 0,006$  м.

Решітки та дробарки (для дроблення затриманих відходів в кількості  $1,54 \text{ м}^3/\text{доб}$  або  $1,16 \text{ т}$  вологістю  $80\%$ ) влаштовуються в окремій будівлі, яка будується за типовим проектом для розрахункової витрати від  $50$  до  $280$  тис.  $\text{м}^3/\text{добу}$ , в якій розташовується насосна станція гідроелеваторів піскоуловлювачів та системи змиву піску.

*Піскоуловлювачі.* Для затримання піску приймається піскоуловлювач, що аерується. Гідравлічна крупність  $U_0 = 18 \text{ мм/с}$ .

Розрахункові витрати:  $q_{\text{сер}} = 755,7 \text{ л/с}$ ,  $q_{\text{max}} = 1033 \text{ л/с}$ .

Мінімальна витрата визначається за формулою:

$$q_{\text{min}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{max}} = 0,69 \cdot 1033 = 712 \text{ л/с.} \quad (2.59)$$

Приймається:  $V/H = 1,25$ ,  $V_s = 0,1 \text{ м/с}$ ,  $K_s = 2,25$ ,  $H_s = 0,7$  [1].

Довжина піскоуловлювача буде:

$$L = \frac{K_s \cdot H_s}{U_0} \cdot V_s = \frac{2,25 \cdot 0,7}{0,018} \cdot 0,1 = 8,75 \text{ м.} \quad (2.60)$$

Площа поверхні піскоуловлювача

$$S = \frac{q_{\text{max}}}{U_0} = \frac{1,033}{0,018} = 57,4 \text{ м}^2. \quad (2.61)$$

Загальна ширина

$$B_s = \frac{S}{L} = \frac{57,4}{8,75} = 6,6 \text{ м.} \quad (2.62)$$

Приймається довжина піскоуловлювача  $9$  м. Типовий піскоуловлювач має три відділення шириною по  $2,5$  м і глибиною  $2,1$  м. Відношення  $V/H = 1,25$ .

Дійсна швидкість руху стічних вод в піскоуловлювачі буде:

$$V_s = \frac{L_s \cdot U_0}{K_s \cdot H_s} = \frac{9 \cdot 0,018}{0,7 \cdot 2,25} = 0,1 \text{ м/с.} \quad (2.63)$$

Це допустима швидкість.

$H_s = 0,5$  глибини, приймаємо  $H = 1,8$  м, тоді  $H_s = 0,9$  м.

Витрата повітря на аерацію при інтенсивності  $3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ .

$$q_{air} = 3 \cdot n \cdot B_s \cdot L_s = 3 \cdot 2 \cdot 6,6 \cdot 9 = 357 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.64)$$

Витрата технічної води для гідросистеми змиву піску

$$q_{air} = V_h \cdot l_{sc} \cdot b_{sc}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.65)$$

де

$$l_{sc} = L - l_{\text{ніск.прям.}} = 9 - 3 = 6 \text{ м.} \quad (2.66)$$

$$q_{air} = 0,0065 \cdot 6 \cdot 0,5 = 0,0195 \text{ м}^3/\text{с} \text{ або } 19,5 \text{ л/с.}$$

Напір води на початку змивного трубопроводу

$$H_0 = 5,6h_0 + 5,4 \frac{V_n^2}{2g}, \quad (2.67)$$

де  $h_0$  – мінімальна висота шару в лотку  $\approx 0,5$  м;

$V_n$  – швидкість на початку змивного трубопроводу  $\approx 3$  м/с в лотку.

$$H_0 = 5,6 \cdot 0,5 + 5,4 \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 5,3 \text{ м.}$$

Добова кількість затриманого піску при нормі для піскоуловлювачів, що аеруються,  $0,03 \text{ л/чол.}$  буде:

$$W_{\text{піску}} = \frac{0,03 \cdot N_{\text{зав.екв}}}{1000} = \frac{0,03 \cdot 70260}{1000} = 2,11 \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (2.68)$$

Для зневоднення піску приймається піскові бункери з гідроциклонами для його відмивання.

Місткість бункерів при дводобовому зберіганні піску буде

$$W = 2 \cdot W_{\text{піску}} = 2 \cdot 2,11 = 4,22 \text{ м}^3. \quad (2.69)$$

Приймається 2 бункери місткістю по  $2,5 \text{ м}^3$ . Дренажна вода з бункерів направляєється в канал перед піскоуловлювачами.

Замість бункерів можна прийняти піскові майданчики. Необхідна площа при навантаженні  $3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$  і умови періодичного виводу піску буде

$$F_s = \frac{W_{\text{піску}} \cdot 365}{3} = \frac{2,11 \cdot 365}{3} = 256,7 \text{ м}^2. \quad (2.70)$$

Приймається 2 майданчиків розміром  $12 \times 12 \text{ м}$  загальною площею  $F_s = 288 \text{ м}^2$ .

Треба мати на увазі, що гідроелеватори подають пульпу з відношенням вода/пісок рівним 3:1 (5:1). Тоді добовий обсяг пульпи буде  $W_{\text{пульпи доб.}} = 13,7 \text{ м}^3$ . Один майданчик при висоті напуску пульпи 1 м буде заповнюватися за  $324/13,7 = 24$  доби.

*Первинні відстійники.* До проектування приймаються радіальні відстійники, для яких  $K_{set} = 0,45$ . Необхідний ефект прояснення при концентрації завислих речовин в стічних водах, що направляються в аеротенк, рівній  $148 \text{ мг/л}$  буде

$$E = \frac{260 - 150}{260} \cdot 100 = 42,3\% .$$

Визначається розрахункове значення гідравлічної крупності зависі, що затримується в первинних відстійниках за формулою

$$U_0 = \frac{1000 H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}. \quad (2.71)$$

де  $H_{set} = 3,1 \text{ м}$ ;  $K_{set} = 0,45$ .

За [1] інтерполяцією при  $C_{en} = 260 \text{ мг/л}$  і  $E = 42,3\%$  визначається  $t_{set} = 1300 \text{ с}$  при  $h_1 = 0,5 \text{ м}$ , визначаємо за графіком  $n_2 = 0,24$ .

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 3,1 \cdot 0,45}{1300 \cdot \left( \frac{0,45 \cdot 3,1}{0,5} \right)^{0,18}} = \frac{1395}{1300 \cdot 1,29} = 0,83 \text{ мм/с}.$$

Приймається 5 відстійників. Визначається діаметр одного відстійника за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{\max}}{n \cdot \pi \cdot U_0 \cdot 3,6 \cdot K_{set}}}, \quad (2.72)$$

де  $Q_{\max}$  – максимальна годинна витрата стічних вод, яка дорівнює 2515 м<sup>3</sup>/год.

$n$  – кількість відстійників – 5,

$U_0 = 0,83$  мм/с.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2515}{5 \cdot 3,14 \cdot 0,83 \cdot 3,6 \cdot 0,45}} = 22 \text{ м.}$$

Приймаються відстійники  $D = 25$  м. Пропускна спроможність одного відстійника  $D_{set} = 25$  м з діаметром впускного пристрою  $d_{en} = 2$  м буде:

$$q_{set} = 2,8K_{set}(D_{set}^2 - d_{en}^2)(U_0 - v_{tb}), \quad (2.73)$$

згідно з [1] при швидкості  $V_w = 5$  мм/с  $V_{tb} = 0$ .

$$q_{set} = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (25^2 - 2^2) \cdot 0,83 = 1,26 \cdot (625 - 4) \cdot 0,83 = 650 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідна кількість відстійників буде:

$$n = \frac{Q_{\max}}{q_{set}} = \frac{2515}{650} = 3,86 \text{ шт.} \quad (2.74)$$

Приймається 5 відстійників  $D = 25$  м.

Добова кількість сирого осаду, що утворюється у відстійниках, вологістю 95% і щільністю 1,12 г/см<sup>3</sup> буде:

$$Q_{mud} = \frac{Q(C_{en} - C_{ex})}{(100 - P_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} = \frac{45196 \cdot (260 - 150)}{(100 - 95) \cdot 1,12 \cdot 10^4} = 88,7 \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (2.75)$$

### 2.6.3 Біологічна очистка стічних вод

Для біологічної очистки приймаються аеротенки без регенератора, тому що  $BPK_{нов}$  стічних вод, що надходять на біологічну очистку, менше 150 мг/л. Вихідні дані для розрахунків:  $L_{en} = 148$  мг/л  $L_{ex} = 15$  мг/л.

Приймається  $J_i = 100$  см<sup>3</sup>/г і доза мулу в аеротенку  $a_i = 2,5$  г/л, тоді ступінь рециркуляції буде:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i} = \frac{2,5}{\frac{1000}{100} - 2,5} = 0,333. \quad (2.76)$$

Визначається доза мулу в регенераторі:

$$a_r = a_i \left( \frac{1}{R_i} + 1 \right) = 2,5 \left( \frac{1}{0,33} + 1 \right) = 10 \text{ г/л}. \quad (2.77)$$

Питома швидкість окислення, мг БПК<sub>П</sub> на 1 г беззольної речовини мулу за годину (приймається  $a_r = a_i$ ):

$$\rho = \rho_{\max} \frac{L_{ex} \cdot C_0}{L_{ex} \cdot C_0 + K_L \cdot C_0 + K_0 \cdot L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + J \cdot a_r}, \text{ мг/Г} \times \text{ГОД}. \quad (2.78)$$

$$\rho = 85 \cdot \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 10} = 14,23 \text{ мг/Г} \times \text{ГОД}.$$

Тоді період окислення забруднень буде:

$$t_0 = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i \cdot a_r \cdot (1 - S) \cdot \rho} = \frac{148 - 15}{0,33 \cdot 10 \cdot (1 - 0,3) \cdot 14,23} = 4,1 \text{ год}. \quad (2.79)$$

Час обробки води в аеротенку буде:

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \lg \frac{L_{en}}{L_{ex}} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} \lg \frac{148}{15} = 1,5 \text{ год}. \quad (2.80)$$

Приймається 2 години.

Для визначення навантаження на мул визначається час знаходження стічних вод в систему аеротенка:

$$t = (1 + R_i) \cdot t_{at} + R_i \cdot t_r = (1 + 0,33) \cdot 2 + 0,33 \cdot 2,1 = 3,35 \text{ год}. \quad (2.81)$$

Середня доза мулу в системі:

$$a_{im} = \frac{(1 + R_i) \cdot t_{at} \cdot a_i + R_i \cdot t_r \cdot a_r}{t} = \frac{(1 + 0,33) \cdot 2 \cdot 2,5 + 0,33 \cdot 2,1 \cdot 10}{3,35} = 3,26 \text{ г/л}. \quad (2.82)$$

Навантаження на мул:

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_{im} \cdot (1 - S) \cdot t} = \frac{24 \cdot (148 - 15)}{3,26 \cdot (1 - 0,3) \cdot 3,35} = 423,8 \text{ мг/Г на добу}. \quad (2.83)$$

Для міських стічних вод при  $q_i = 423,8$  мг/г на добу муловий індекс буде  $J_i = 84$  см<sup>3</sup>/г, що відрізняється від прийнятої величини  $J_i = 100$  см<sup>3</sup>/г. З врахуванням скорегованої величини  $J_i = 84$  см<sup>3</sup>/г уточнюється ступінь рециркуляції

$$R_i = \frac{2,5}{\frac{1000}{84} - 2,5} = 0,266.$$

Виходячи з умов роботи вторинних відстійників з мулососами приймається  $R_i = 0,3$  і розрахунки повторюються

$$a_r = 2,5 \left( \frac{1}{0,3} + 1 \right) = 10,8 \text{ г/л,}$$

$$\rho = 85 \cdot \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 10,8} = 13,77 \text{ мг/г} \times \text{год.},$$

$$t_0 = \frac{148 - 15}{0,3 \cdot 13,77 \cdot (1 - 0,3) \cdot 10,8} = 4,3 \text{ год.},$$

$$t_{at} = 2 \text{ год.},$$

$$t_a = (1 + 0,3) \cdot 2 + 0,3 \cdot 2,3 = 2,09 \text{ год.},$$

$$a_{im} = \frac{(1 + 0,3) \cdot 2 \cdot 2,5 + 0,3 \cdot 2,3 \cdot 10,8}{2,09} = 5,24 \text{ г/л,}$$

$$q_i = \frac{24 \cdot (148 - 15)}{5,24 \cdot (1 - 0,3) \cdot 2,09} = 422,6 \text{ мг/г на добу.}$$

Отримане значення дуже мало відрізняється від визначеного раніше  $q_i = 423,8$  мг/г на добу, а прийнята мінімальна величина  $R_i = 0,3$  для вторинних відстійників з мулососами не змінить кінцевих розрахунків.

Таким чином, при проектуванні аеротенку-змішувача без регенератора приймається  $R_i = 0,3$ ; час аерації в аеротенку  $t_{at} = 2$  год.

Місткість аеротенку приймається, виходячи із середньогодинного надходження стічних вод за період аерації, рівній 4,3 години в години максимального притоку. Як свідчить аналіз надходження стічних вод на очистку впродовж 4 – 7 годин спостерігається максимальна витрата.

Виходячи з цього для розрахунку місткості аеротенку приймається максимальна годинна витрата  $2515 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

Місткість аеротенку буде

$$W_{at} = t_{at} \cdot (1 + R_i) \cdot Q = 2 \cdot (1 + 0,3) \cdot 2515 = 6540 \text{ м}^3. \quad (2.84)$$

Місткість регенератора:

$$W_r = t_r \cdot R_i \cdot Q = 3,3 \cdot 0,3 \cdot 2515 = 6475 \text{ м}^3. \quad (2.85)$$

Загальна місткість аеротенку:

$$W = W_{at} + W_r = 6540 + 6475 = 13015 \text{ м}^3. \quad (2.86)$$

До будівництва приймається 6 трьохкоридорних аеротенків із збірного залізобетону з розмірами коридору  $6 \times 5 \times 10,8 \text{ м}$  за типовим проектом. Місткість одного аеротенку  $3240 \text{ м}^3$ . Таким чином, загальна місткість аеротенків буде  $19440 \text{ м}^3$ .

Визначається питома витрата повітря за формулою:

$$q_{air} = \frac{q_0(L_{en} - L_{ex})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3(C_a - C_0)}, \quad (2.87)$$

при цьому приймається:  $\frac{f_{az}}{f_{at}} = 0,5$ . Тоді  $K_1 = 2$ ,  $J_{amax} = 50 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год.}$ ,  
 $q_0 = 1,1$ .

При глибині аеротенка  $5 \text{ м}$  і аерації через трубчасті полімерні аератори  $h_a = 5 \text{ м}$ , тоді  $K_2 = 2,92$  і  $J_{amax} = 3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год.}$

$$K_T = 1 + 0,02(T_w - 20), \quad (2.88)$$

$T_w$  – середньомісячна температура стічних вод за літній період, приймається  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $K_T = 1,1$ ,  $K_3 = 1$ .

$$C_a = \left(1 + \frac{H}{20,6}\right) C_T, \quad (2.89)$$

де  $C_T$  – розчинність кисню у воді [1], для  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $C_T = 9,17 \text{ мг/л}$ .

$C_0$  – приймається рівною  $2 \text{ мг/л}$ .

$$C_a = \left(1 + \frac{5}{20,6}\right) 9,17 = 11,4 \text{ мг/л},$$

$$q_{air} = \frac{1,1 \cdot (148 - 15)}{2 \cdot 2,92 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (11,4 - 2)} = 3,18 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Інтенсивність аерації визначається за формулою

$$J_a = \frac{q_{air} \cdot H_{at}}{t_{at}} = \frac{3,18 \cdot 5}{2,09} = 7,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год.} \quad (2.90)$$

Умова  $J_{a \min} \leq J_a \leq J_{a \max}$ , тобто  $3 \leq 7,6 \leq 50$  виконується.

Добова витрата повітря для аерації стічних вод в аеротенках буде

$$Q_{нов} = Q_{заг} \cdot q_{air} = 45196 \cdot 3,18 = 143723 \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (2.91)$$

Для аерації рідини в піскоуловлювачах, що аеруються, необхідно

$$Q_{нов}^{a_1} = q_{год} \cdot 24 = 693 \cdot 24 = 16632 \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (2.92)$$

Необхідно прийняти насосно-повітрорудну станцію з повітрорудним обладнанням, яке забезпечить добову подачу повітря 160 тис. м<sup>3</sup>/добу.

*Вторинні відстійники.* Приймаються радіальні вторинні відстійники.

Гідравлічне навантаження визначається за формулою:

$$q_{ssa} = \frac{45 \cdot K_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_i \cdot a_i)^{0,5-0,01a_i}}, \quad (2.93)$$

де  $K_{ss}=0,4$  для радіальних відстійників;

$H_{set}$  – глибина відстійника, м, приймається 3 м;

$a_t=10$  мг/л;  $a_i=2,5$  г/л;  $J_i=84$  см<sup>3</sup>/г (згідно розрахунку аеротенків).

Тоді

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3^{0,8}}{(0,1 \cdot 84 \cdot 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 10}} = \frac{4,335}{18,5^{0,4}} = \frac{4,335}{2,415} = 1,795 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год.}$$

При розрахунках первинних відстійників було визначено, що необхідно 5 відстійників діаметром 25 м. При виконанні робіт бажано мати однотипні за основними розмірами будівельні конструкції. Приймаються до будівництва вторинні відстійники теж діаметром 25 м. Площа дзеркала відстійника  $D=25$  м складає  $F=392$  м<sup>2</sup>

Загальна площа дзеркала вторинних відстійників при витраті стічних вод 2515 м<sup>3</sup>/год. буде:

$$F = \frac{Q}{q_{ssa}} = \frac{2515}{1,795} = 1400 \text{ м}^2. \quad (2.94)$$

Таким чином вторинних відстійників діаметром 25 м необхідно

$$n = \frac{F}{F_1} = \frac{1400}{392} = 3,57 \text{ шт.}$$

Приймається 5 вторинних відстійників діаметром 25 м і 5 первинних відстійників діаметром 25 м.

#### 2.6.4 Знезараження стічних вод

Знезараження біологічно очищених стічних вод здійснюється рідким хлором з розрахунковою дозою активного хлору  $3 \text{ г/м}^3$  [1]. При цьому добова кількість хлору буде  $45196 \cdot 0,003 = 135,6 \text{ кг/добу}$  за активним хлором, а за максимальну годину  $2515 \cdot 0,003 = 7,6 \text{ кг/год}$ .

Для змішування хлорної води з очищеними стічними водами передбачається змішувач (йоршовий або лоток Вентурі, або лоток Паршалья).

Для контакту стічних вод з хлором необхідно передбачати контактні резервуари, якщо в скидному каналі час контакту не буде дорівнювати 30 хвилинам. Місткість контактних резервуарів визначається за залежністю

$$W_{к.р.} = Q \cdot 0,5 = 2515 \cdot 0,5 = 1257,5 \text{ м}^3. \quad (2.95)$$

Кількість осаду, який утворюється в контактних резервуарах після повної біологічної очистки в аеротенках, приймається  $0,5 \text{ л/м}^3$  стічних вод [1]. Таким чином добова кількість осаду вологістю 98% буде

$$W_{ос.конт} = 0,5 Q_{доб} = 0,5 \cdot 45196 = 22600 \text{ л або } 22,6 \text{ м}^3.$$

Осад зневоднюється без попереднього зброджування. Кількість контактних резервуарів для  $Q = 45196 \text{ м}^3/\text{добу}$  буде: 3 секції шириною 8 метра, довжина 20 м.

Можливо застосування для знезараження електролізних установок. Кількість їх приймається не більше двох-трьох паралельно працюючих, при чому одна повинна бути резервною.

Для забезпечення 7,6 кг/год по активному хлору, треба передбачити дві установки ЕН-100 продуктивністю 4,1 кг/год. кожна. При цьому необхідна кількість електроенергії буде складати  $N = 12 \times 7,6 = 91,2$  кВт·год.

### 2.6.5 Обробка сирого осаду і надлишкового активного мулу

Добова кількість сирого осаду вологістю 95% і щільністю  $1,12$  г/см<sup>3</sup> складає  $W_{mud} = 258,9$  м<sup>3</sup>/добу.

Ефективність відстоювання завислих речовин в первинних відстійниках

$$E = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}}, \quad (2.96)$$

$$E = \frac{260 - 150}{260} = 0,42.$$

Кількість сирого осаду по сухій речовині, т/доб. буде:

$$M_{a.mud} = \frac{0,8 \cdot C_{en} \cdot (1 - E) + 0,3 \cdot L_{en} - a_t}{10^6} \cdot Q, \quad (2.97)$$

$$\begin{aligned} M_{a.mud} &= \frac{0,8 \cdot 260 \cdot (1 - 0,42) + 0,3 \cdot 148 - 10}{10^6} \cdot 45196 = \\ &= \frac{120,64 + 45 - 10}{10^6} \cdot 45196 = \frac{158,64 \cdot 45196}{10^6} = 7,2 \text{ т/доб} \end{aligned}$$

Кількість осаду по абсолютно сухій беззольній речовині за добу при гігроскопічній вологості  $P_2 = 6\%$  і зольності 27% буде

$$M_{mud}^s = \frac{M_{mud} \cdot (100 - P_2) \cdot (100 - s_{mud})}{10^4}, \quad (2.98)$$

$$M_{mud}^s = \frac{22,1 \cdot (100 - 6) \cdot (100 - 27)}{10^4} = 6,5 \text{ т/добу.}$$

Кількість надлишкового активного мулу по абсолютно сухій беззольній речовині буде:

$$M_{a.mud}^s = \frac{M_{a.mud} \cdot (100 - P_2) \cdot (100 - s_{a.mud})}{10^4}, \quad (2.99)$$

$$M_{a.mud}^s = \frac{7,2 \cdot (100 - 6) \cdot (100 - 27)}{10^4} = 4,9 \text{ т/добу.}$$

Перед направленням в метантенки надлишковий активний мул ущільнюється в мулоущільнювачах.

Вологість активного мулу з вторинних відстійників після аеротенків 99,7 % густина 1 т/м<sup>3</sup>.

$$C_{a.mud} = P_t - a_t = 0,8 \cdot C_{cdp} + k_d \cdot L_{en} - a_t, \quad (2.100)$$

$$C_{a.mud} = 0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 148 - 10 = 158 \text{ мг/л.}$$

Годинна витрата надлишкового активного мулу

$$Q_{a.mud} = \frac{C_{a.mud} \cdot Q \cdot 100}{24 \cdot (100 - P_{a.mud}) \cdot \rho_{a.mud} \cdot 10^6}, \quad (2.101)$$

$$Q_{a.mud} = \frac{158 \cdot 45196 \cdot 100}{24 \cdot (100 - 99,7) \cdot 1 \cdot 10^6} = 99,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За [1] приймаються наступні параметри для розрахунку мулоущільнювачів: радіальний ущільнювач, вологість ущільненого активного мулу – 97,3%, тривалість ущільнення  $t = 9-11$  годин.

Корисна площа поперечного перерізу радіальних відстійників, які використовуються в якості мулоущільнювачів буде:

$$F = \frac{Q_{a.mud}}{q_0}, \quad (2.102)$$

де  $q_0 = 0,3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год.}$  [1].

$$F = \frac{99,2}{0,3} = 330,7 \text{ м}^2.$$

Приймаючи 2 мулоущільнювача діаметр кожного буде:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot n}}, \quad (2.103)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 330,7}{3,14 \cdot 2}} = 14,5 \text{ м.}$$

Приймається 2 радіальних відстійника (обидва робочі) діаметром 15 м з глибиною зони відстоювання 3,2 м. Корисна площа буде  $f = 225 \text{ м}^2$ , глибина робочої частини  $H = q_0 \cdot t = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ м.}$

Загальна глибина мулоущільнювача

$$H_{tot} = H + 0,7 + 0,2 = 3,9 \text{ м,}$$

де 0,7 м – це висота зони залягання мулу при наявності мулососу,  
0,2 – висота бортів над рівнем рідини.

Обсяг ущільненого надлишкового активного мулу при вологості 97,3% за добу буде:

$$W_{a.mud} = \frac{M_{a.mud} \cdot 100}{(100 - P) \cdot \gamma}, \quad (2.104)$$

$$W_{a.mud} = \frac{7,2 \cdot 100}{(100 - 97,3) \cdot 1} = 266,7 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Загальна кількість осаду за добу по сухій речовині:

$$M_{tot} = M_{mud} + M_{a.mud}, \quad (2.105)$$

$$M_{tot} = 7,2 + 9,4 = 16,6 \text{ т/добу,}$$

а по абсолютно сухій беззольній речовині:

$$M_{tot}^s = M_{mud}^s + M_{a.mud}^s, \quad (2.106)$$

$$M_{tot}^s = 4,9 + 6,5 = 11,4 \text{ т/добу,}$$

по обсягу суміші фактичної вологості:

$$W_{tot} = W_{mud} + W_{a.mud}, \quad (2.107)$$

$$W_{tot} = 258,9 + 266,7 = 525,6 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Середня вологість суміші:

$$P_{mix} = 100 \cdot \left(1 - \frac{M_{tot}}{W_{tot}}\right), \quad (2.108)$$

$$P_{mix} = 100 \cdot \left(1 - \frac{43}{525,6}\right) = 91,8\% .$$

На станції очистки стічних вод з механічним зневодненням осаду (в цій роботі розрахунок споруд для зневоднення осадів не наводиться) передбачаються аварійні мулові майданчики на 20% річної кількості осаду. Обсяг суміші сирого осаду і надлишкового активного мулу з фактичною вологістю 95,8 % складає 193,6 м<sup>3</sup>/добу.

Таким чином, на аварійні мулові майданчики може надходити

$$W_{ав.мул.} = 0,2 \cdot 193,6 = 38,7 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Корисна площа мулових майданчиків  $\text{м}^2$ , буде визначатись за формулою

$$F = \frac{W_{ав.мул.} \cdot 365}{h \cdot K}. \quad (2.109)$$

Приймаються мулові майданчики на штучній асфальтобетонній основі з дренажем: навантаження,  $h$ , осаду  $\text{м}^3$  на  $\text{м}^2$  майданчика за рік, згідно [1] складатиме  $1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$ ,  $K = 1$ .

Тоді корисна площа буде:

$$F = \frac{38,7 \cdot 365}{1,5} = 9420 \text{ м}^2.$$

Приймаючи площу однієї карти  $600 \text{ м}^2 = 20 \times 30 \text{ м}$ . Кількість карт буде

$$n = \frac{9420}{600} \approx 16 \text{ карт.}$$

## **3 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **3.1 Загальні відомості**

Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні, будівництві та реконструкції підприємств, будівель і споруд, виконується ОВНС також при технічному переоснащенні підприємств, діючих будівель і споруд, тобто ОВНС виконується тільки для проектованої діяльності.

Мета ОВНС – екологічне обґрунтування доцільності проектованої діяльності і способів її реалізації, визначення шляхів і способів нормалізації стану навколишнього середовища і забезпечення необхідної екологічної безпеки.

Основні завдання ОВНС:

1. Характеристика існуючого стану території району і майданчика, або траси будівництва або їх варіантів.
2. Визначення переліку можливих екологічно небезпечних впливів і зон впливу проектованої діяльності на навколишнє середовище з урахуванням усіх запропонованих варіантів.
3. Визначення масштабів і рівнів впливу проектованої діяльності на навколишнє середовище в нормальних і аварійних умовах.
4. Прогноз змін стану навколишнього середовища відповідно до переліку впливу при будівництві, експлуатації, ліквідації об'єктів проектованої діяльності та ймовірних аварійних ситуацій.
5. Визначення комплексів заходів щодо попередження та обмеження впливів проектованої діяльності на навколишнє середовище, необхідних для дотримання вимог природоохоронного законодавства та нормативних документів.
6. Визначення еколого-економічних наслідків реалізації проектованої діяльності і залишкових впливів на навколишнє середовище.
7. Складання заяви про екологічні наслідки діяльності.

### 3.2 Санітарно-захисні зони очисних споруд

Забруднення навколишнього середовища комунально-побутовими та виробничими стічними водами призводить до несприятливих наслідків для водних екосистем, відбивається на якості підземних вод, що призводить до зростання захворюваності серед населення. Навіть населені пункти з центральною каналізаційною системою і налагодженим очищенням стоків гостро відчувають ці проблеми. Для невеликих селищ, котеджів і ферм вони часом не можуть стати вирішуваними. Одна з причин – велика кількість різночитань у документах, які регулюють діяльність у сфері очищення стоків. Допомога професіоналів вимагається на стадії проектування споруд з очищення стічних вод і розрахунку санітарно-захисних поясів.

Вимоги до проектування і будівництва споруд з очищення каналізаційних стоків регламентуються будівельними нормами – [1]. Санітарно-гігієнічні нормативи з водовідведення містяться в [4], за яким здійснюється контроль за якістю очистки стічних вод очисними спорудами різної потужності. Стосовно допустимої відстані від установок по очищенню каналізаційних стоків до житлових районів застосовується поняття санітарно-захисна зона очисних споруд.

Санітарно-захисна зона очисних споруд (ОЗ) встановлюється основним документом, яким керуються при будівництві зовнішніх каналізаційних систем і споруд для очищення стоків [1]. Обсяг каналізації, як зазначено в цьому документі, не повинен бути нижче  $200 \text{ м}^3/\text{добу}$ . Приблизно такий обсяг стічних вод виходить в результаті життєдіяльності 1 тис. населення. Різноманітні форми локальної очистки каналізаційних стоків залишаються вже тривалий час за рамками цього документа.

Іншим важливим кількісним показником для водопровідно-каналізаційного господарства є норма витрати води різними споживачами. Це найбільш істотний параметр, який враховується при розрахунках необхідної продуктивності ОЗ. Нормує витрату води [2], що відноситься до внутрішнього водопроводу і каналізації будинків. Регіони після 1990 року

розробили власні рекомендації щодо розрахунку водоспоживання та водопроводу і каналізації.

Санітарно-захисна зона очисних споруд невеликої потужності визначається виходячи з вимог [1]. У тому випадку, якщо неможливо дотримання нормативів за протяжністю санітарно-захисних зон локальних очисних споруд каналізаційних систем, їх установка повинна бути погоджена з місцевими наглядовими органами.

Обговорення перерахованих вимог ускладнюють протиріччя в існуючих документах. У першу чергу це відноситься до санітарно-захисних зон очисних споруд локальної очистки. У цьому зв'язку можна відзначити, що згадуються дві різні зони: перша – це мінімальна відстань від ОС до житлової забудови; друга зона санітарної захисту включає відстань від наявної точки скидання очищених вод до підземних і надземних джерел водопостачання і водойм. Як першу, так і другу санітарно-захисну зону очисних споруд локальної очистки регламентують [1, 4-5]. Причому, контрольно-наглядові органи і ті, хто зводять ЛОС, у своїй діяльності спираються на вимоги [6]. Існує розділ цього документа, який стосується системи водовідведення населених місць і питань санітарної охорони об'єктів водопостачання. На підставі вимог саме цього документа видаються відповідні висновки та сертифікати.

За [6] встановлюється необхідність отримання для споруджуваних промислово-господарських об'єктів, в число яких входять очисні споруди, висновки про відповідність проекту даного документу. Висновки видають заклад державної санепідемслужби.

За [4] визначаються вимоги до санітарно-гігієнічних властивостей води з нецентралізованих джерел водопостачання, а також до забезпечення санітарної охорони джерел. Відповідальність за дотримання санітарно-захисної зони очисних споруд таких видів питних джерел покладається на місцеве самоврядування, колективних, а також індивідуальних власників. Уточнюється, що водозабори повинні бути розташовані на незабрудненій

території, віддаленість від джерел забруднення (туалетів, вигрібних ям, місць поховань, складів агрохімікатів, місцевих підприємств, каналізаційних споруд і інших) становить не менше 50 м. Місце забору вод при неможливості дотримання вказаної відстані повинно бути погоджено з наглядовою санітарно-епідеміологічним органом. При цьому забороняється мити автомашини, влаштовувати водопій для домашніх тварин, займатися пранням білизни, здійснювати інші види діяльності, які призводять до забруднення підземних вод в радіусі 20 м від колодязів (каптажів). Таким чином, мінімальна відстань від водозабору до локальних ОС повинна складати 20 м. Протяжність санітарно-захисної зони очисних споруд закритого типу – 50 м.

Що стосовно КОС розглянутих у кваліфікаційній роботі, то вони виконані в повній відповідності з санітарними нормами України.

### **3.3 Види впливу на оточуюче середовище**

Очисні споруди Дніпропетровської області мають потужність 45200 м<sup>3</sup>/добу. Вміст забруднюючих речовин у стічних водах, які відводяться від міста становлять за ХПК – 277,6 мг/дм<sup>3</sup>, завислі речовини – 260 мг/дм<sup>3</sup>. Крім того, в стічних водах присутнє бактеріальне забруднення.

У зв'язку з цим розроблено комплекс водоохоронних заходів, які б відповідали сучасному рівню технологій очищення стічних вод до чинних нормативів, та уникнення безпідставних витрат.

Блоки, з яких складаються очисні споруди, досить енергозатратні та громіздкі, виключення із технологічної схеми будь-якого блоку позначалось на якості очищення стічних вод.

В утворених техногенних умовах негативному впливу підлягають:

1. *Повітряне середовище* – в залишках накопичення каналізаційних стоків (сірководень, кислі гази).

2. *Водне середовище*, у тому числі :

- поверхневі води – скид неочищених стоків приведе до хімічного та бактеріологічного забруднення поверхневих вод;
- підземні води – інфільтрація забруднених стоків також приведе до змін у хімічному та бактеріальному складі ґрунтового потоку.

3. *Рослинний та тваринний світ* – в результаті прямого та опосередкованого впливу забруднюючих речовин, які попадають у повітря, ґрунт, підземні та поверхневі води, флора та фауна може підпасти під незворотні зміни.

### **3.4 Перелік екологічних та інших обмежень**

Усі компоненти природного середовища у районі розташування об'єкту прямо або опосередковано будуть зазнавати вплив внаслідок його функціонування.

Дія запроєктованих очисних споруд базується на використанні природного механізму самоочищення забруднених вод із залученням всього комплексу фізичних, фізико-хімічних, хімічних та біохімічних процесів, тим самим повністю усуваючи негативний екологічний вплив на:

- атмосферне повітря, ґрунти, ґрунтові і поверхневі води;
- рекреаційні зони;
- стан здоров'я населення;
- рослинний та тваринний світ.

При виконанні ОВНС враховувалась [7] про наступні екологічні обмеження: для комунальних споруд повного біологічного очищення стічних вод (а саме така схема розроблена проєктом) встановлюються такі нормативи гранично допустимого вмісту забруднюючих речовин (мг/л):

- біохімічне споживання кисню (БПК<sub>5</sub>) – не більше, як 15 мгО<sub>2</sub>/л,
- хімічне споживання кисню – не більше, як 80 мгО<sub>2</sub>/л,
- завислі речовини – не більше, як 15 мг/л.

До якості повітря екологічні вимоги пред'являються у вигляді установаження санітарно-захисної зони (СЗЗ), у якій концентрація шкідливих

речовин у повітрі не перебільшує граничнодопустимих норм для атмосфери населених пунктів.

Вимоги до якості води для різних видів водокористування регламентуються відповідними нормативними документами, діючими у відповідності з законодавством України [6, 7].

### **3.5 Оцінка впливу на оточуюче середовище**

#### **3.5.1 Оцінки впливу на водні об'єкти**

Основними джерелами забруднення поверхневих вод є усі види неочищених стічних вод, у тому числі дифузійних, що сприяють небажаній зміні фізико-хімічних і біологічних властивостей води.

У практиці санітарної охорони поверхневих вод користуються гігієнічними нормативами граничнодопустимими концентраціями (ГДК) лімітуючих речовин у стічних водах, що визначають якість води. За ГДК приймають таку нешкідливу (максимальну) концентрацію речовини, при якій забезпечується нормальний перебіг біохімічних процесів у воді і повністю зберігається біоценоз водойми.

Найбільш ефективними шляхами охорони поверхневих вод від забруднення є скорочення питомої норми водовідведення та зниження вмісту лімітуючих забруднень у питній воді шляхом використання ефективних методів очищення.

Шкідливі речовини, що скидаються із стічними водами у відкриті водойми, порушують в останніх природну біологічну рівновагу і гальмують процеси самоочищення. Здатність самоочищатися залежить від умов змішування і розбавлення стічних вод. Для задоволення санітарних вимог встановлюють граничнодопустимий скид (ГДС) лімітуючих речовин в цілях обмеження надходження забруднень у водойми зі стічними водами. Рівняння матеріального балансу має вигляд:

$$\underbrace{qC_{ст.нр}} + \underbrace{QC_{ф}} = \underbrace{C_{нр}(q + \gamma Q)}, \quad (3.1)$$

де  $q, Q$  – витрата стічних і річкових вод м<sup>3</sup>/год.;

$C_{ст}$ ,  $C_{ур}$ ,  $C_{ф}$  – концентрація лімітуючої речовини відповідно для нормативно-очищеної стічної води і в річці вище місця випуску, г/м<sup>3</sup>;

$C_{ур}$  – граничнодопустима концентрація у воді залежно від виду водокористування, г/м<sup>3</sup>;

$\gamma$  – коефіцієнт змішування, частки одиниці.

*Розрахунок граничнодопустимих концентрацій лімітуючих речовин у глибоких водах, що скидаються у річку.*

Розрахунок виконаний для режиму штатної та нештатної аварійної експлуатації споруд у відповідності з діючими нормативами «Охорони поверхневих вод від забруднення»

Всі розрахунки виконані виходячи з умови збігу несприятливих факторів:

– витрати води в річці прийняті для періоду зимової межені при 95% забезпеченості;

– ефект самоочищення визначений, виходячи з несприятливих зимових умов;

– якість очищених стоків від КОС прийнято з урахуванням можливого у віддаленій перспективі появи в них важких металів, у той час як в даний час і на аналізований період зазначені інгредієнти відсутні.

Для розрахунків використані фонові показники якості води в визначених створах, гідрологічні параметри річки Десна, промодельована ситуація на водозборі на період введення очисних споруд на повну потужність з проектованої забудовою населеного пункту.

Якість води оцінювалося по відношенню до ГДК шкідливих речовин, прийнятих в основному для водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.

*Основні відомості, необхідні для оцінки впливу стічних вод на водойми.*

Витрата стічних вод  $q = 0,7$  м<sup>3</sup>/с, коефіцієнт нерівномірності  $K_n=1,5$ , вміст завислих речовин в суміші побутових і виробничих стічних вод 260 мг/л, БПК<sub>повн</sub> становить 277,12 мг/л.

Суміш побутових та виробничих стічних вод пройшла механічну, біологічну очистку, після чого вміст завислих речовин у ній знизилася до 15 мг/л, а також БПК<sub>повн</sub> до 15 мг/л. Крім того, в стічній воді містяться забруднення, що надходять з підприємств.

Спуск стічних вод проектується в річку, склад води якої на підході до місця випуску стічних вод (створ №1) характеризується наступними даними: розчинений кисень – 5,9 мг/л, БПК<sub>повн</sub> – 1,3 мг/л, завислі речовини – 5,8 мг/л.

Нижче за течією на відстані 9,1 км від випуску стічних вод знаходиться населений пункт, для якого р. Десна є джерелом централізованого водопостачання населення. Середньомісячний витрата річки становить 1 м<sup>3</sup>/с. На аналізованій ділянці середня швидкість річки 0,2 м/с при середній глибині 0,5 м та шириною 15 м.

Звивистість русла на ділянці від створу №1 до розрахункового створу №2 досить виражена – коефіцієнт звивистості  $\varphi = 1,35$ . Випуск стічних вод руслової  $q = 1,5$ . Відстань від місця випуску стічних вод до розрахункового створу становить 8,1 км. Коефіцієнт змішування стічних вод з водою водойми  $\gamma = 0,954$ . Визначимо кратність розбавлення стічних вод перед створом №2 за формулою:

$$n = \frac{\gamma Q p + q_{c.v.}}{q_{c.v.}} = 3,7 \approx \varphi - \text{кратне розбавлення} \quad (3.2)$$

Необхідний ступінь зниження концентрації стічних вод (зменшення скидання забруднюючих речовин у водойму) за завислими речовинами становить  $m = 15$  мг/л, за БПК<sub>повн</sub> –  $L^{\text{БПК}}_{\text{повн}} = 15$  мг/л.

В основу розрахунків оцінки наслідків нештатного режиму роботи КОС покладені наступні параметри якості стічних вод, представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри якості стічних вод

Забруднюючі речовини	1 варіант	2 варіант (аварійний)
БПК, мг/л	15	229,7
Завислі речовини, мг/л	15	230
Хром (III), мг/л	0,5	-
Хром (IV), мг/л	-	810
Мідь, мг/л	0,5	135
Ціаніди, мг/л	-	400

Розглянемо варіант штатного режиму експлуатації КОС (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Зведені нормативні та фонові характеристики р. Десни

№ з/п	Найменування показника	Од. вим	Клас небезпеки	ГДК для водойм господарсько-побутового призначення	Фонові характеристики по створу №1 річки
1	Завислі речовини	мг/л	-	0,25	5,8
2	БПК <sub>повн</sub>	мг/л	-	6	1,3
3	Феноли	мг/л	4	0,001	0,0005
4	Нафтопродукти	мг/л	4	0,3	0,5
5	Фосфати	мг/л	1-2	1,2	0,66
6	Азот амонійний	мг/л	3-4	2	0,25
7	Залізо	мг/л	3	0,3	0,3
8	Мідь	мг/л	3	1	0,027
9	Хром (III)	мг/л	3	0,5	0,008
10	Хром (IV)	мг/л	3	1	0,01
11	Нікель	мг/л	3	0,1	0,007
12	Цинк	мг/л	3	1	0,025
13	Марганець	мг/л	3	0,1	0,066
14	Ціаніди	мг/л	3	0,1	-

Визначення сумарних показників впливів і якості річкової води за результатами розведення (концентрації) очищених стічних вод та їх самоочищення між створами 1-2 розглянемо в таблиці 3.3. Створ № 1 – р. Десна до випуску очищених стоків. Витрата не менше 1 м<sup>3</sup>. Відстані до створу №2 – 8,1 км.

Таблиця 3.3 – Визначення сумарних показників впливів і якості річкової води за результатами розведення (концентрації) очищених стічних вод та їх самоочищення

№ з/п	Найменування показника	Од. вим.	Клас безпеки	Якість очищених стоків $q_{\text{св}}=0,35 \text{ м}^3/\text{с}$	Фон по створу №1	Річкова вода після змішування		Сумарні показники якості річкової води з/ГДК
						з витратою	самоочищення перед створом №2	
1	Завислі речовини	мг/л	-	15	5,8	5,85	5,58	0,92
2	БПК <sub>повн</sub>	мг/л	-	15	1,3	3,3	3,15	0,52
3	Феноли	мг/л	4	-	0,0005	0,0097	0,00035	0,45
4	Нафтопродукти	мг/л	4	-	0,05	0,037	0,035	0,12
5	Фосфати	мг/л	1-2	-	0,66	0,44	0,42	0,35
6	Азот амонійний	мг/л	3-4	-	0,25	0,18	0,17	0,085
7	Залізо	мг/л	3	-	0,3	0,25	0,24	0,8
8	Мідь	мг/л	3	0,5	0,027	0,15	0,14	0,14
9	Хром (III)	мг/л	3	0,5	0,008	0,14	0,13	0,26
10	Хром (IV)	мг/л	3	-	0,01	0,007	0,0067	0,0067
11	Нікель	мг/л	3	-	0,007	0,005	0,0067	0,048
12	Цинк	мг/л	3	-	0,025	0,018	0,0048	0,017
13	Марганець	мг/л	3	-	0,066	0,044	0,017	0,42
Сумарний показник впливів і якості річкової води після КОС( сума з/ГДК по 1 і 2 класу забруднень								0,35<1

Розглянемо аварійний режим експлуатації КОС

В таблиці 3.4 визначимо сумарні показники впливу і якості річкової води за результатами розведення (концентрації) неочищених стічних вод, що скидаються, та їх самоочищення між створами 1-2.

Таблиця 3.4 – Сумарні показники впливу і якості річкової води за результатами розведення (концентрації) неочищених стічних вод, що скидаються, та їх самоочищення між створами 1-2

№ з/п	Найменування показника	Од. вим.	Клас небезпеки	Якість очищених стоків $q_{св}=0,35 м^3/с$	Фон по створу №1	Річкова вода після змішування		Сумарні показники якості річкової води з/ГДК
						з витратою	самоочищення перед створом №2	
1	Завислі речовини	мг/л	-	230	5,8	63,9	60,98	10,08
2	БПК <sub>повн</sub>	мг/л	-	229,7	1,3	60,5	57,7	9,6
3	Феноли	мг/л	4	-	0,0005	0,00037	0,00035	0,45
4	Нафтопродукти	мг/л	4	-	0,05	0,037	0,035	0,12
5	Фосфати	мг/л	1-2	-	0,66	0,44	0,42	0,35
6	Азот амонійний	мг/л	3-4	-	0,25	0,18	0,17	0,085
7	Залізо	мг/л	3	-	0,3	0,25	0,24	0,8
8	Мідь	мг/л	3	135	0,027	35,02	33,41	33,4
9	Хром (III)	мг/л	3	-	0,008	0,14	0,13	0,26
10	Хром (IV)	мг/л	3	810	0,01	210	200,3	200,3
11	Нікель	мг/л	3	-	0,007	0,005	0,0048	0,048
12	Цинк	мг/л	3	-	0,025	0,18	0,017	0,017
13	Марганець	мг/л	3	-	0,066	0,044	0,042	0,42
14	Ціаніди	мг/л	3	400	-	103,7	98,93	989,3
Сумарний показник впливів і якості річкової води після скиду аварійного стоку( сума з/ГДК по 1 і 2 класу забруднень)								0,35<1

Аналіз показує, що концентрація забруднюючих речовин нижче випуску стічних вод з КОС знижуються по мірі віддалення об'єкта вниз за течією річки, що пояснюється розбавленням і самоочищувальною здатністю річки, проте вплив очищеного стоку обмежений наявністю забруднень в річці.

Найбільше забруднення річки спостерігається при розрахунку 2 варіанту (критичного), коли очищення стоків відсутнє. Норми перевищені ГДК за завислими речовинами, БПК<sub>повн</sub>, міддю, хромом та ціанідами. В результаті виконаних розрахунків можна зробити наступні висновки:

- якість очищення стічних вод від власне КОС в штатному режимі перевершує фонові характеристики водойми і забезпечує сумарні показники якості води в р. Десні від місця випуску до контрольного створу;
- у позаштатному режимі експлуатації скидання некондиційних стоків в річку неприпустиме.

### **3.5.2 Оцінка теплового забруднення річки очищеними стоками**

Відведення стоків з температурою, що перевищує аналогічні показники водойми є характерним фактором для всіх КОС. Стосовно до розглянутого об'єкту прийняті наступні заходи по скороченню теплового забруднення і негативного екологічного (органолептичного) ефекту його сприйняття:

- протяжний трубопровід відведення стічних вод, що забезпечує зниження їх температури до 2,5 °С;
- розміщення випуску у відносному віддаленні від населених пунктів, що виключає появу паморозі та знижує негативне органолептичне сприйняття незамерзаючої річки з підвищеним вмістом планктону і водної рослинності.

Зазначені заходи забезпечили можливість дотримання рибогосподарських вимог, а також умов відведення у водойми культурно-побутового користування в літній період, однак не можна виключати наявність в перехідні періоди року незамерзаючої ділянки русла довжиною більше 500 метрів.

Серед інших принципово можливих методів видалення утилізації тепла можна розглядати пристрій градирень на майданчику КОС, а також встановлення теплонасосів на випуску очищених стоків.

### **3.5.3 Оцінка впливу на забруднення повітряного басейну**

Джерелами виділення шкідливих речовин в атмосферне повітря є:

- споруди механічної очистки;
- споруди біологічної очистки;

- автотранспорт;
- обладнання механічної майстерні.

Будівництво очисних споруд може надавати певний вплив на забруднення повітряного басейну. Зазвичай воно проявляється у формі надлишкового надходження в атмосферу пилюватих частинок на стадіях будівництва об'єктів і виникнення неприємних запахів, пов'язаних з технологією механічної та біологічної очистки і обробки осадів. Умовами тендеру визначено, що санітарно-захисна зона очисних споруд дорівнює 400 м. Це дозволяє припустити, що функціонування очисних споруд не призведе до концентрації забруднень в повітряному басейні. Тим не менш надалі слід приділити певну увагу проблемі попередження його забруднення, в тому числі на території очисних споруд.

### **3.6 Екологічна безпека при знезараженні, утилізації та зберіганні осадів**

Осади, що виникають в процесі очищення стічних вод, збагачені токсичними речовинами, і можуть бути причиною забруднення ґрунтових вод в зоні розташування полігонів захоронення цих осадів. Справжнім проєктом передбачається наступна схема утилізації відходів:

- сміття, що затримується на решітках, вивозиться на полігони ТПВ;
- пісок з піскоуловлювачів вивозиться на піскові майданчики;
- осад після знезараження і зневоднення до сухої речовини не менш 35% рекомендований до вивезення в якості добрив на сільськогосподарські поля.

*Можливість використання осадів в якості добрив.* Тут необхідно подальше дослідження питань, пов'язаних з потенційним накопиченням токсичних речовин у тканинах культурної рослинності на територіях. В умовах кислої реакції середовища міграційна здатність важких металів, внесених у ґрунт з розглянутим видом добрив, помітно зростає. Надалі слід оцінити можливість виникнення такого середовища в зонах потенційного

використання осаду в якості добрив, виявити їх просторові межі і на цій основі оцінити додаткове техногенне навантаження на поверхневі і підземні води. У цілому ж цей варіант використання осадів можна вважати прийнятним, якщо буде забезпечена його відносна екологічна безпека.

### **3.7 Висновок**

При виконанні усіх вищевказаних заходів з захисту атмосфери, підземних вод та ґрунтового шару, екологічна ситуація в районі будівництва не буде порушена та шкідливого впливу на навколишнє середовище не буде.

Необхідно контролювати виконання всього комплексу заходів зі збереження та не допускання забруднення навколишнього середовища на стадії проектування, в процесі будівництва та при експлуатації.

В цілому ж вплив КОС становить лише малу частку негативного впливу на природно-техногенні умови прилеглої території.

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1 Охорона праці**

Знання і виконання правил безпеки життєдіяльності та охорони праці є одним з найважливіших умов організації праці на сучасних підприємствах і основним фактором зниження виробничого травматизму.

Дотримання правил охорони праці необхідно при будівництві і експлуатації водопровідно-каналізаційних споруд і забезпечує поліпшення праці працівників міських водопроводів і каналізації та зменшення травматизму.

З кожним роком на водопровідно-каналізаційних підприємствах питома вага ручної праці скорочується, впроваджується нова техніка, передбачаються заходи безпеки за її використання, проводяться заходи щодо поліпшення виробничої санітарії. Великої уваги вимагає охорона навколишнього середовища. Особлива увага повинна приділятися розробці методів і засобів боротьби з виробничим шумом, вібрацією, шкідливими викидами в атмосферу, впливом шкідливих електричних, магнітних полів і випромінювань.

В даному розділі розроблені питання, пов'язані з створенням безпечних і здорових умов праці, впровадження новітніх заходів та обладнання задля забезпечення безпечних умов праці, які мінімізують виробничий травматизм і виробничі захворювання.

#### **4.1.1 Аналіз умов праці при експлуатації об'єктів водовідведення.**

##### **Методи і засоби нормалізації**

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які можуть з'явитися при експлуатації об'єктів водовідведення, визначені на основі досвіду будівництва аналогічних споруд, а також на основі нормативних документів [8]. За природою дії на людей виробничі чинники поділяються на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні. При експлуатації споруд та мереж каналізації можливі дії таких небезпечних факторів:

## а) фізичні:

- предмети, що відлітають при дробленні в решітках-дробарках;
- утворення вибухонебезпечних сумішей газів;
- рухомі елементи обладнання;
- підвищення або пониження температури повітря у виробничих приміщеннях;
- небезпечний рівень напруги в електричній мережі, замикання якої може пройти через людину;
- підвищення рівня шуму і вібрації;
- недостатнє освітлення робочої зони;

## б) хімічні:

- газоподібні речовини загальнотоксичної дії та іншого шкідливого впливу;
- горючі домішки, що потрапили в стічні води;
- гази, що виділяються при витоку з балонів;

## в) біологічні:

- патогенні мікроорганізми в стічних водах;

## г) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження.

Розміщення і влаштування каналізаційних споруд і мереж, виробничих та допоміжних будівель і приміщень відповідає будівельним нормам і забезпечує безпеку праці працюючих як у звичайних умовах, так і при аваріях.

Автоматичне і телемеханічне управління основних споруд дублюється ручним управлінням, яке забезпечує безпечну експлуатацію у разі виходу з ладу елементів автоматики.

Санітарно-гігієнічні заходи спрямовані на нормалізацію умов праці.

#### 4.1.2 Мікроклімат виробничих приміщень

Оптимальні параметри мікроклімату вибрані залежно від категорії роботи за важкістю сезону року, наявності надлишків тепла. Роботи, що виконуються в виробничих приміщеннях очисних споруд та насосної станції, відносяться до категорії робіт середньої важкості. Виробничі та побутові приміщення обладнуються припливно-витяжною вентиляцією. Для природного провітрювання у всіх виробничих приміщеннях передбачено 25% засклених стулок від загального скління.

Для підтримання необхідної температури повітря в холодний період року в приміщеннях встановлені радіатори опалення.

У головній насосній станції – невеликий надлишок тепла  $\approx 20$  ккал/м<sup>3</sup>. Згідно з [1] прийняті наступні параметри:

- температура повітря у машинному відділенні НС – 16°C;
- кратність повітрообміну за годину – 3;
- вологість повітря – до 50%.

В приймальному резервуарі і приміщенні решіток-дробарок передбачений п'ятикратний повітрообмін, в реагентному господарстві – шестиразовий.

У приміщенні решіток-дробарок передбачено влаштування обмінної вентиляції з 12-тикратним обміном повітря. В приміщенні дозаторної обладнують постійно діючу витяжну вентиляцію з механічним спонуканням і 6-тикратним обміном повітря.

**Задача 1.** Розрахунок необхідного повітрообміну для зниження концентрації шкідливого газу

У приміщенні насосної станції об'ємом  $V = 120$  м<sup>3</sup> внаслідок технологічного процесу виділяється сірководень зі швидкістю  $G = 0,6$  мг/с. Необхідно забезпечити, щоб концентрація не перевищувала гранично допустиму  $C_{\text{доп}} = 10$  мг/м<sup>3</sup>. Концентрація припливного повітря вважається нульовою.

Знайти: необхідну кратність повітрообміну та витрату повітря.

Основне рівняння балансу:

$$L = \frac{G}{C_{дон}}, \quad (4.1)$$

де  $L$  – витрата повітря, м<sup>3</sup>/с.

$$L = \frac{0,6}{10} = 0,06 \text{ м}^3/\text{с} \times 3600 = 216 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кратність повітрообміну:

$$n = \frac{L}{V} = \frac{216}{120} = 1,8 \text{ разів на год.} \quad (4.2)$$

Для забезпечення безпечних умов необхідно передбачити вентиляцію з кратністю не менше 2 разів на годину, що відповідає витраті повітря 216 м<sup>3</sup>/год.

#### 4.1.3 Захист від шуму та вібрації

Джерелами шуму і вібрації на спорудах каналізації є насосні агрегати, компресори, вентилятори.

У відповідності з [9–10] для боротьби з шумом і вібрацією передбачені наступні технічні заходи:

- всі насосні агрегати та силові обладнання встановлені на фундаментах окремо від будівельних конструкцій;
- між насосом і фундаментом передбачені віброізолятори;
- двері та стіни насосного і повітрорудного залів покриті звукопоглинальним матеріалом;
- вентилятори встановлені на віброізолюючих пружинах, всмоктувальні та напірні патрубки вентиляторів відокремлені від вентиляційних труб м'якими вставками;
- витяжний пристрій обладнано глушниками шуму.

#### **4.1.4 Забезпечення освітленості виробничих приміщень і робочих місць**

Раціональне забезпечення освітленості виробничих приміщень і робочих місць є важливою складовою створення безпечних і комфортних умов праці. Достатній рівень освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню втомлюваності працівників та зменшенню ризику виробничого травматизму. У виробничих умовах застосовують природне, штучне та комбіноване освітлення, причому найбільш ефективним є поєднання загального і місцевого освітлення. Нормування освітленості здійснюється відповідно до характеру виконуваних робіт і встановлюється у люксах згідно з чинними будівельними нормами [1].

Проектування систем освітлення передбачає врахування низки факторів, зокрема площі приміщення, висоти підвісу світильників, характеристик джерел світла та відбивної здатності внутрішніх поверхонь. При цьому важливо забезпечити рівномірний розподіл світлового потоку, відсутність засліплення та різких тіней, а також відповідність показників пульсації світла нормативним вимогам. Сучасні системи освітлення базуються переважно на використанні світлодіодних джерел, які відзначаються високою енергоефективністю, довговічністю та можливістю автоматизованого керування режимами роботи. Це дозволяє не лише покращити умови праці, але й знизити експлуатаційні витрати підприємства.

У відповідності з [11-13] передбачені наступні значення освітлення:

- при періодичному спостереженні за виробничим процесом – 50 лк;

- для допоміжних приміщень:

a) здоровпункт – 200 лк;

b) гардероб – 75 лк;

c) душові – 50 лк;

d) панелі приладів – 300 лк.

У приміщенні ДПК прийнято загальне освітлення, в адміністративно - побутовому – суміщене. Проїзди на території очисних споруд оснащені

природним освітленням. Штучне освітлення майданчика передбачено з умови створення мінімальної освітленості вздовж доріг рівною 0,5 лк.

При аварійному режимі роботи освітленість робочого приміщення – 5% від нормальних умов. Освітленість сходів, підлоги, основних проходів і сходові – 0,3 лк.

Мережі аварійного освітлення приєднані до незалежного джерела. У приміщенні НС та хлораторної передбачені світильники у вибухобезпечному виконанні.

**Задача 1.** Розрахунок необхідної кількості світильників у виробничому приміщенні.

Розглядається приміщення очисних споруд розміром 12×8 м. Необхідно забезпечити освітленість  $E = 300$  лк. Використовуються світильники зі світловим потоком однієї лампи  $\Phi = 3000$  лм. Коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,5$ , коефіцієнт запасу  $k = 1,5$ . Знайти загальну кількість світильників.

*Розрахунок:*

Кількість світильників визначається за формулою:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k}{\Phi \cdot \eta}, \quad (4.3)$$

де  $S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$

$$S = 12 \cdot 8 = 96 \text{ м}^2.$$

$$N = \frac{300 \cdot 96 \cdot 1,5}{3000 \cdot 0,5} = 28,8 \text{ шт.}$$

Округлюємо:  $N = 29$  світильників.

Для забезпечення нормативної освітленості необхідно встановити 29 світильників, рівномірно розміщених по приміщенню.

#### **4.1.5 Санітарно-технічне і побутове забезпечення працюючих**

Санітарно-технічне і побутове забезпечення працюючих є важливою складовою системи охорони праці та спрямоване на створення належних

умов для збереження здоров'я і працездатності персоналу. До основних елементів такого забезпечення належать системи водопостачання і водовідведення, вентиляція, опалення, а також обладнання санітарно-побутових приміщень (гардеробних, душових, умивальних, санвузлів). Відповідність цих елементів чинним санітарним нормам забезпечує підтримання оптимального мікроклімату, належного рівня гігієни та запобігання впливу шкідливих виробничих факторів на працівників.

Організація побутового обслуговування передбачає також створення умов для відпочинку та приймання їжі, що особливо важливо для підприємств із безперервним виробничим процесом. При проєктуванні таких приміщень враховують кількість працівників, характер виробництва та рівень його шкідливості. Важливим є забезпечення працівників питною водою, засобами особистої гігієни та можливістю санітарної обробки після роботи. Раціонально організоване санітарно-технічне і побутове забезпечення сприяє зниженню захворюваності, підвищенню продуктивності праці та загальному покращенню умов виробничого середовища.

На території ОС з постійним обслуговуючим персоналом передбачено окремо стояча будівля з необхідною кількістю побутових приміщень. Санвузли передбачені у всіх окремо розташованих будинках, де є обслуговуючий персонал. Санітарно-побутові приміщення запроектовані виходячи з кількості найбільшої зміни і санітарних характеристик виробничих процесів на спорудах.

Виробничі та побутові приміщення обладнуються припливно-втяжною вентиляцією. Для природного провітрювання у всіх виробничих приміщеннях передбачено 25% закслених стулок від загального скління.

Для підтримання необхідної температури повітря в холодний період року в приміщеннях встановлені радіатори опалення.

#### **4.2 Заходи, що забезпечують вимоги охорони праці при експлуатації систем водовідведення**

Передбачено створення наступних заходів по безпечній роботі людей:

1) на решітках-дробарках повинні бути встановлені захисні щитки, вони оберігають від викидів осколків дроблених предметів, електродвигуни дробарки повинні бути заземлені;

2) споруди повинні бути огорожені, неприпустимо захарашення проходів між спорудами. Для проведення будівельно-монтажних робіт і ремонту відстань між спорудами повинна бути 33 м;

3) для зберігання токсичних та сильнодіючих отруйних речовин необхідний спеціальний склад;

4) хлораторна виконана в герметичному виконанні, має 2 виходи, один з яких безпосередньо на вулицю, а інший – через тамбур в робочі приміщення;

5) при проведенні ремонтних робіт і профілактичних оглядів колодязів мережі водовідведення необхідно проводити роботи бригадою з 3 - х чоловік.

Працюючий в колодязі повинен перевірити загазованість в колодязі за допомогою шахтарської лампи. При роботі необхідно мати монтажний пояс, протигаз, спецодяг;

6) для забезпечення безпеки виробництва робіт при експлуатації обладнання передбачені переходи через трубопроводи, скоби в прямках, необхідні габарити підходу до обладнання.

#### **4.3 Заходи, що забезпечують вимоги охорони праці при експлуатації обладнання**

Забарвлення виробничого обладнання та будівельних конструкцій виконано згідно [14]. Жовтий колір попереджує про можливість небезпеки, їм забарвлюються будівельні конструкції, виробниче обладнання з підвищеною небезпекою і внутрішньоцеховий транспорт. Рухомі частини

обладнання, в даному випадку двигуни насосів, забезпечені захисним металевим кожухом.

Обладнання розподілено в робочій зоні так, щоб їм було легко і зручно керувати.

Органи аварійного відключення забарвлюються в червоний колір. Засоби захисту приводяться в дію до початку включення устаткування і після відключення припинення роботи обладнання.

На НС і ОС ставляться сигналізуючі пристрої, які попереджають про небезпечні та шкідливі фактори при роботі обладнання, аварійне відключення обладнання при порушенні технологічного процесу.

#### **4.4 Організація навчання і перевірка знань обслуговуючого персоналу**

Організація навчання і перевірка знань обслуговуючого персоналу є обов'язковою складовою системи охорони праці на підприємстві та спрямована на забезпечення безпечного виконання робіт і запобігання виробничому травматизму. Навчання працівників проводиться відповідно до вимог нормативно-правових актів [15] і включає вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі. Особлива увага приділяється працівникам, які обслуговують обладнання підвищеної небезпеки, оскільки їх діяльність пов'язана з ризиком аварійних ситуацій. Навчання може здійснюватися як безпосередньо на підприємстві, так і у спеціалізованих навчальних центрах із залученням кваліфікованих фахівців.

Перевірка знань персоналу проводиться з метою контролю рівня засвоєння вимог безпеки праці та правильності їх практичного застосування. Вона здійснюється у формі іспитів, тестування або співбесід спеціальною комісією, склад якої затверджується керівником підприємства. Періодичність перевірки знань встановлюється залежно від характеру робіт, але, як правило, не рідше одного разу на рік для працівників, зайнятих на роботах підвищеної небезпеки. Результати перевірки оформлюються відповідними протоколами

та записами в журналах, що підтверджує допуск працівників до самостійної роботи. Такий підхід забезпечує належний рівень професійної підготовки персоналу та підвищує загальний рівень безпеки на підприємстві.

Працівники, пов'язані з каналізацією, крім інструктажу у відповідності з [15] проходять курсове навчання і здають іспит на знання галузевих правил навчання з охорони праці при експлуатації систем ВК. Навчання проводять у строк не пізніше 3-х днів з дня надходження на роботу. Тривалість навчання робітників становить 8 годин, людей, що мають контакт з водою і машиністів станції, – 12 годин. Тривалість навчання хлораторщиків і електромонтерів становить 34 години, ІТП – 34 години.

Іспит у всіх ІТП приймають тільки комісії підприємств. Керівники каналізаційних підприємств складають іспит в організації, що вища за рангом, після призначення на посаду і потім не менш 1 разу на 3 роки. Результати перевірок оформляються в журнал.

За характером і часом проведення інструктаж поділяють на вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний.

#### **4.5 Забезпечення засобами індивідуального захисту працівників підприємств водовідведення**

Забезпечення працівників підприємств водовідведення засобами індивідуального захисту є необхідною умовою безпечного виконання робіт, оскільки їх діяльність пов'язана з впливом шкідливих і небезпечних факторів, таких як підвищена вологість, біологічні забруднення, токсичні гази та ризик механічних травм. До основних засобів індивідуального захисту належать спеціальний одяг і взуття, захисні рукавиці, каски, окуляри, а також засоби захисту органів дихання (респіратори, протигази) при роботі в колекторах і замкнених просторах. Забезпечення ЗІЗ здійснюється відповідно до встановлених норм [16-17] і має бути безоплатним для працівників.

Важливим аспектом є правильний підбір, використання та своєчасна заміна засобів індивідуального захисту з урахуванням умов праці та ступеня

небезпеки виробничого середовища. Працівники повинні проходити інструктаж щодо правил користування ЗІЗ, їх зберігання та перевірки справності перед початком роботи. Контроль за забезпеченням і використанням засобів індивідуального захисту покладається на адміністрацію підприємства та відповідальних осіб з охорони праці. Раціональне застосування ЗІЗ дозволяє суттєво знизити рівень професійних захворювань і травматизму, а також підвищити загальну безпеку виробничого процесу.

До індивідуальних засобів захисту працюючих належать ізолюючі костюми, спец. взуття, засоби захисту органів дихання, слуху, засоби захисту голови, обличчя, рук. Вони призначені для захисту працюючих від шкідливого впливу середовища, а також для роботи в несприятливих умовах (температура і санітарія).

Спец. одяг призначена головним чином захищати від шкідливостей тіло і створити нормальний тепло - і повітрообмін.

На підприємствах водовідведення також необхідні засоби індивідуального захисту. Так, наприклад, оператори на піскоуловлювачах і решітках оснащені комбінезоном, гумовим фартухом і чобітьми, рукавичками. Машиніст насосної установки оснащується комбінезоном з водовідштовхувальним просоченням, калошами, діелектричними рукавичками.

Для захисту органів дихання від дії токсичних газів (хлор) і пилу застосовують сучасні респіратори класів FFP1, FFP2, FFP3 [18] або протигази, правильно підібрані за розміром. Для захисту очей використовують захисні окуляри.

Для захисту від шуму використовуються заглушки, протиповітряні навушники, маски або тампони з стерилізованої вати.

#### 4.6 Пожежна безпека

Дотримання вимог пожежної безпеки на очисних спорудах каналізації є важливою умовою безпечної експлуатації об'єкта, оскільки технологічні процеси можуть супроводжуватися утворенням горючих і вибухонебезпечних газів, зокрема метану та сірководню. Основними причинами виникнення пожеж є порушення правил експлуатації електрообладнання, іскроутворення, несправність вентиляційних систем та накопичення горючих відкладень. З метою запобігання пожежам передбачаються організаційні та технічні заходи, зокрема застосування вибухозахищеного електрообладнання, забезпечення ефективної вентиляції, контроль концентрації небезпечних газів і дотримання встановлених протипожежних режимів.

На об'єктах водовідведення обов'язковим є оснащення території та приміщень первинними засобами пожежогасіння, такими як вогнегасники, пожежні крани, системи сигналізації та автоматичного пожежогасіння. Персонал повинен проходити регулярні інструктажі з пожежної безпеки та вміти діяти у разі виникнення пожежі чи аварійної ситуації. Особлива увага приділяється утриманню шляхів евакуації у вільному стані, своєчасному обслуговуванню обладнання та дотриманню заборони використання відкритого вогню в небезпечних зонах. Виконання цих заходів забезпечує зниження ризику виникнення пожеж і сприяє безпеці працівників та безперебійній роботі очисних споруд.

Будівлі ДПК і ОС належать до категорії "Д", тобто до виробництв, пов'язаних з обробкою речовин і матеріалів в холодному стані. Ступінь вогнестійкості 1 і 2 [19-20].

При виникненні пожежі передбачено виключення споруд. В якості первинних засобів пожежогасіння на об'єкті приймаються порошкові та вуглекислотні вогнегасники, які забезпечують ефективне гасіння пожеж різних класів, у тому числі загорянь електрообладнання та горючих газів.

Додатково можуть застосовуватись повітряно-пінні вогнегасники для гасіння горючих рідин у місцях їх можливого використання.

На території майданчика є пожежні пости, гідранти, ящики з піском. В будівлях дотримані вимоги до евакуаційних проходів [19]. Ширина коридорів прийнята з розрахунку не менш 1,4 м; ширина дверних прорізів – 0,6 м, ширина маршів – 1,1 м. У виробничій будівлі з другого поверху є запасний вихід.

## **ВИСНОВОК**

Розділ «Охорона праці» визначає комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних та здорових умов праці на очисних спорудах каналізації. У процесі аналізу встановлено, що основними небезпечними факторами є наявність токсичних і вибухонебезпечних газів, підвищена вологість, можливість ураження електричним струмом та ризик травматизму при роботі в замкнених просторах. Для зниження впливу цих факторів передбачено застосування ефективної вентиляції, використання засобів індивідуального захисту, впровадження системи навчання та перевірки знань персоналу, а також забезпечення пожежної безпеки та належного санітарно-побутового обслуговування працівників. Реалізація наведених заходів дозволяє значно зменшити виробничі ризики, підвищити рівень безпеки праці та забезпечити надійну й безперебійну роботу очисних споруд.

## ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі бакалавра за наданими вихідними даними буде запроєктована технологічна схема очистки стічних вод, яка буде включати механічне очищення стічних вод на решітках, піскоуловлювачах та первинних відстійниках та біологічне очищення стічних вод в аеротенках з наступним відстоюванням стоків у вторинних відстійниках. Далі стічні води будуть надходити у споруди знезараження та скидатися у річку за межами населеного пункту.

2. Приймаємо до проектування каналізаційну насосну станцію за ТП 902-152.88 із глибиною колектора, що підводить, 7 м (з розрахунку 7,00 м). Підземна частина кругла в плані, діаметром 30 м зі збірного моноліту. Надземна частина прямокутна 18Ч12 м. Місткість приймального резервуара – 45 м<sup>3</sup>.

3. Для механічної очистки стічних вод на першому етапі обираємо 2 робочі і 1 резервну решітку марки МГ-8Т. За розрахунками приймаємо піскоуловлювач, що аерується, довжиною 9 м з трьома відділеннями шириною по 4,5 м і глибиною 2,1 м. Також за проектом на очисній станції запроєктовано 6 піскових майданчиків розміром 18×18 м і загальною площею 1944 м<sup>2</sup>.

4. За розрахунками отримали 5 первинних радіальних відстійників  $d = 40$  м. Для біологічної очистки приймаємо аеротенки без регенератора, тому, що  $BPK_{повн}$ , що надходить на біологічну очистку менше 150 мг/л. До будівництва приймаємо 5 3-хкоридорних аеротенка із збірного залізобетону з розмірами коридору 6×5×42 м за типовим проектом.

5. У кваліфікаційній роботі за розрахунками отримали 5 радіальних (один резервний) вторинних відстійника  $d = 40$  м. Площа дзеркала яких складає 1097 м<sup>2</sup>. Знезараження біологічно очищених стічних вод здійснюється рідким хлором з розрахунковою дозою активного хлору 3 г/м<sup>3</sup>.

6. На станції очистки стічних вод з механічним зневодненням осаду передбачаються аварійні мулові майданчики на 20% річної кількості осаду.

Приймаємо мулові майданчики на штучній асфальтобетонній основі з дренажем.

7. При виконанні усіх заходів з захисту атмосфери, підземних вод та ґрунтового шару, екологічна ситуація в районі будівництва не буде порушена та шкідливого впливу на навколишнє середовище не буде. Необхідно контролювати виконання всього комплексу заходів зі збереження та не допускання забруднення навколишнього середовища на стадії проектування, в процесі будівництва та при експлуатації. В цілому ж вплив КОС становить лише малу частку негативного впливу на природно-техногенні умови прилеглої території.

8. Розділ «Охорона праці» визначає комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних та здорових умов праці на очисних спорудах каналізації. У процесі аналізу встановлено, що основними небезпечними факторами є наявність токсичних і вибухонебезпечних газів, підвищена вологість, можливість ураження електричним струмом та ризик травматизму при роботі в замкнених просторах. Для зниження впливу цих факторів передбачено застосування ефективної вентиляції, використання засобів індивідуального захисту, впровадження системи навчання та перевірки знань персоналу, а також забезпечення пожежної безпеки та належного санітарно-побутового обслуговування працівників. Реалізація наведених заходів дозволяє значно зменшити виробничі ризики, підвищити рівень безпеки праці та забезпечити надійну й безперебійну роботу очисних споруд.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3200391384846566485?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200391384846566485?doc_type=2), доступ вільний.
2. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво». URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3200385397578270089?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200385397578270089?doc_type=2), доступ вільний.
3. Константінов Ю.М., Василенко О.А., Сапухін А.А., Батченко Б.Ф. Гідравлічний розрахунок мереж водовідведення. Розрахункові таблиці. – Київ : Будівельник, 1987. – 120 с.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Наказ МОЗ № 400 від 12.05.2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>, доступ вільний.
5. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3307711387089765865?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3307711387089765865?doc_type=2), доступ вільний.
6. Наказ від 02.05.2022 № 721 Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>, доступ відкритий.
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.04.1999 року за № 465 Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF#Text>, доступ вільний.
8. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL:

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=40230](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40230), доступ вільний.

9. ДБН В.1.2-10:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=98035](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98035), доступ вільний.

10. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=56317](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56317), доступ вільний.

11. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885), доступ вільний.

12. ДСТУ EN 12464-1:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=71838](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71838), доступ вільний.

13. ДСТУ EN 12464-2:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 2. Зовнішні робочі місця. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=71839](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71839), доступ вільний.

14. ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=83263](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83263), доступ вільний.

15. Наказ від 26.01.2005 № 15 Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>, доступ вільний.

16. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=51051](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51051), доступ вільний.

17. ДСТУ EN ISO 13688:2016 Одяг захисний. Загальні вимоги (EN ISO 13688:2013, IDT; ISO 13688:2013, IDT), URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=67538](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67538), доступ вільний.

18. ДСТУ EN 149:2017 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=75012](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75012), доступ вільний.

19. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=68456](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456), доступ вільний.

20. Наказ від 30.12.2014 № 1417 Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>, доступ вільний.