

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
водопостачання та водовідведення
Віктор ХОРУЖИЙ
«__» _____ 2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

**«ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА З РОЗРОБКОЮ САНІТАРНО-ТЕХНІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ПІДВИЩЕНОЇ
ПОВЕРХОВСТІ»**

Галузь знань:

19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність:

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітньо-професійна програма:

«Водопостачання та водовідведення»

IV курс, група зВВ-21с

Здобувач:

Касяненко В.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник:

Кравчук А.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент:

Нечипор О.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(підпис)

(підпис)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем та екології

Кафедра: водопостачання та водовідведення

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: «Водопостачання та водовідведення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віктор ХОРУЖИЙ, д.т.н., проф.

“ _____ ” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
Здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»**

Здобувач(ка)

Касяненко Віталій Богданович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Водовідведення міста з розробкою санітарно-технічного обладнання житлового будинку підвищеної поверховості

2. Керівник роботи Кравчук Андрій Михайлович , д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом КНУБА № _____ від “ ___ ” _____ 202_ року

3. Термін подання здобувачем роботи 10.06.2025 р.

4. Вихідні данні:

Генплан міста М 1:5000. Місто складається з двох районів. В І-му районі норма водопостачання складає 290 л/доб, в ІІ-му районі - 230 л/доб. В місті розташовано 3 промислових підприємства: 1 – ремонтний завод, 2 – хлібзавод, 3 – молокозавод.

Проектом необхідно розробити зовнішню мережу водовідведення міста. Головну каналізаційну насосну станцію. Передбачити повну біологічну очистку стічних вод від міста.

Представити проект санітарно-технічного обладнання житлового будинку підвищеної поверховості. Розробити проект технології і організації будівництва очисних споруд.

5. Перелік розділів основної частини кваліфікаційної роботи:

- Р.1. Водовідведення населеного пункту
- Р.2. Головна каналізаційна насосна станція
- Р.3. Міські очисні споруди водовідведення
- Р.4. Санітарно-технічне обладнання житлового будинку
- Р.5. Технологія і організація будівельного виробництва

6. Графічний матеріал за розділами

- Р.1. Генплан міста з мережами водовідведення
- Р.2. Поздовжній профіль головного колектора
- Р.3. Генеральний план каналізаційних очисних споруд
- Р.4. Каналізаційна насосна станція, санітарно-технічне обладнання будинку
- Р.5. Технологія і організація будівельного виробництва

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1	05.04.2025
Розділ 2	20.04.2025
Розділ 3	01.05.2025
Розділ 4	20.05.2025
Розділ 5	30.05.2025
Остаточне оформлення роботи	10.06.2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	ПІБ та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1			
Розділ 2			
Розділ 3			
Розділ 4			
Розділ 5			

9. Дата видачі завдання 31.03.2025

Керівник _____
(підпис)

Андрій КРАВЧУК
(власне ім'я та прізвище)

Здобувач _____
(підпис)

Віталій КАСЯНЕНКО
(власне ім'я та прізвище)

РЕЗЮМЕ (summary) до атестаційної випускної роботи студента:		Касяненко Віталій Богданович Kasianenko Vladyslav	
Назва ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема	Водовідведення міста з розробкою санітарно-технічного обладнання житлового будинку підвищеної поверховості Water disposal of the settlement with the development of sanitary and technical equipment of a multi-storey residential building		
Освітній ступень	Бакалавр		
Факультет	Інженерних систем та екології		
Кафедра	Водопостачання та водовідведення		
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Водопостачання та водовідведення		
Керівник	д.т.н., професор Кравчук Андрій Михайлович		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	94	5	5
Вступ	Приведена загальна характеристика міста, для якого проектується система водовідведення.		
Розділ 1. Водовідведення населеного пункту	Здійснено розрахунок кількості жителів населеного пункту і добового об'єму водовідведення від населенням, промислових підприємств. Представлено погодинне водовідведення міста. Запроектовано і розраховано водовідвідну мережу міста. Підібрано діаметри каналізаційних труб.		
Розділ 2. Головна каналізаційна насосна станція	Розраховано і підібрано водовідвідні насоси, діаметри трубопроводів і арматури всередині насосної станції, розміри приміщення насосної. Розрахована потужність встановленого обладнання. Підібрано допоміжне обладнання. Побудовано графік сумісної роботи насосів і водоводів.		
Розділ 3. Міські очисні споруди водовідведення	Приведено вихідні дані для розрахунку очисних споруд водовідведення. Розрахована необхідна степінь очистки. Вибрано технологічну схему очистки стічних вод і розраховано всі необхідні очисні споруди.		
Розділ 4. Санітарно-технічне обладнання житлового будинку	Приведено розрахунок внутрішніх систем холодного і гарячого водопостачання багатоквартирного житлового будинку. Запроектовано систему внутрішнього пожежогасіння. Розроблена конструкція внутрішніх систем господарсько-побутової і дощової систем водовідведення.		
Розділ 5. Технологія і організація будівельного виробництва	Приведено основні положення і правила організації та технології будівництва при будівництві очисних споруд водовідведення міста.		

Висновки по роботі:	В роботі представлено проект системи водовідведення міста з промисловими підприємствами. Запроектовано мережу водовідвідних труб і насосну станцію для подачі стічних вод на очистку. Представлено проект очисних споруд з повною біологічною очисткою стічних вод. Також приведено проект санітарно-технічного обладнання житлового будинку підвищеної поверховості.
Conclusions:	The work presents the project of the wastewater system of the settlement with industrial plants. Wastewater disposal pipes network and a pumping station for supplying wastewater for treatment have been designed. The project of sanitary and technical equipment of a multi-storey residential building is also provided.
<p>Ключові слова: система водовідведення; норма водовідведення; каналізаційний колектор; насосна установка; водовідвідна мережа; очистка стічних вод; напір; витрата води.</p> <p>Keywords: water disposal system; water disposal rate; canalization collector; pump installation; water disposal network; waste water treatment; head; water discharge.</p>	

Здобувач: _____ Віталій КАСЯНЕНКО

Керівник: _____ Андрій КРАВЧУК

“ 10 ” червня 2025 р.

Зміст

Вступ.....	7
1. Водовідведення населеного пункту.....	9
2. Головна каналізаційна насосна станція.....	18
3. Міські очисні споруди водовідведення.....	30
4. Санітарно-технічне обладнання житлового будинку.....	62
5. Технологія і організація будівельного виробництва.....	78
Використана література	94

ВСТУП

За завданням кафедри водопостачання та водовідведення в даному проєкті бакалаврської роботи запроектована каналізаційна мережа міста, яке за геологічними та кліматичними умовами близьке до м. Суми. За ступенем благоустрою населений пункт розділений на два райони: в першому районі щільність населення складає 48000 осіб на один квадратний кілометр при нормі водовідведення 290 л/ос.добу; в другому районі щільність населення становить 43000 осіб 1 кв. км при нормі водовідведення 230 л/ос.добу. В місті працюють 3 промислових підприємства різного профілю.

Для відводу господарсько-побутових, виробничих і дощових вод в проєкті застосована повна роздільна система при якій господарсько-побутові і виробничі стічні води по одній системі водовідведення, а дощові по своїй окремій міській мережі водовідведення. Причому суміш господарсько-побутових і промислових вод перед скидом у зовнішню водойму підлягають очищенню, а дощові води скидаються без попереднього очищення. Проєктування дощової системи водовідведення в даному проєкті не передбачено. Зовнішня мережа трубопроводів водовідведення прийнята з керамічних і залізобетонних труб.

Стічні води від міста через систему трубопроводів самоплином відводяться на головну міську каналізаційну насосну станцію заглибленого типу. Звідки насосами по двох напірних водоводах перекачуються на міські очисні споруди.

У відповідності з завданням в проєкті прийнята повна біологічна очистка стічних вод, яка передбачає забезпечення очищення стічних вод від механічних і біологічних забруднень. У відповідності з цим очисні споруди водовідведення складаються з споруд механічної і біологічної очистки. Очищені стічні води після очисних споруд підлягають знезараженню на окремих спорудах. Затриманий в ході очистки мул (забруднення) також піддаються спеціальній обробці, зневоднюються і можуть застосовуватися в якості добрив у сільському господарстві.

Також в даній роботі приведено проєкт санітарно-технічного обладнання 10 - ти поверхового житлового будинку і проєкт технології та організації робіт по будівництву очисних споруд водовідведення.

Розділ 1.

ВОДОВІДВЕДЕННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Консультант / _____ /

Здобувач / _____ /

Вихідні дані:

Основні показники бакалаврського проєкту приведені в таблиці 1.1:

Табл. 1.1

№	Показники	
1	2	3
1	Щільність населення, тис. чол./км ² I район II район	48 43
2	Ступінь благоустрою жилої забудови ДБН [2] I район II район	3 2
3	Місто за кліматичними і ґрунтовими умовами відповідає місту	Суми
4	Глибина залягання ґрунтових вод, м	4,2
5	Дані про промислові підприємства:	
	№1	Ремонтний завод
	№2	Хлібзавод
	№3	Молокозавод

Основні технологічні показник и промислових підприємств, які розташовані в населеному пункті наведені в таблиці 2:

Табл. 1.2

№ пор	Підприємство	Кількість змін	Кількість продукції, що виробляється			Питома водовідведення на одиницю продукції, м ³	Кількість працюючих		Відсоток працюючих в цехах з підвищеним тепловиділенням	Відсоток тих, хто користується душем	Концентрація забруднень, які скидаються в міську мережу стічних вод, мг/л	
			Одиниця виробу	За добу	За максимальн у зміну		Всього	максимальн зміну			Завислі речовини	Біохімічне споживання
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Ремонтний завод	3	Т	420	140	2,6	600	220	20	50	420	220
2	Хлібзавод	3	Т	180	70	4,0	300	120	40	60	440	260
3	Молокозавод	3	Т	80	60	6,0	170	100	30	50	350	410

1.1. Витрата стічних вод від населення

Для визначення об'ємів водовідведення від населення в районах міста розраховуємо площі житлових кварталів по кожному району,

кількість мешканців, середню витрату від кожного району. Питоме водовідведення приймаємо за ДБН [2].

Згідно з отриманою середньою секундною витратою від міста визначають за ДБН [1] загальні коефіцієнти нерівномірності $K_{gen\ max}$ і $K_{gen\ min}$, потім розраховуємо мінімальну і максимальну секундні витрати. Максимальну і мінімальну годинні витрати обчислюють згідно з отриманими величинами секундних витрат.

Середнє водовідведення від житлових кварталів

Табл.1.3

№ кварталів	Площа, км ²	Щільність населення, чол./км ²	Кількість мешканців у кварталі, чол.	Питомий стік, л/с·км ²	Середня витрата, л/с
1	2	3	4	5	6
1	0,036	48000	1750	167,8	5,8
2	0,065	48000	3200	167,8	10,6
3	0,068	48000	3450	167,8	11,7
4	0,081	48000	4100	167,8	13,9
5	0,043	48000	2100	167,8	7,1
6	0,067	48000	3300	167,8	11,2
7	0,073	48000	3600	167,8	12,3
8	0,081	48000	4000	167,8	13,5
9	0,036	48000	1850	167,8	6,3
10	0,058	48000	2950	167,8	9,8
11	0,061	48000	3000	167,8	10,2
12	0,063	48000	3200	167,8	10,6
13	0,039	48000	1900	167,8	6,5
14	0,058	48000	2850	167,8	9,7
15	0,062	48000	3050	167,8	10,3
16	0,066	48000	3350	167,8	11,3
17	0,038	48000	1950	167,8	6,6
18	0,055	48000	2800	167,8	9,5
19	0,063	48000	3100	167,8	10,6
20	0,069	48000	3400	167,8	11,5
21	0,037	48000	1900	167,8	6,6
22	0,056	48000	2850	167,8	9,7
23	0,065	48000	3350	167,8	11,3
24	0,071	48000	3600	167,8	12,2
25	0,092	48000	4550	167,8	15,4
26	0,085	48000	4200	167,8	14,2
27	0,081	48000	4000	167,8	13,5
Σ_Г=	1,668	48000	83360		279,7
28	0,112	43000	4995	119,8	13,3
29	0,078	43000	3555	119,8	9,6
30	0,042	43000	1935	119,8	5,3
31	0,043	43000	1845	119,8	4,8
32	0,046	43000	2115	119,8	5,7
33	0,045	43000	1980	119,8	5,4

34	0,088	43000	4005	119,8	10,7
35	0,086	43000	3915	119,8	10,5
36	0,049	43000	2160	119,8	5,9
37	0,047	43000	2070	119,8	5,6
38	0,046	43000	2025	119,8	5,5
39	0,046	43000	2025	119,8	5,5
40	0,074	43000	3375	119,8	9,1
41	0,081	43000	3600	119,8	9,6
42	0,038	43000	1755	119,8	4,8
43	0,036	43000	1665	119,8	4,5
44	0,032	43000	1395	119,8	3,8
45	0,031	43000	1350	119,8	3,7
46	0,038	43000	1755	119,8	4,8
47	0,045	43000	1980	119,8	5,2
48	0,052	43000	2295	119,8	6,1
49	0,055	43000	2430	119,8	6,5
50	0,036	43000	1575	119,8	4,1
51	0,037	43000	1710	119,8	4,7
52	0,058	43000	2520	119,8	6,8
53	0,054	43000	2385	119,8	6,5
54	0,035	43000	1530	119,8	4,2
55	0,037	43000	1710	119,8	4,7
56	0,057	43000	2610	119,8	6,8
57	0,062	43000	2745	119,8	7,4
ΣП=	1,576		71020		189,2
Σ=	3,244		154380		468,9

Питомий стік:

$$q_0 = \frac{P \cdot n_w}{86400}, \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2\text{)};$$

де P – щільність населення, чол./км²;

n_w – питоме водовідведення, л/чол.доб.

Середня витрата:

$$Q_{сер.} = S_i \cdot q_0, \text{ л/с};$$

де S_i – площа кварталу, чол./км²;

q_0 – питомий стік, л/чол.доб.

Сумарна витрата стічних вод від населення

Табл.1.4

Район	Площа житлових кварталів, км ²	Щільність населення, чол./км ²	Кількість мешканців, чол.	Питоме водовідведення л/чол. добу	Середня величина водовідведення			Загальні коефіцієнти нерівномірно сті		Витрата			
										Максимальна		Мінімальна	
					м ³ /добу	м ³ /год	л/с	K ^{gen max}	K ^{gen min}	м ³ /год	л/с	м ³ /год	л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	1,668	48000	83360	290	24173	1007,3	279,6	1,46	0,33	1470,6	408,4	332,3	95,2
II	1,576	43000	71020	230	16334	680,6	189,1	1,58	0,38	1071,3	298,5	258,5	71,7
	3,244		154380		40507	1687,9	468,7	1,42	0,36	2396,9	665,9	607,8	168,9

Табл. 1.5

Визначення водовідведення від промислових підприємств

Порядковий номер	Підприємство	Категорія	Зміна	Кількість робітників по змінах у цехах		Години роботи	Кількість продукції, що випускається	Питома витрата стічних вод на одиницю продукції	Питома витрата стічних вод на одиницю продукції, м³	Виробничі стічні води				Господарчо-фекальні води				Душові води					Розрахункова витрата води, л/с
										За зміну, м³	Коef. нерівномірності	Максимальне водовідведення		Питома водовідведення, л/с	За зміну, м³	Максимальне водовідведення		Кількість робітників на одну душову сітку	Витрата душової сітки	Кількість душових сіток	Витрата за зміну, м³	Секундна витрата, л/с	
												м³/год	л/с			м³/год	л/с						
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Ремонтний завод	1	210	г х	68 156	8-16	150	т	2,6	390	1	48,8	13,7	45 25	2,98 3,86	0,925 1,44	0,27 0,41	10	375	12	4,5	1,68	15,88
		2	180	г х	58 134	16-24	125	т	2,6	325	1	40,6	11,4	45 25	2,74 3,35	0,8 1,26	0,23 0,36	10	375	10	3,75	1,37	13,75
		3	180	г х	58 134	24-8	125	т	2,6	325	1	40,6	11,4	45 25	2,58 3,34	0,8 1,26	0,23 0,36	10	375	10	3,75	1,37	13,75
2	Хлібозавод	1	110	г х	62 62	8-16	60	т	4	240	1	30	8,2	45 25	2,71 1,52	0,844 0,563	0,24 0,16	10	375	8	3	1,12	9,84
		2	80	г х	48 48	16-24	50	т	4	200	1	25	6,8	45 25	2,04 1,16	0,634 0,424	0,18 0,14	10	375	6	2,25	0,84	8,07
		3	80	г х	48 48	24-8	50	т	4	200	1	25	6,8	45 25	2,04 1,16	0,634 0,424	0,18 0,14	10	375	6	2,25	0,84	8,07
3	Молокозавод	1	110	г х	25 70	8-16	50	т	6	300	1	37,5	10,3	45 25	0,91 2,02	0,281 0,75	0,09 0,22	10	375	5	1,875	0,68	1134
		2	45	г х	17 28	16-24	20	т	6	120	1	15	4,3	45 25	0,33 0,71	0,098 0,263	0,04 0,08	10	375	3	1,125	0,42	4,69
		3	45	г х	17 28	24-8	20	т	6	120	1	15	4,3	45 25	0,33 0,71	0,098 0,263	0,04 0,08	10	375	3	1,125	0,42	4,69

Від промислових підприємств стічні води, які складаються з виробничих, господарсько-побутових і душових вод скидаються у міську мережу водовідведення. Розрахункові дані зведені в табл.5. Оскільки продуктивність цехів змінюється в залежності від виробничої зміни, розрахунки витрат води здійснюються окремо для кожної зміни і доби в цілому. Сумарне водовідведення від міста складається з суми даних таблиць 4 і 5 і зводиться в табл.6.

Табл. 1.6

Зведена відомість водовідведення

Об'єкт	Водовідведення		
	Середньодобове, м ³ /добу	Максимальне годинне, м ³ /год	Розрахункове, л/с
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Місто	40507	2396,4	665,61
Ремонтний завод	1070,6	57,11	15,86
Хлібозавод	658,0	35,38	9,84
Молокозавод	549,0	41,02	11,49
	42781,6	2530,1	744

1.2. Визначення розрахункової витрати стічних вод на ділянках мережі

При визначенні розрахункових витрат стічних вод на всіх ділянках мережі усі колектори розбиваємо на розрахункові ділянки. Під розрахунковою ділянкою розуміють ділянку трубопроводу постійного діаметру по якій проходить постійна витрата рідини. Довжину ділянки приймаємо за генпланом по масштабу. Як правило, розрахункова ділянка трубопроводу приймається рівною довжині кварталу.

При підборі діаметра трубопроводів на конкретній ділянці, вважається що вся шляхова витрата (витрата з прилеглого до ділянки кварталу) надходить на початку ділянки і без змін протікає по ній. Загальні коефіцієнти нерівномірності визначають залежно від сумарної середньої витрати згідно табл. 2 ДБН [1]. Після каналізаційної насосної станції

розрахункова витрата для наступної ділянки визначається як зосереджена по витраті насосів.

Табл. 1.7

Визначення розрахункової витрати стічних вод

Розрахункова ділянка	№ кварталів		Середня витрата від житлових кварталів				Загальні коефіцієнти		Розрахункова витрата, л/с						
	власних	пригоку	власна	пригок	транзит	сумарна	K _{ген,max}	K _{ген,min}	від житлових кварталів		зосереджена			загальна	
									max	min	пригоку	транзит	сумарна	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,6	-	11,6	11,6	11,6
2-3	-	1,2	-	16,6	-	16,6	1,97	0,48	32,7	8	-	11,6	11,6	44,1	19,3
3-4	-	5,6	-	18,1	16,6	34,7	1,8	0,52	62,5	18	-	11,6	11,6	73,9	29,5
4-5	-	9,10	-	16,1	34,7	50,8	1,7	0,55	86,4	27,9	-	11,6	11,6	97,8	39,4
5-6	-	13,14	-	16	50,8	66,8	1,67	0,56	111,5	37,4	-	11,6	11,6	122,9	48,9
6-7	-	17,18	-	15,9	66,8	82,7	1,63	0,58	134,8	48	-	11,6	11,6	146,2	59,5
7-8	22	21	9,6	6,5	82,7	98,8	1,6	0,59	158,1	58,3	-	11,6	11,6	169,5	69,8
8-9	23	-	11,2	-	98,8	110	1,6	0,59	176	64,9	-	11,6	11,6	187,4	76,4
9-10	-	3,4,7,8 11,12,15,16 19,20,24	-	127	110	237	1,57	0,61	372,1	144,6	-	11,6	11,6	383,5	157
10-11	-	25	-	15,3	237	252,3	1,56	0,61	393,6	153,9	15,87	11,6	27,28	420,87	181,3
11-12	-	26	-	14,1	252,3	266,4	1,56	0,61	415,6	162,5	-	27,28	27,28	442,87	189,9
12-13	27	-	13,4	-	266,4	279,8	1,55	0,62	433,7	173,5	-	27,28	27,28	460,97	200,8
13-14	54	-	4,1	-	279,8	283,9	1,55	0,62	440	176	-	27,28	27,28	467,27	203,4
14-15	55	28,29,34,35 40,41,46,47 50,51	4,7	81	283,8	369,6	1,54	0,64	565,3	232,9	9,83	27,28	37,2	602,6	269,8
15-16	56	-	6,9	-	369,6	376,4	1,53	0,63	575,9	237,1	-	37,2	37,2	614	274,3
16-ГКНС	57	30-33,36-39 42-45,48,49 52,53	7,3	85,1	376,4	468,9	1,51	0,65	707,9	304,7	-	37,2	37,2	745	341,9
Бічний колектор 17-9															
17-18	-	3,4	-	25,4	-	25,4	1,86	0,51	47,2	12,9	-	-	-	47,3	12,8
18-19	-	7,8	-	25,5	25,4	50,9	1,7	0,55	86,5	28	-	-	-	86,6	28
19-20	-	11,12	-	20,8	50,9	71,7	1,66	0,57	119	40,9	-	-	-	119	40,8
20-21	-	15,16	-	21,4	71,7	93,1	1,61	0,58	149,9	54	-	-	-	149,9	54
21-9	-	19,20	-	21,8	93,1	114,9	1,6	0,59	183,8	67,8	-	-	-	183,6	67,7
Бічний колектор 22-14															
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,84	-	9,84	9,84	9,84
23-24	-	28,29	-	22,7	-	22,7	1,88	0,5	42,7	11,3	-	9,84	9,84	52,5	21,3
24-25	-	34,35	-	21	22,7	43,7	1,74	0,54	76	23,6	-	9,84	9,84	85,9	33,5
25-26	-	40,41	-	18,5	43,7	62,2	1,67	0,56	103,9	34,8	-	9,84	9,84	113,7	44,8
26-27	-	46,47	-	10	62,2	72,2	1,66	0,57	119,8	41,1	-	9,84	9,84	129,7	51
27-14	-	50,51	-	8,8	72,2	81	1,64	0,57	132,8	46,2	-	9,84	9,84	142,7	56
Бічний колектор 28-16															
28-29	-	30,31	-	10,1	-	10,1	2,1	0,45	21,2	4,5	-	-	-	21,2	4,6
29-30	-	32,33	-	10,9	10,1	21	1,89	0,5	39,7	10,5	-	-	-	39,7	10,6
30-31	-	36,37	-	11,3	21	32,3	1,82	0,52	58,8	16,8	-	-	-	58,8	16,7
31-32	-	38,39	-	10,8	32,3	43,1	1,75	0,54	75,4	23,3	-	-	-	75,4	23,4
32-33	-	42,44	-	9,1	43,1	52,2	1,7	0,55	88,7	28,7	-	-	-	88,8	28,8
33-34	-	44,46	-	7,3	52,2	59,5	1,68	0,56	100	33,3	-	-	-	100,1	33,4
34-35	-	48,48	-	12,5	59,5	72	1,66	0,57	119,5	41	-	-	-	119,6	41
35-16	-	52,54	-	13,1	72	85,1	1,63	0,58	138,7	49,4	-	-	-	138,8	49,5

1.3. Гідравлічний розрахунок

При проектуванні міської мережі водовідведення спочатку здійснюємо її трасування в плані. В тому числі бокових колекторів і їх висотного розташування.

Перед початком гідравлічного розрахунку складаємо повздовжні профілі поверхні землі по всіх розрахункових колекторах. Профілі складаємо у масштабі: горизонтальний 1:10000; вертикальний 1:100. При цьому активно використовуємо генплан будівельного майданчика, в тому числі висотні відмітки траси каналізаційного колектора.

При гідравлічному розрахунку звичайно на базі розрахованих раніше витрат стічних вод підбираємо діаметр каналізаційного трубопроводу, геометричний похил його прокладання, наповнення трубопроводу і швидкість руху води на кожній ділянці при даній витраті. При здійсненні розрахунків обов'язково необхідно дотримуватися вимог діючих бг діючих будівельних норм. Розраховані швидкості руху стічної рідини повинні бути незамулюючими. Глибина прокладення трубопроводів повинна забезпечувати їх незамерзання в зимний період і неможливість їх механічного пошкодження при проїзді автотранспорту.

Результати розрахунків зводимо в табл. 1.8.

Гідралічний розрахунок мережі

Табл. 1.8

№ діл.	Розр. витрати, л/с	Довжин. м	Діам., мм	Похил, і	Швидкість, л/с	Наповнення		Падіння, Н	Позначки, м						Глибина заклад., м		
						h/d	h, м		Поверхні землі		Поверхні рідини		Лотка		На початку	У кінці	Середня
									На початку	У кінці	На початку	У кінці	На початку	У кінці			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1-2	11,6	245	200	0,005	0,7	0,5	0,1	1,23	49,8	48,9	48,4	47,17	48,3	47,07	1,5	1,84	1,67
2-3	44,2	248	300	0,003	0,8	0,75	0,23	0,74	48,9	48	47,17	46,43	46,94	46,2	1,96	1,81	1,89
3-4	73,8	202	350	0,003	0,89	0,8	0,28	0,61	48	47,2	46,43	45,82	46,15	45,54	1,85	1,67	1,76
4-5	97,81	207	400	0,0035	1,03	0,7	0,28	0,72	47,2	46,4	45,77	45,05	45,49	44,77	1,71	1,64	1,68
5-6	122,8	210	450	0,003	1,03	0,7	0,31	0,63	46,4	45,6	45,05	44,42	44,74	44,11	1,66	1,48	1,59
6-7	146,3	202	450	0,003	1,05	0,82	0,37	0,61	45,6	44,7	44,42	43,81	44,05	43,44	1,55	1,27	1,41
7-8	169,4	383	450	0,0035	1,12	0,9	0,4	1,34	44,7	44,6	43,81	42,47	43,41	42,07	1,29	2,54	1,92
8-9	187,5	413	500	0,003	1,13	0,8	0,4	1,24	44,6	44,4	42,42	41,18	42,02	40,87	2,58	3,54	3,06
9-10	383,6	260	700	0,002	1,15	0,8	0,56	0,77	44,4	43,3	41,18	40,41	40,62	39,85	3,78	3,46	3,62
10-11	420,88	235	800	0,002	1,21	0,65	0,52	0,47	43,3	42,4	40,27	39,8	39,75	39,28	3,55	3,13	3,34
11-12	442,89	235	800	0,002	1,23	0,68	0,54	0,47	42,4	41	39,8	39,33	39,26	38,79	3,14	2,22	2,68
12-13	460,98	453	800	0,002	1,24	0,7	0,56	0,91	41	41,1	39,33	38,42	38,77	37,86	2,23	3,25	2,74
13-14	467,26	209	800	0,002	1,24	0,7	0,56	0,42	41,1	41,1	38,42	38	37,86	37,44	3,24	3,67	3,46
14-15	602,41	220	900	0,0017	1,24	0,73	0,66	0,37	41,1	41	38	37,63	37,34	36,97	3,76	4,04	3,88
15-16	614	334	900	0,0017	1,28	0,76	0,68	0,57	41	40,6	37,63	37,06	36,96	36,39	4,04	4,22	4,14
16-ГКН С	744	718	900	0,0019	1,28	0,86	0,75	1,28	40,62	40,51	37,07	35,78	36,32	35,02	4,31	5,47	4,88
17-18	47,3	238	300	0,005	1,00	0,65	0,20	1,19	48,9	48	47,6	46,4	47,4	46,2	1,5	1,8	1,66
18-19	86,6	202	400	0,0045	1,12	0,6	0,24	0,91	48	47,3	46,34	45,43	46,1	45,19	1,9	2,11	2,02
19-20	118	207	400	0,0045	1,18	0,75	0,3	0,93	47,3	46,4	45,43	44,5	45,13	44,2	2,17	2,2	2,18
20-21	149,8	198	450	0,0045	1,27	0,7	0,32	0,89	46,4	45,6	44,47	43,58	44,15	43,26	2,25	2,34	2,31
21-9	183,7	228	450	0,0045	1,29	0,85	0,38	1,03	45,6	44,4	43,58	42,55	43,2	42,17	2,4	2,23	2,34
22-23	9,84	422	300	0,0045	0,63	0,28	0,08	1,9	49,4	47,6	47,98	46,08	47,9	46	1,5	1,6	1,56
23-24	52,4	411	350	0,004	0,93	0,55	0,19	1,64	47,6	46,2	46,08	44,44	45,89	44,25	1,71	1,95	1,84
24-25	85,8	426	400	0,0045	1,12	0,6	0,24	1,92	46,2	44,3	44,44	42,52	44,2	42,28	2	2,02	2,02
25-26	113,9	271	450	0,004	1,14	0,6	0,27	1,08	44,3	43,3	42,52	41,44	42,25	41,17	2,05	2,13	2,08
26-27	129,9	251	450	0,004	1,17	0,65	0,29	1	43,3	42,4	41,44	40,44	41,15	40,15	2,15	2,25	2,21
27-14	142,8	266	450	0,005	1,31	0,65	0,29	1,33	42,4	41,1	40,44	39,11	40,15	38,82	2,25	2,28	2,28
28-29	21,3	214	300	0,0045	0,78	0,4	0,12	0,96	47,8	47,1	46,32	45,36	46,2	45,24	1,6	1,86	1,74
29-30	39,6	220	300	0,004	0,87	0,6	0,18	0,88	47,1	46,3	45,36	44,48	45,18	44,3	1,92	2	1,95
30-31	58,7	206	350	0,0045	1,02	0,6	0,21	0,93	46,3	45,5	44,48	43,55	44,27	43,34	2,03	2,16	2,11
31-32	75,5	182	350	0,0045	1,07	0,7	0,25	0,82	45,5	44,8	43,55	42,73	43,3	42,48	2,2	2,32	2,27
32-33	88,9	147	350	0,0045	1,09	0,8	0,28	0,66	44,8	44,4	42,73	42,07	42,45	41,79	2,35	2,61	2,49
33-34	101	252	350	0,005	1,14	0,85	0,3	1,26	44,4	43,4	42,07	40,81	41,77	40,51	2,63	2,89	2,77
34-35	119,6	239	400	0,0045	1,18	0,75	0,3	1,08	43,4	42,3	40,76	39,68	40,46	39,38	2,94	2,92	2,94
35-16	138,8	265	450	0,0045	1,24	0,65	0,29	1,19	1742,3	40,6	39,64	38,45	39,35	38,16	2,97	2,44	2,72

Розділ 2.

ГОЛОВНА КАНАЛІЗАЦІЙНА НАСОСНА СТАНЦІЯ

Консультант / _____ /

Здобувач(ка) / _____ /

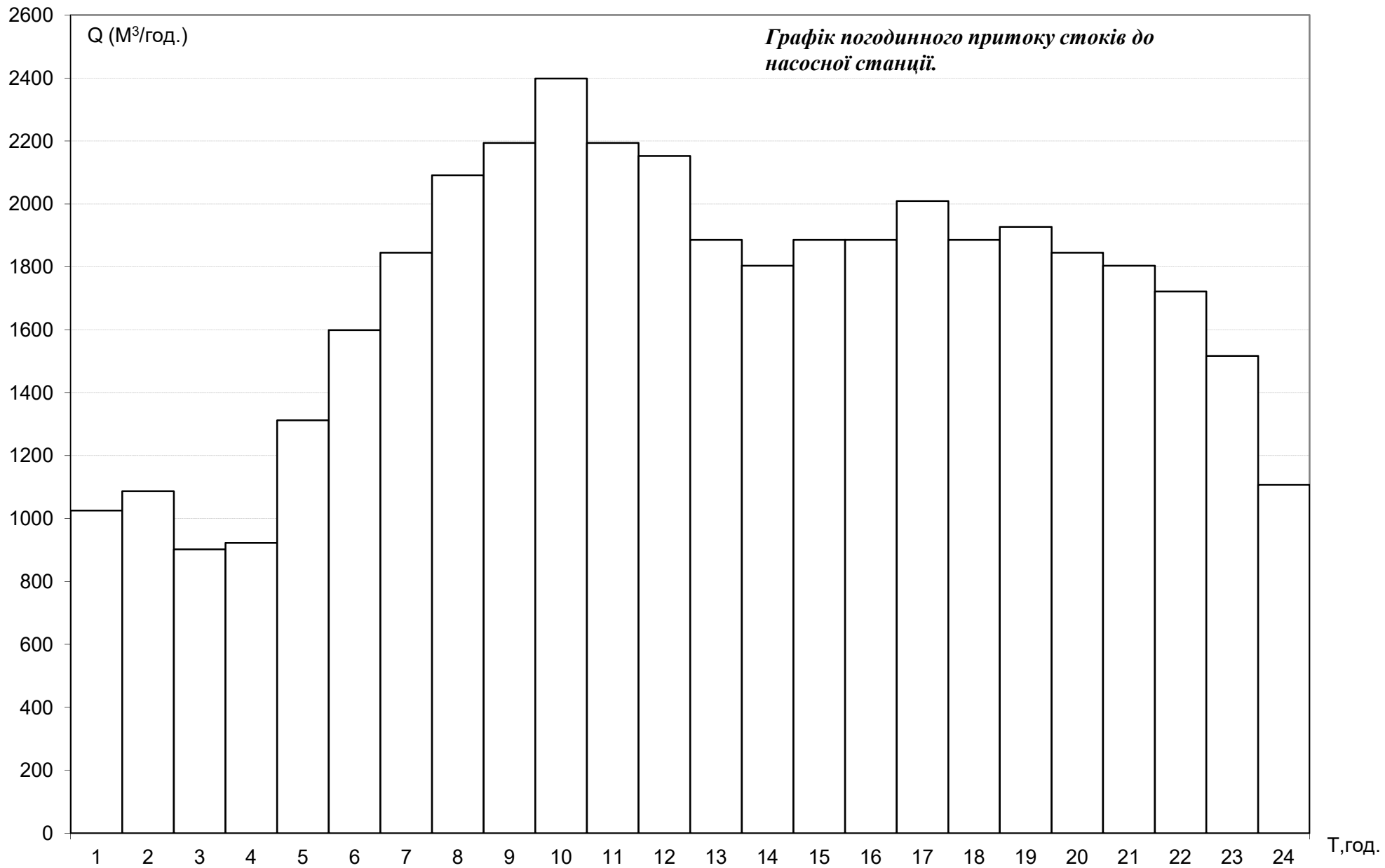
2.1. Розрахунок ординат графіка погодинного притоку стоків до насосної станції $Q_{доб. max} = 42781,6 м^3$

Табл.2.1

Години доби	Коефіцієнт годинної нерівномірності	$Q_{год}, м^3/год$	$Q_{год}, л/с$
0 – 1	2,50	1026	284,8
1 – 2	2,65	1086,6	301,9
2 – 3	2,20	903	250,5
3 – 4	2,25	922,6	256,4
4 – 5	3,20	1313	364,5
5 – 6	3,90	1598	444,3
6 – 7	4,50	1846	512,6
7 – 8	5,10	2092	580,7
8 – 9	5,35	2193,6	609,2
9 – 10	5,85	2398,2	666,4
10 – 11	5,35	2193,6	609,4
11 – 12	5,25	2152,6	597,8
12 – 13	4,60	1887	523,8
13 – 14	4,40	1805	501,2
14 – 15	4,60	1887	523,8
15 – 16	4,60	1887	523,8
16 – 17	4,90	2008	558,2
17 – 18	4,60	1885	523,8
18 – 19	4,70	1928	535,4
19 – 20	4,50	1846	512,6
20 – 21	4,40	1805	501,2
21 – 22	4,20	1723	478,4
22 – 23	3,70	1518	421,5
23 – 24	2,70	1108	307,6
Всього:	100,00	42781,6	

$$Q_{max} = \frac{Q_{доб. max}}{100} \cdot K\% = \frac{42781,6}{100} \cdot 5,85 = 2398,2 \text{ м}^3/год$$

$$Q_{max(л/с)} = \frac{Q_{доб. max(м^3/год)} \cdot 1000}{3600} = \frac{2398,2 \cdot 1000}{3600} = 666,4 \text{ л/с}$$



2.2. Визначення розрахункових напорів. Підбір насосів

Визначаємо розрахункову витрату напірних водоводів.

$$Q_{н.в.} = \frac{Q_{н.с.}}{n_{н.в.}} = \frac{2398,2}{2} = 1199,1 \text{ м}^3/\text{год} = 333,2 \text{ л/с}$$

де $Q_{н.с.}$ - розрахункова подача насосної станції = 2398,2 м³/год $n_{н.в.}$ - число напірних водоводів = 2

Підбираємо діаметр трубопроводу: приймаємо азбестоцементні труби

$$d=600 \text{ мм} \quad V=1,29 \text{ м/с} \quad 1000i = 2,31$$

Значення потрібного напору насосів станції водовідведення

визначають:

$$H_{нс} = H_{гео} + h_{н.с.} + h_{вдм.} + h_{н.в.} + h_{вил.}$$

$$H_{гео} = 42 - 34 = 6 \text{ м}$$

де $H_{гео}$ - статичний напір насосів;

A - максимальна відмітка подачі стічної води, м;

A_{\max} - відмітка максимального рівня в резервуарі, м;

A_{\min} - відмітка мінімального рівня в резервуарі, м

$$h_{н.с.} = 2,5 \text{ м}; \quad h_{вдм.} = 1,5 \text{ м}; \quad h_{вил.} = 0,5 \text{ м}; \quad h_{н.в.} = (1,05 \div 1,1) \cdot 1000i \cdot l = 1,1 \cdot 2,31 \cdot 0,9 = 2,3 \text{ м};$$

$$H_{нс} = 6 + 2,5 + 1,5 + 2,3 + 0,5 = 12,8 \text{ м}$$

Підбираємо насоси для нашої насосної станції.

Необхідно щоб їх напір відповідав визначеному напору ($H_{нс} = 12,8 \text{ м}$), а

сумарна подача – розрахунковій подачі $Q_{н.с.} = 2398,2 \text{ м}^3/\text{год}$

Висновок:

Для забезпечення нормальної роботи насосної станції, а саме витрати Q та напору H необхідно застосувати насоси типу

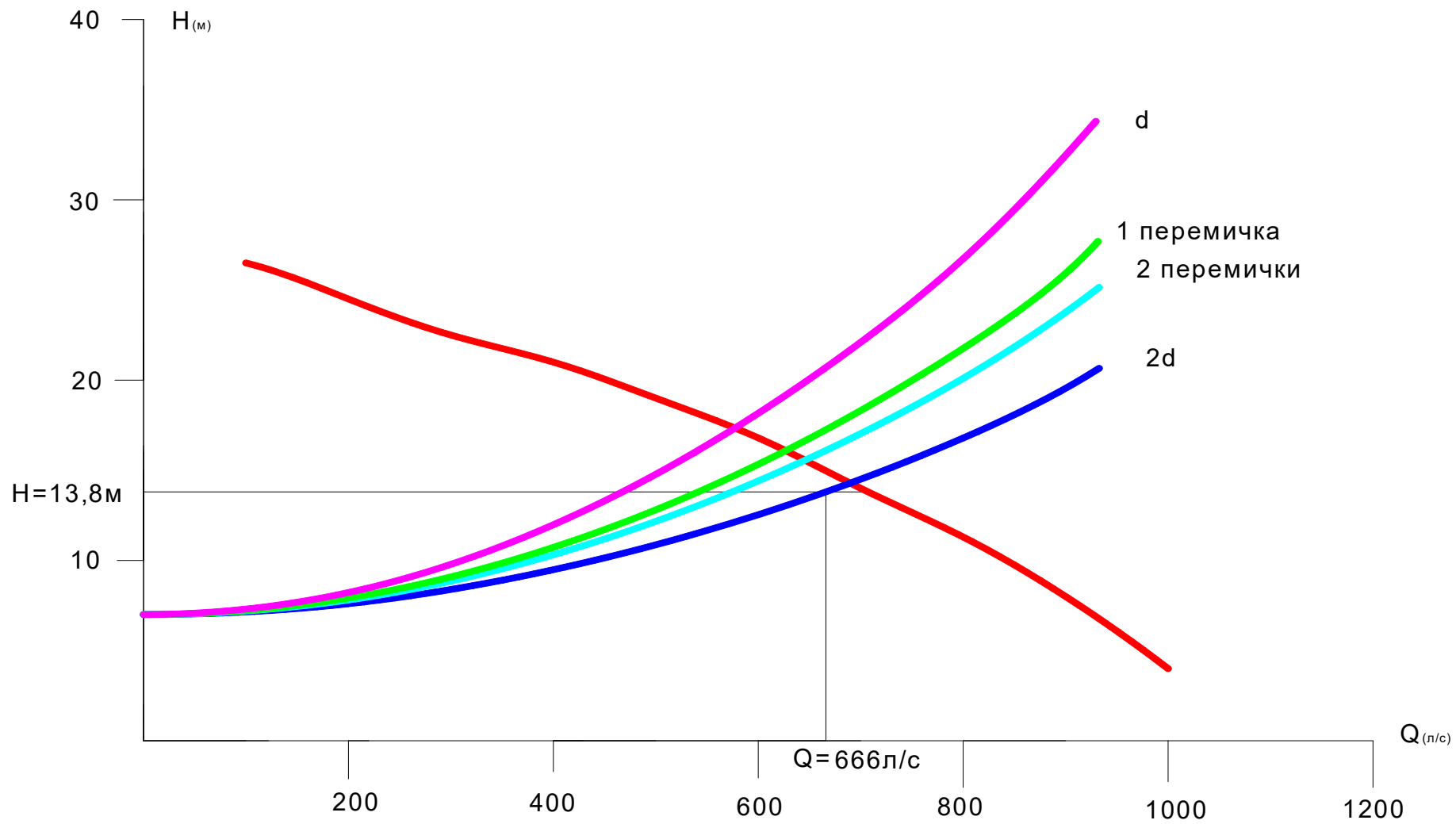
Grundfos S31306L3A511 : два робочих та два резервних.

2.3. Побудова характеристики трубопроводів насосної станції

Табл.2.2

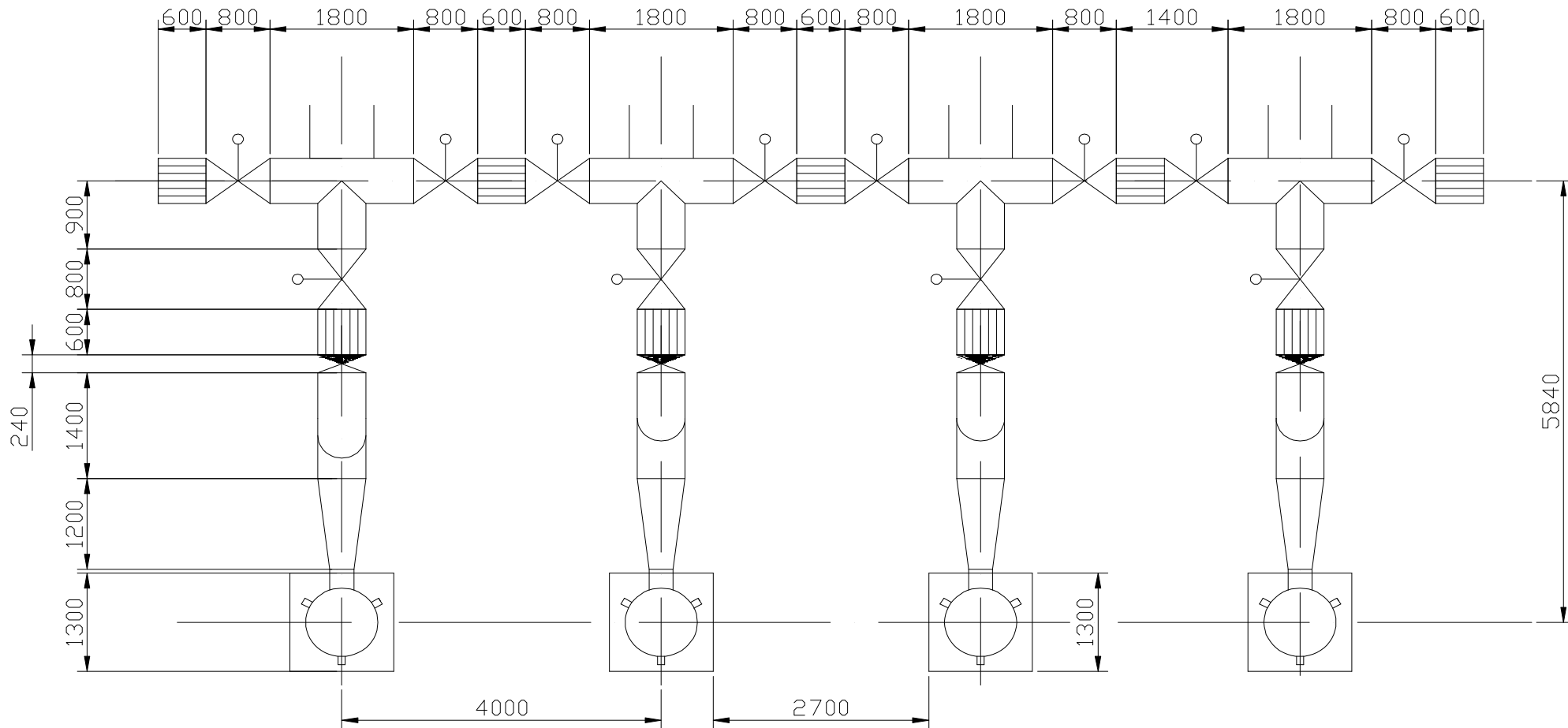
№	Значення втрат, м	Відносна втрата				
		0	219,78	333	666	799,2
		0	0,33	0,5	1	1,2
Два водоводи						
1	$H_{ст}$	7	7	7	7	7
2	$h_{вил}$	0	0,06	0,17	0,51	0,73
3	$h_{н.в.}$	0	0,26	0,59	2,31	3,33
4	$h_{вдв}$	0	0,17	0,37	1,51	2,17
5	$h_{н.с}$	0	0,28	0,64	2,51	3,61
6	Σ	7	7,74	8,73	13,81	16,78
Два водоводи (дві перемички)						
7	$H_{ст}$	7	7	7	7	7
8	$h_{вил}$	0	0,06	0,13	0,50	0,72
9	$h_{н.в.}$	0	0,5	1,15	4,6	6,62
10	$h_{вдв}$	0	0,16	0,38	1,50	2,16
11	$h_{н.с}$	0	0,27	0,63	2,50	3,60
12	Σ	7	7,96	9,27	16,2	20,2
Два водоводи (одна перемичка)						
13	$H_{ст}$	7	7	7	7	7
14	$h_{вил}$	0	0,06	0,14	0,52	0,71
15	$h_{н.в.}$	0	0,63	1,44	5,75	8,26
16	$h_{вдв}$	0	0,16	0,38	1,50	2,18
17	$h_{н.с}$	0	0,27	0,63	2,50	3,62
18	Σ	7	8,12	9,56	17,24	21,78
Один водовод (аварія)						
19	$H_{ст}$	7	7	7	7	7
20	$h_{вил}$	0	0,06	0,14	0,52	0,72
21	$h_{н.в.}$	0	1	2,3	9,2	13,24
22	$h_{вдв}$	0	0,16	0,38	1,50	2,17
23	$h_{н.с}$	0	0,27	0,63	2,50	3,62
24	Σ	7	8,46	10,42	20,8	26,74

В результаті проведеного розрахунку всередині каналізаційної насосної станції слід використати наступні труби: всмоктуючий трубопровід $D = 800$ мм ($Q = 666,4$ л/с; $V = 1,33$ м/с); напірні трубопроводи $D = 600$ мм ($Q = 333,2$ л/с; $V = 1,15$ м/с).



Сумісний графік роботи насосів і водоводів

Схема місця встановлення запірної арматури в насосній станції



2.4. Підбір підйомно-транспортного обладнання

У зв'язку з тим, що загальна вага насосного агрегату складає 5000 кг., приймаємо для перевезення автомобіль марки ЗІЛ-130.

Вантажопідйомність та габаритні розміри вантажного автомобіля ЗІЛ-130:

1. Вантажопідйомність, кг 5000;
2. Розміри автомобіля, мм:
- довжина 8675 мм; ширина 2500 мм; висота 2400 мм;
3. Розміри платформи, мм:
- довжина 3752 мм; ширина 2326 мм; висота 1370 мм;
4. Мінімальні розміри монтажного майданчика, мм:
- довжина 4450 мм; ширина 3730 мм.

В зв'язку з тим, що максимальна вага монтуемого агрегату не більше 5000 кг, в якості підйомно-транспортного обладнання насосної станції приймаємо підвісний кран з електричним приводом. Його технічні характеристики приведені у таблиці:

Довжина крана	Вантажопідйомність, т	Прольот, L, м	Розміри, мм					Потужність електродвигуна, кВт	Номер двотавра підкранової рейки	Вага крана, кг
			$H+h_1$	l_1	l_2	C	B			
8,4	5	6	2010	900	1200	1800	2395	7	36	2070

2.5. Приймальний резервуар та його обладнання

В каналізаційній насосній станції для забезпечення її безперебійної і ритмічної роботи улаштовується приймальний резервуар

для прийому стічних вод. Оскільки надходження стічних вод на протязі доби відбувається нерівномірно, осереднення надійшовшого об'єму води відбувається в цьому резервуарі.

Мінімальний об'єм цього резервуару повинен прийматися не менше максимальної подачі одного із насосів в продовж 5 хвилин, що відповідає включенням насоса не більше трьох разів на годину. Максимальна подача насоса визначається по графіку сумісної роботи одного насоса та двох водоводів. $Q_n = 2398,2 \text{ м}^3/\text{год}$:

- мінімальний об'єм приймального резервуару

$$W_{np.min} \geq \frac{1}{12} \cdot Q_n = \frac{1}{12} \cdot 2398,2 = 199,9 \text{ м}^3$$

- площа дна приймального резервуару:

$$S_{\text{дна.п.р}} = \frac{\pi \cdot R^2}{2} = \frac{3,14 \cdot 10,5^2}{2} = 173,0 \text{ м}^2$$

- відстань між граничними позначками рівня стічної води в приймальному резервуарі:

$$h = A_{\max} - A_{\min} = 35 - 33,1 = 1,9 \text{ м}$$

Тоді, місткість приймального резервуару буде:

$$W_{np} = S \cdot h = 173,0 \cdot 1,9 = 345,0 \text{ м}^3$$

У відповідності з проведеним розрахунком подача каналізаційної насосної станції за добу становить $42781,6 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Приймаємо три грати-дробарки марки РД – 600, дві з яких робочі та одна резервна.

Технічні данні грати-дробарки Табл.2.3

Марка гратки-дробарки	Розміри, мм				Потужність електродвигуна, кВт	Загальна маса, кг
	Найбільша висота H	Найбільша ширина B	Зовнішній діаметр барабана D	Ширина щілини		
РД - 600	2170	1250	635	10	1,5	1800

2.6. Електрична частина насосної станції

Як відомо, необхідна потужність трансформаторів S , кВ·А каналізаційної насосної станції, в основному визначається потужністю приводних електродвигунів основної групи насосів. У відповідності з проведеними розрахунками приймаємо до встановлення 3 трансформатори потужністю $400 \text{ кВ} \cdot \text{а}$ кожний. А також приймаємо два трансформатори, які можуть використовуватися для власних потреб КНС потужністю $160 \text{ кВ} \cdot \text{а}$ кожний.

2.7. Підбір допоміжного обладнання

Дренажні насоси

Дренажні насоси в каналізаційній насосній станції призначені для відкачування з її підземної частини ґрунтових вод, які фільтруються через стіни будівлі, протікання через сальники насосів і води, яка виливається при ремонті обладнання. Дренажні води попередньо надходять в спеціальний дренажний колодезь. Об'єм колодезя звичайно приймають рівним подачі дренажного насоса в межах 10 – 15 хв. Для підводу води в дренажний колодезь улаштовані спеціальні лотки, які розміщені біля стін. Підлога робиться з похилом в бік лотків.

Визначаємо витрату (подачу) дренажних насосів:

$$Q_{\text{д}} = 1,5 \cdot \Sigma q_1 + q_2 = 1,5 \cdot 1 \cdot 0,1 + 1,5 = 1,65 \text{ л/с},$$

де q_1 – сумарний витік через сальники, по $0,05 \dots 0,1$ л/с на кожне сальникове ущільнення; q_2 – фільтраційна витрата через стіни та підлогу будівлі; при відсутності ґрунтових вод $q_2 = 1,5$ л/с. До встановлення приймаємо 2 дренажні насоси марки ВК 2/26 (один робочий, один резервний) з характеристиками приведеними в таблиці 2.4.

Табл.2.4

Марка	Подача, л/с	Напір, м	Потужність, кВт	Маса, кг	Розміри в плані, мм	$H_{\text{вак}}$, м
ВК 2/26	0,75-2,2	60-20	5,5	130	947×320	4

Технічний водопровід

Призначений для подачі технічної води на охолодження та гідроущільнення сальників основних насосів та к дробаркам для змиву подрібненого осаду. Насоси технічного водопроводу встановлюються в машинному залі.

Подача насосів ГрТ1250/71 менше 150 м³/год, тому об'єм бака розриву струмینی, приймаємо 1,5 м³.

Напір насосів технічного водопроводу розраховується за формулою:

$$H_{m.v.} = H - (z_{д.б.} - z_{о.с.}) + \Delta H,$$

де H - напір, який розвивають основні насоси, м;

$z_{д.б.}$ - позначка дна бака, м;

$z_{о.с.н.}$ – позначка осі основного насоса.

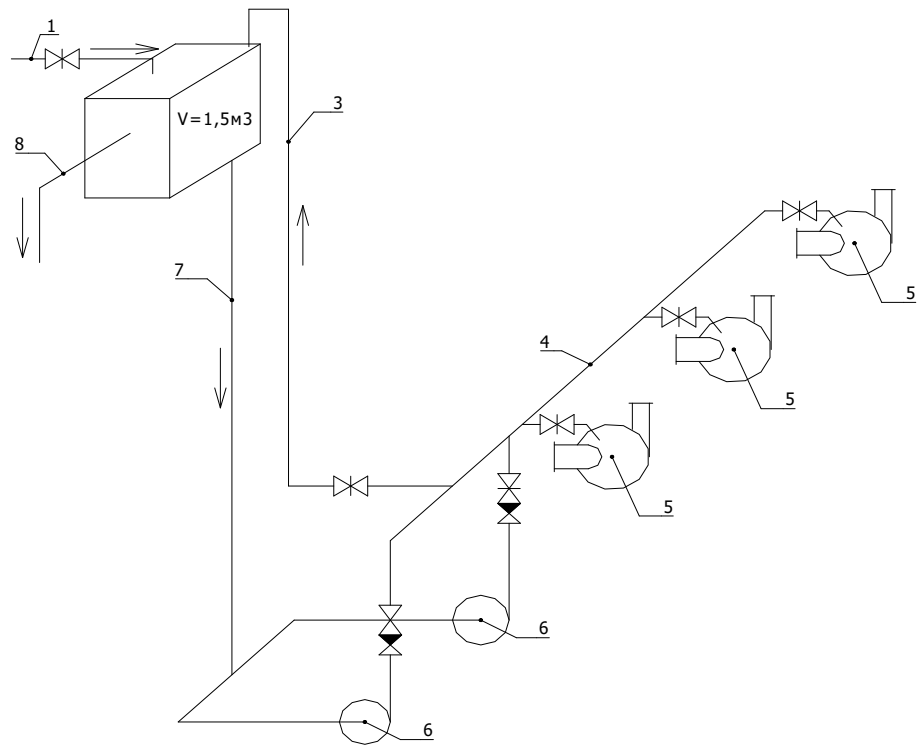
$$H_{m.v.} = 50 - (38,5 - 36,2) + 3 = 44,8 \text{ м}$$

При цьому подача технічної води до одного основного робочого насоса складе:

$$Q_{m.v.} = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ л/с} = 1,82 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Приймаємо 2 насоси ВК 2/26: один робочий; один резервний.

Схема улаштування технічного водопроводу приведена нижче.



- 1 – господарсько-питний водопровід. 2 – бак „розриву струменю”.
- 3 – перепускний трубопровід. 4 – напірний трубопровід.
- 5 – основні каналізаційні насоси. 6 – насоси підвищувачі напору.
- 7 – трубопровід до насосів. 8 – переливний трубопровід.

Розділ 3.

ОЧИСНІ СПОРУДИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Консультант / _____ /

Здобувач / _____ /

3.1. Вихідні дані

- добова витрата стічних вод від населення $Q_{\text{поб}} = 40507 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- норма водовідведення по місту:
- I район $a = 290 \text{ л/ос} \cdot \text{добу}$;
- II район $a = 230 \text{ л/ос} \cdot \text{добу}$;
- добова кількість стічних вод підприємств
 $Q_1 = 1070,6 \text{ м}^3/\text{добу}$; $Q_2 = 658 \text{ м}^3/\text{добу}$; $Q_3 = 549 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- концентрація завислих речовин $C_1 = 420 \text{ г/м}^3$; $C_2 = 440 \text{ г/м}^3$; $C_3 = 350 \text{ г/м}^3$;
- концентрація БПК_{повн} в промислових стічних водах
 $L_1 = 220 \text{ г/м}^3$; $L_2 = 260 \text{ г/м}^3$; $L_3 = 410 \text{ г/м}^3$;
- максимальна розрахункова годинна витрата стічних вод міста
 $Q_{\text{max}} = 2398,2 \text{ м}^3/\text{год}$;
- середня розрахункова годинна витрата стічних вод міста за час аерації в аеротенках $Q_{\text{ср}} = 2329,6 \text{ м}^3/\text{год}$;
- дозволені концентрації завислих речовин і БПК_{повн} в стічних водах для скидання після очисних споруд $C_{\text{дозв}} = 17 \text{ г/м}^3$; $L_{\text{дозв}} = 19 \text{ г/м}^3$;
- розрахункова кінцева вологість підсушеного піску на піщовому майданчику $P_{\text{пк}} = 47,5\%$.

3.2. Принципова схема водовідведення і очистки стічних вод міста

Визначення розрахункових параметрів схеми

Спочатку розраховуємо концентрацію завислих речовин і БПК_{повн} в побутових стічних водах по кожному з районів від населення:

I район:

$$C_{.m1} = \frac{65 \cdot 1000}{a} = \frac{65 \cdot 1000}{290} = 224 \text{ г/м}^3$$

$$L_{.m1} = \frac{75 \cdot 1000}{a} = \frac{75 \cdot 1000}{290} = 259 \text{ г/м}^3$$

II район:

$$C_{m2} = \frac{65 \cdot 1000}{a} = \frac{65 \cdot 1000}{230} = 283 \text{ г/м}^3$$

$$L_{m2} = \frac{75 \cdot 1000}{a} = \frac{75 \cdot 1000}{230} = 326 \text{ г/м}^3$$

де 65 та 75 (г/ос·добу) – відповідно, нормативна добова маса завислих речовин та БПК_{повн} в стічних водах з розрахунку на одного мешканця.

Визначаємо загальну добову витрату побутових і промислових стічних вод:

Визначаємо концентрацію завислих речовин і БПК_{повн} в суміші промислових і побутових стічних вод:

$$C_{заг} = \frac{Q_{поб1} \cdot C_{m1} + Q_{поб2} \cdot C_{m2} + \sum(Q_i \cdot C_i)}{Q_{поб} + \sum Q_i} =$$
$$\frac{24172 \cdot 224 + 16332 \cdot 283 + 1070,6 \cdot 420 + 658 \cdot 440 + 549 \cdot 350}{42781,6} = 253 \text{ г/м}^3$$

$$L_{заг} = \frac{Q_{поб1} \cdot L_{m1} + Q_{поб2} \cdot L_{m2} + \sum(Q_i \cdot L_i)}{Q_{поб} + \sum Q_i} =$$
$$\frac{24172 \cdot 259 + 16332 \cdot 326 + 1070,6 \cdot 220 + 658 \cdot 260 + 549 \cdot 410}{42781,6} = 287 \text{ г/м}^3$$

де Q_i – добова витрата кожного підприємства;

C_i – концентрація завислих речовин у стічних водах кожного підприємства;

L_i – концентрація БПК_{повн} у стічних водах для кожного підприємства.

3.3. Перелік основних технологічних споруд

У відповідності з проектом в даній роботі передбачено перелік основних блоків очисних споруд для очистки стічних вод:

Блок механічної очистки: грати, пісковловлювачі, первинні радіальні відстійники;

Блок біологічної очистки: аеротенки, вторинні радіальні відстійники;

Блок знезараження: хлораторна, змішувач, контактний резервуар;

Блок обробки осаду і надлишкового активного мулу: мулоушільнювачі, метантенки, газгольдери, вакуум-фільтри, резервні мулові майданчики.

3.4. Розрахунок основних технологічних очисних споруд

4.4.1. Грати

Для затримки грубих частинок забруднень (відносно великого розміру) в проєкті передбачено улаштування ґрат на вході на очисні споруди.

Визначаємо розрахункову секундну витрату стічних вод для ґрат:

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{3600} = \frac{2398,2}{3600} = 0,66 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Границі можливої зміни розрахункової витрати при застосуванні 2-х і 3-х робочих агрегатів:

$$q'_{(2)} = \frac{q_{\max}}{2} = \frac{0,66}{2} = 0,33 \text{ м}^3/\text{с}; \quad q'_{(3)} = \frac{q_{\max}}{3} = \frac{0,66}{3} = 0,22 \text{ м}^3/\text{с}$$

Приймаємо до встановлення 3 ґрати типу РМУ-1 з висотою шару води в каналі $H_{\max} = 0,6 \text{ м}$, номінальні розміри каналу $B \times H = 600 \times 800 \text{ мм}$, з товщиною стержнів $S_{\text{ст}} = 6 \text{ мм}$, кількість прозорів $n_{\text{пр}} = 21$ (шириною $b = 16 \text{ мм}$).

Розраховуємо загальну ширину прозорів:

$$b_{\text{заг}} = \frac{b_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}}}{1000} = \frac{16 \cdot 21}{1000} = 0,34 \text{ м}.$$

Розраховуємо загальну корисну площу прозорів:

$$F_{\text{заг}} = H_{\max} \cdot b_{\text{заг}} = 0,6 \cdot 0,34 = 0,24 \text{ м}^2.$$

Розраховуємо швидкість руху води в прозорах при попередній визначеній кількості робочих ґрат:

$$V_{\text{пр}} = \frac{q'}{F_{\text{заг}}} = \frac{0,22}{0,24} = 0,98 \text{ м/с}.$$

У відповідності з існуючими нормативами швидкість руху рідини в прозорах повинна знаходитись в межах $0,8 - 1,0 \text{ м/с}$.

Після цього розраховуємо кількість забруднень, які можуть бути затримані на ґратах. Для цього спочатку визначаємо приведену кількість населення, що відповідає загальному потоку стічних вод міста:

$$N_{np} = N_m + N_{екв} = 154360 + 11024 = 165384 \text{ ос},$$

де $N_{екв}$ – умовна (еквівалентна) кількість мешканців, які могли б внести таку ж масу забруднень (завислих речовин), як весь сумарний потік промислових стічних вод підприємств:

$$N_{екв} = \frac{\sum(Q_i \cdot C_i)}{65} = \frac{1070,6 \cdot 420 + 658 \cdot 440 + 549 \cdot 250}{65} = 11024 \text{ ос}.$$

Тоді загальна добова маса затриманих на цих ґратах забруднень розраховується за параметрами $m_{забр}$ та $\gamma_{забр}$:

$$M_{забр} = \frac{N_{np} \cdot m_{забр} \cdot \gamma_{забр}}{1000 \cdot 365} = \frac{165384 \cdot 8 \cdot 750}{1000 \cdot 365} = 2719 \text{ кг/добу}.$$

Кількість молотків дробарок типу Д-3: 2 дробарки типу А $P_{др}=300$ (кг/год).

Визначаємо втрати напору на ґратах за формулою:

$$h_{гр} = \xi \cdot \frac{V_{np}^2}{2 \cdot g} \cdot P = 0,82 \cdot \frac{0,98^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 3 = 0,13 \text{ м},$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору, який залежить від форми стержня;

P – коефіцієнт, що враховує забрудненість поверхні ґрат під час експлуатації ($P = 3$);

$$\xi = \beta \cdot \left(\frac{S_{cm}}{b}\right)^{4/3} \cdot \sin\alpha = 2,42 \cdot \left(\frac{8}{16}\right)^{4/3} \cdot \sin 60^\circ = 0,82,$$

де β – коефіцієнт, стандартне значення для форми поперечного перерізу стержня решітки (для прямокутних стержнів $\beta = 2,42$);

α – кут нахилу решітки ($\alpha = 60 \dots 70^\circ$).

3.4.2. Пісковловлювачі та піскові майданчики

Для затримання забруднень меншого розміру (порядку розміру піщинок), що знаходяться у міських стічних водах, в проєкті запропоновані пісковловлювачі. Тип пісковловлювача приймається у відповідності з рекомендаціями [3] р.11.2: так при витраті стічних вод $Q_{заг} \leq 64000 \text{ м}^3/\text{добу}$

найбільш раціональною є конструкція з горизонтальним обертанням води навколо вертикальної осі, а для витрат $Q_{заг} > 64000 \text{ м}^3/\text{добу}$ – аеровані горизонтальні пісковловлювачі з поздовжнім рухом рідини. Для $Q_{заг} = 42781,6 \text{ м}^3/\text{добу}$ приймаємо аеровані горизонтальні пісковловлювачі з поздовжнім рухом води.

Для цього пісковловлювача визначаємо кількість відділень і їх геометричні розміри.

Згідно [3] табл. 11.4 приймаємо 2 типорозміри відділень:

А: шириною $b = 3 \text{ м}$, глибиною $h = 2,1 \text{ м}$ та довжиною $l = 12 \text{ м}$;

Б: шириною $b = 4,5 \text{ м}$, глибиною $h = 2,8 \text{ м}$ та довжиною $l = 18 \text{ м}$.

При виборі типорозміру пісковловлювача основною вимогою є забезпечення необхідної швидкості руху рідини в них. Згідно з нормами [3] табл. 28, дозволений діапазон швидкостей води при максимальній витраті складає $0,08 \dots 0,12 \text{ м/с}$, визначаємо діапазон можливих витрат стічної води через 1 відділення для кожного з розглянутих варіантів розмірів:

$$q_{від} = 0,09 \cdot b \cdot h \cdot 3600;$$

$$q_{від} = 0,09 \cdot 3 \cdot 2,1 \cdot 3600 = 2041,4 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$q_{від} = 0,09 \cdot 4,5 \cdot 2,8 \cdot 3600 = 4082,6 \text{ м}^3/\text{год},$$

а також, відповідно, необхідну кількість відділень:

$$n_{від} = \frac{Q_{max}}{q_{від}};$$

$$n_{від(А)} = \frac{2398,2}{2041,4} = 1,15 \approx 1; \quad n_{від(Б)} = \frac{2398,2}{4082,6} = 0,62 \approx 1.$$

У відповідності з рекомендаціями [3] табл. 11.4 остаточно приймаємо до встановлення одне відділення типу (А).

Визначаємо фактичну швидкість руху води:

$$V_{факт} = \frac{Q_{max}}{n' \cdot b \cdot h \cdot 3600} = \frac{2398,2}{1 \cdot 3 \cdot 2,1 \cdot 3600} = 0,11 \text{ м/с},$$

де $n' = 2$ – фактична кількість відділень.

Якщо фактична швидкість руху води в споруді знаходиться в $V_{факт}$ знаходиться в діапазоні $0,08 \dots 0,12$ м/с, тому на даному етапі пісковловлювачі підібрані вірно.

Визначаємо фактичну тривалість перебування води в пісковловлювачі:

$$t_{факт} = \frac{L}{V_{факт}} = \frac{20}{0,11} = 168,7 \text{ с},$$

де L – довжина пісковловлювача.

У відповідності до діючих норм час перебування води у пісковловлювачі повинен бути більш 30 с. Перевіряємо відповідність $t_{факт} \geq t_{min}$ ($168,7 \text{ с} > 30 \text{ с}$) за рекомендаціями [3] п. 6.28. У мова виконується. Тобто розміри пісковловлювача підібрані вірно.

Після пісковловлювачів затриманий пісок відправляється на розташовані поблизу піскові майданчики. Необхідну площу карт піскових майданчиків розраховуємо за залежністю:

$$F_{нм} = \frac{W_{нк}}{a_{нм}},$$

де $a_{нм} = 3 \text{ м}^3 / \text{м}^2$ за рік – нормативне навантаження на піскові майданчики згідно [2] п. 6.33;

$W_{нк}$ – річний об'єм затриманого у стічних водах піску після його підсушування на майданчику:

$$W_{нк} = W_{П_0} - V_{втр},$$

де $W_{П_0}$ – річний об'єм затриманого піску при його початковій вологості;

$V_{втр}$ – втрати води, яка була видалена з піску, з піску при його підсушуванні до кінцевої вологості.

Розрахунки виконуємо в такій послідовності:

1. Об'єм затриманого піску $W_{П_0}$:

$$W_{П_0} = \frac{m_{п} \cdot N_{пр} \cdot 365}{1000} = \frac{0,02 \cdot 165384 \cdot 365}{1000} = 1207,5 \text{ м}^3 / \text{рік},$$

де m_n – нормативний об'єм піску на одну особу [2] п. 6.31.

2. Визначаємо масу піску, який буде затриманий в пісковловлювачі на протязі року M_n :

$$M_{\Pi} = W_{\Pi_0} \cdot \gamma_{\Pi} = 1207,5 \cdot 1500 \approx 1810000 \text{ кг/рік},$$

де $\gamma_n = 1500 \text{ кг/м}^3$ – об’ємна вага піску за [2] п. 6.31.

3. Розраховуємо загальну масу води, яка знаходиться в цьому піску M_{Π} , а також її об’єм $V_{\text{вп}}$:

$$M_{\text{вп}} = \frac{M_{\Pi} \cdot 60}{100} = \frac{1810000 \cdot 60}{100} = 1086000 \text{ кг/рік};$$

$$V_{\text{вп}} = \frac{M_{\text{вп}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{1086000}{1000} = 1086,0 \text{ м}^3/\text{кг},$$

де $\gamma_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води.

4. При цьому маса води в підсушеному піску складе $M_{\text{вк}}$:

$$M_{\text{вк}} = \frac{M_n \cdot (100 - 60) \cdot P_{\text{нк}}}{100 \cdot (100 - P_{\text{нк}})} = \frac{1810000 \cdot (100 - 60) \cdot 47,5}{100 \cdot (100 - 47,5)} = 655400 \text{ кг/рік}.$$

5. Об’єм втраченої води при підсушуванні піску $V_{\text{впк}}$:

$$V_{\text{впк}} = \frac{M_{\text{вп}} - M_{\text{вк}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{1086000 - 655400}{1000} = 431,2 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

6. Загальний об’єм підсушеного піску складе $W_{\text{пк}}$:

$$W_{\text{пк}} = W_{\Pi_0} - V_{\text{впк}} = 1207,5 - 431,2 = 776,3 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

7. Тоді необхідна площа піскових майданчиків буде $F_{\text{пм}}$:

$$F_{\text{пм}} = \frac{W_{\text{пк}}}{a_{\text{пм}}} = \frac{776,3}{3} = 258,1 \text{ м}^2,$$

$a_{\text{пм}} = 3 \text{ м}^3/\text{м}^2$ за рік – нормативне навантаження на піскові майданчики згідно [2] п. 6.33.

8. Приймаємо, що кількість карт піскових майданчиків – 2 карти розмірами $10 \times 20 \text{ м}$. Площею однієї карти 200 м^2 .

3.4.3. Первинні відстійники

Перед розрахунком спочатку треба визначитись з типом відстійника. Вибираємо тип відстійника згідно з [3] р.12.2.1, 12.2.2, 12.2.3. Для даної витрати підходять два варіанти відстійників: горизонтальні $Q > 15000 \text{ м}^3/\text{добу}$ радіальні $Q \geq 20000 \text{ м}^3/\text{добу}$. В нашому випадку вважаємо, що більш вигідним є варіант прийняття радіальних відстійників.

Розраховуємо проектну ефективність первинного відстійника E_{np} за залежністю:

$$E_{np} = \frac{C_{enl} - C_{exl}}{C_{enl}} \cdot 100\%,$$

де C_{enl} – в схемі з пісковловлювачами з горизонтальним обертанням води навколо вертикальної осі дорівнює 95...96% від $C_{заг}$;

C_{exl} – концентрація завислих речовин, яка міститься в стічній воді після первинних відстійників, приймається згідно рекомендацій [1] с.237 ($C_{ex(max)} \dots C_{ex(min)}$);

$$C_{enl} = 253 \cdot 0,95 = 238,7 \text{ г/м}^3;$$

$$C_{exl} = 100 \dots 150 \text{ г/м}^3;$$

$$E_{np(min)} = \frac{253 - 150}{253} \cdot 100\% = 40,2\%;$$

$$E_{np(max)} = \frac{253 - 100}{253} \cdot 100\% = 60,3\%.$$

Так як $E_{np(min)} < 50\%$, можливо обійтись без попередньої аерації стічних вод.

3.4.4. Розрахунок первинних відстійників

1. При розрахунках приймаємо розрахунковий ефект $E_{1розр}$ кратний 5%:

$$50\% \geq E_{1розр} \geq 40,3;$$

$$50\% \geq 45\% \geq 40,3\%.$$

2. Визначаємо розрахункову гідравлічну крупність частинок осідаючих забруднень (u_0 , мм/с) згідно [2] ф. 30:

$$u_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}},$$

де H_{set} – глибина відстійника за [3] табл. 12.6

$$H_{set} = 3,4 \text{ м при } D_{set} = 18; 24; 30 \text{ м};$$

$$H_{set} = 4 \text{ м при } D_{set} = 40 \text{ м};$$

K_{set} – коефіцієнт, що враховує тип відстійника за [2] табл. 31; $K_{set} = 0,45$;

h_1 – глибина еталонного циліндру за [2] табл. 30; $h_1 = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м}$;

n_2 – параметр, що враховує можливу агломерацію завислих речовин;

$t_{set} = 1685 \text{ с}$ – розрахункова тривалість відстоювання стічної води в

еталонному циліндрі при попередніх дослідах, приймається за [2] табл. 30 ;

$$n_2 = \frac{0,15 \cdot E_{1\text{розр}}}{C_{en1}^{0,6}} + \frac{3,53}{C_{en1}^{0,035}} - 2,95 = \frac{0,15 \cdot 45}{238,7^{0,6}} + \frac{3,53}{238,7^{0,035}} - 2,95 = 0,21;$$

$$u_0 = \frac{1000 \cdot 3,4 \cdot 0,45}{1685 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3,4}{0,5} \right)^{0,22}} = 0,72 \text{ мм/с при } D_{set} = 18; 24; 30 \text{ м};$$

$$u_0 = \frac{1000 \cdot 4 \cdot 0,45}{1685 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 4}{0,5} \right)^{0,22}} = 0,82 \text{ мм/с при } D_{set} = 40 \text{ м}.$$

3. Визначаємо номінальну пропускну спроможність первинного радіального відстійника (q_{set} , м³/год) за [2] ф. 33:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D_{set}^2 - d_{en}^2) \cdot (u_0 - v_{tb}),$$

де D_{set} – діаметр первинного радіального відстійника, м;

d_{en} – діаметр впускного пристрою, м; може бути визначений за [6] табл. 3;

v_{tb} – турбулентна складова швидкості осідання завислих речовин (мм/с);

приймається в залежності від швидкості руху на середині радіуса (v_w) за [6]

табл. 32; в попередніх розрахунках величина v_w приймається рівною „0”, а після визначення необхідної кількості відстійників – перевіряється через розрахунок фактичної швидкості води на середині радіуса відстійника;

$$q_{set} = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (18^2 - 0,4^2) \cdot 0,71 = 289,8 \text{ м}^3/\text{год при } D_{set} = 18 \text{ м};$$

$$q_{set} = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 0,9^2) \cdot 0,71 = 514,6 \text{ м}^3/\text{год при } D_{set} = 24 \text{ м};$$

$$q_{set} = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,2^2) \cdot 0,71 = 803,9 \text{ м}^3/\text{год при } D_{set} = 30 \text{ м};$$

$$q_{set} = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (40^2 - 1,5^2) \cdot 0,81 = 1630,8 \text{ м}^3/\text{год при } D_{set} = 40 \text{ м}.$$

4. Визначаємо розрахункову ($n_{1розр}$) і проектну ($n_{1пр}$) кількості

відстійників та фактичну витрату через один відстійник ($q_{set\phi}$):

$$n_{1розр} = \frac{Q_{max}}{q_{set}};$$

$$n_{1розр} = \frac{2398,2}{289,8} = 8,32 \text{ шт}; \quad n_{1розр} = \frac{2398,2}{514,6} = 4,73 \text{ шт};$$

$$n_{1розр} = \frac{2398,2}{803,9} = 3,1 \text{ шт}; \quad n_{1розр} = \frac{2398,2}{1630,8} = 1,53 \text{ шт}.$$

Параметри	D_{set} – діаметр відстійника			
	18	24	30	40
u_0	0,71	0,71	0,71	0,81
q_{set}	289,8	514,6	803,9	1630,8
$n_{1розр}$	8,32	4,73	3,1	1,53
$n_{1пр}$	9	5	3	2
$n_{1проек}$	–	–	3	–

$$q_{set\phi} = \frac{Q_{max}}{n_{1проек}} = \frac{2398,2}{3} = 799,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо 3 відстійника діаметром 30 м з витратою 799,5 м³/год. Для встановлення приймаємо 4 відстійника (з урахуванням перспективи розвитку населеного пункту в майбутньому).

5. Перевіряємо фактичне (дійсне) значення швидкості руху рідини, що очищується, v_w на середині радіуса відстійника:

$$v_w = \frac{q_{set\phi} \cdot 1000}{\frac{\pi \cdot D_{set} \cdot H_{set} \cdot 3600}{2}} = \frac{799,4 \cdot 1000}{\frac{3,14 \cdot 30}{2} \cdot 3,4 \cdot 3600} = 1,38 \text{ мм/с}.$$

6. При цьому фактична гідравлічна крупність затриманих завислих частинок речовин забруднень $u_{0\phi}$ згідно [2] ф. 23 складе:

$$u_{0\phi} = \frac{q_{set}}{2,8 \cdot K_{set} \cdot (D_{set}^2 - d_{en}^2)} = \frac{799,4}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,2^2)} = 0,72 \text{ м/год}.$$

7. Тоді фактична тривалість відстоювання в первинному радіальному відстійнику буде t_{set} :

$$t_{set} = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{u_0 \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 3,4 \cdot 0,45}{0,72 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3,4}{0,5} \right)^{0,19}} = 1732 \text{ с}.$$

8. Визначаємо ефект власне відстійника в блоці:

$$E_{1\phi set} = 41,3\%$$

9. Тоді, фактична концентрація завислих речовин після проходження первинних радіальних відстійників складе:

$$C_{ex1\phi} = \frac{C_{en1} \cdot (100 - E_{1\phi bl})}{100} = \frac{238,7 \cdot (100 - 41,2)}{100} = 146,2 \text{ г/м}^3.$$

3.4.5. Аеротенки

Після проходження споруд механічної очистки (решітки, пісковловлювачі, первинні відстійники) стічні води направляються на споруди біологічної очистки. Починаємо розрахунок з аеротенків.

Тип аеротенку вибираємо у відповідності з [2] п. 6.140. У випадку відсутності залпових надходжень токсичних речовин, як це має місце в розглядуваному випадку, застосовуємо аеротенки-витискувачі.

Спочатку здійснюємо перевірку на необхідність регенерації активного мулу згідно [2] п. 6.141, для цього розраховуємо значення БПК₂₀ стічної води, що надходить до аеротенку після споруд механічної очистки, за залежністю:

$$L_{\text{ен. аер}} = L_{\text{заг}} \cdot K_{\text{ex}},$$

де K_{ex} – коефіцієнт зниження БПК₂₀ в системі механічного очищення (пісковловлювачі і первинні відстійники).

Згідно [2] табл. 25, норматив за БПК₂₀ на одну особу для неосвітленої стічної води L' і для освітленої води L'' складають відповідно 75 та 40 г/ос. добу, звідки визначаємо відповідний коефіцієнт:

$$K_{\text{ex}} = \frac{40}{75} = 0,533,$$

отже
$$L_{\text{ен. аер}} = 286 \cdot 0,533 = 152,6 \text{ мг/л.}$$

Так, як $L_{\text{ен. аер}} = 152,6 \text{ мг/л} > 150 \text{ мг/л}$ – тобто в проекті необхідна регенерація активного мулу.

3.4.6. Розрахунок аеротенку з регенерацією активного мулу

1. Призначаємо орієнтований діапазон і поточні значення АМ a_i :

$$a_i = 3; 3,3; 3,6; 3,9 \text{ г/л},$$

та мінімальний дозволений ступінь рециркуляції АМ R_i згідно [2] п. 6.145 прим. 2 ($R_i = 0,3$).

2. Розраховуємо 4 значення дози АМ в регенераторі a_r за [2] ф.55:

$$a_r = a_i \cdot \left(\frac{1}{R_i} + 1 \right);$$

$$a_{1r} = 3 \cdot \left(\frac{1}{0,3} + 1 \right) = 13 \text{ г/л}; a_{2r} = 3,3 \cdot \left(\frac{1}{0,3} + 1 \right) = 14,3 \text{ г/л};$$

$$a_{3r} = 3,6 \cdot \left(\frac{1}{0,3} + 1 \right) = 15,6 \text{ г/л}; a_{4r} = 3,9 \cdot \left(\frac{1}{0,3} + 1 \right) = 16,9 \text{ г/л}.$$

3. Розраховуємо 4 значення тривалості аерації t_{at} за [2] ф.55:

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \cdot \lg \frac{L_{\text{ен. аер}}}{L_{\text{ex}}};$$

$$t_{1at} = \frac{2,5}{\sqrt{3}} \cdot \lg \frac{152,6}{19} = 1,31 \text{ год}; \quad t_{2at} = \frac{2,5}{\sqrt{3,3}} \cdot \lg \frac{152,6}{19} = 1,25 \text{ год};$$

$$t_{3at} = \frac{2,5}{\sqrt{3,6}} \cdot \lg \frac{152,6}{19} = 1,18 \text{ год}; \quad t_{4at} = \frac{2,5}{\sqrt{3,9}} \cdot \lg \frac{152,6}{19} = 1,15 \text{ год}.$$

4. У відповідності до цього розраховуємо 4 значення питомої швидкості окислення ρ за [2] ф.56, приймаючи замість a_i значення a_r :

$$\rho = \rho_{max} \cdot \frac{L_{ex} \cdot C_0}{L_{ex} \cdot C_0 + K_1 \cdot C_0 + K_0 \cdot L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_r},$$

де $\rho_{max} = 85 \text{ мг/г} \cdot \text{год}$ – максимальна швидкість окислення, приймається за [2] табл. 40;

$C_0 = 2 \text{ мг/л}$ – концентрація розчиненого кисню у воді;

$K_1 = 0,33 \text{ мг/л}$ – константа, яка характеризує властивості органічних забруднюючих речовин і приймається за [2] табл. 40;

$K_0 = 0,625 \text{ мг/л}$ – константа, яка характеризує вплив кисню і приймається за [2] табл. 40;

$\varphi = 0,07 \text{ л/г}$ – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду АМ, приймається за [2] табл. 40;

$$\rho_1 = 85 \cdot \frac{19 \cdot 2}{19 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 19} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 13} = 14,6 \text{ мг/г} \cdot \text{год};$$

$$\rho_2 = 85 \cdot \frac{19 \cdot 2}{19 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 19} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 14,3} = 13,9 \text{ мг/г} \cdot \text{год};$$

$$\rho_3 = 85 \cdot \frac{19 \cdot 2}{19 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 19} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 15,6} = 13,3 \text{ мг/г} \cdot \text{год};$$

$$\rho_4 = 85 \cdot \frac{19 \cdot 2}{19 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 19} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 16,9} = 12,8 \text{ мг/г} \cdot \text{год}.$$

4. Для 4 значень a_r і 4 значень ρ , розраховуємо 4 відповідних значення загальної тривалості окислення органічних речовин t_0 за [2] ф. 54:

$$t_0 = \frac{L_{en.aep} - L_{ex}}{R_i \cdot a_r \cdot (1 - s) \cdot \rho},$$

де $s = 0,3$ – приймається за [2] табл. 40;

$$t_{10} = \frac{152,6 - 19}{0,3 \cdot 13 \cdot (1 - 0,3) \cdot 14,6} = 3,34 \text{ год};$$

$$t_{20} = \frac{152,6 - 19}{0,3 \cdot 14,3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 13,9} = 3,16 \text{ год};$$

$$t_{30} = \frac{152,6 - 19}{0,3 \cdot 15,6 \cdot (1 - 0,3) \cdot 13,3} = 3,06 \text{ год};$$

$$t_{40} = \frac{152,6 - 19}{0,3 \cdot 16,9 \cdot (1 - 0,3) \cdot 12,8} = 2,95 \text{ год}.$$

5. Для отриманих значень тривалості окислення органічних речовин розраховуємо 4 значення тривалості регенерації АМ t_r за [2] ф. 57:

$$t_r = t_0 - t_{at};$$

$$t_{1r} = 3,34 - 1,31 = 2,03 \text{ год}; \quad t_{2r} = 3,16 - 1,25 = 1,91 \text{ год};$$

$$t_{3r} = 3,06 - 1,18 = 1,88 \text{ год}; \quad t_{4r} = 2,95 - 1,15 = 1,8 \text{ год}.$$

6. Для тих же значень тривалості окислення розраховуємо 4 значення навантаження на АМ q_i за формулою:

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en.aep} - L_{ex})}{(1 - s) \cdot [a_i \cdot (1 + R_i) \cdot t_{at} + a_r \cdot R_i \cdot t_r]};$$

$$q_{1i} = \frac{24 \cdot (152,6 - 19)}{(1 - 0,3) \cdot [3 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,3 + 13 \cdot 0,3 \cdot 2,03]} = 350,9 \text{ мг/г} \cdot \text{добу};$$

$$q_{2i} = \frac{24 \cdot (152,6 - 19)}{(1 - 0,3) \cdot [3,3 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,24 + 14,3 \cdot 0,3 \cdot 1,91]} = 335 \text{ мг/г} \cdot \text{добу};$$

$$q_{3i} = \frac{24 \cdot (152,6 - 19)}{(1 - 0,3) \cdot [3,6 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,19 + 15,6 \cdot 0,3 \cdot 1,88]} = 320,3 \text{ мг/г} \cdot \text{добу};$$

$$q_{4i} = \frac{24 \cdot (152,6 - 19)}{(1 - 0,3) \cdot [3,9 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,14 + 16,9 \cdot 0,3 \cdot 1,8]} = 306,8 \text{ мг/г} \cdot \text{добу}.$$

7. Відповідно розраховуємо 4 значення мулового індексу J_i за [2] ф. 52:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i} \Rightarrow \frac{R_i \cdot 1000}{J_i} - R_i \cdot a_i = a_i \Rightarrow \frac{R_i \cdot 1000}{J_i} = a_i \cdot (1 + R_i) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow J_i = \frac{R_i \cdot 1000}{a_i \cdot (1 + R_i)} = \frac{1000}{a_i \cdot \left(\frac{1}{R_i} + 1\right)}; a_r = a_i \cdot \left(\frac{1}{R_i} + 1\right) \Rightarrow J_i = \frac{1000}{a_r};$$

$$J_{1i} = \frac{1000}{13} = 76,9 \text{ см}^3/\text{г}; J_{2i} = \frac{1000}{14,3} = 69,9 \text{ см}^3/\text{г};$$

$$J_{3i} = \frac{1000}{15,6} = 64,1 \text{ см}^3/\text{г}; J_{4i} = \frac{1000}{16,9} = 59,2 \text{ см}^3/\text{г}.$$

$a_i, \text{г/л}$	3	3,3	3,6	3,9
$q_i, \text{мг/г} \cdot \text{добу}$	350,9	335	320,3	306,8
$J_i, \text{см}^3/\text{г}$	76,9	69,9	64,1	59,2

Використовуючи відповідний графік визначаємо, що оптимальна доза АМ буде: $a_{i(\text{opt})} = 3,2 \text{ г/л}$. При дозі АМ $a_{i(\text{opt})} = 3,2 \text{ г/л}$ будуть такі значення роботи аеротенку:

$$a_{r(\text{opt})} = 13,8 \text{ г/л}; \quad t_{at(\text{opt})} = 1,3 \text{ год};$$

$$\rho_{(\text{opt})} = 14,2 \text{ мг/г} \cdot \text{год};$$

$$t_{0(\text{opt})} = 3,22 \text{ год}; \quad t_{r(\text{opt})} = 1,98 \text{ год};$$

$$J_{i(\text{opt})} = 74,8 \text{ см}^3/\text{г}.$$

8. Визначаємо розрахункові об'єми відповідних зон аеротенка:

– зони аерації $W_{at \text{ розр}}$ за [2] ф. 58:

$$W_{at \text{ розр}} = t_{at} \cdot (1 + R_i) \cdot q_w,$$

де $t_{at} = 1,3 \text{ год}$ – тривалість аерації;

$R_i = 0,3$ – ступінь рециркуляції активного мулу;

$$q_w = Q_{\text{сер}} = 2329,6 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$W_{at \text{ розр}} = 1,3 \cdot (1 + 0,3) \cdot 2329,6 = 3848 \text{ м}^3;$$

– зони регенерації $W_{r \text{ розр}}$ за [2] ф. 59:

$$W_{r \text{ розр}} = t_r \cdot R_i \cdot q_w,$$

де $t_r = t_{r(\text{онм})} = 1,98 \text{ год}$;

$R_i = 0,3$ – ступінь рециркуляції активного мулу;

$$q_w = Q_{\text{сер}} = 2329,6 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$W_{r \text{ розр}} = 1,98 \cdot 0,3 \cdot 2329,6 = 1378 \text{ м}^3;$$

– загальний об'єм $W_{\text{заг}} = W_{at \text{ розр}} + W_{r \text{ розр}} = 3848 + 1378 = 5226 \text{ м}^3$.

9. Визначаємо основні геометричні розміри конструкції аеротенку:

– кількість секцій аеротенку n_c ;

– кількість коридорів в секції аеротенку n_k ;

– кількість зон аерації n_a ;

– кількість зон регенерації n_p ;

$$\text{Визначаємо: } K'_p = \frac{W_{r \text{ розр}}}{W_{at \text{ розр}}} = \frac{1378}{3848} = 0,37.$$

За розрахунком $K'_p = 0,37$ приймаємо варіант Д ($n_k = 4$; $n_a = 3$; $n_p = 1$; $K_p = 0,333$).

Так, як $K'_p = 0,37 > K_p = 0,333$, то:

$$W_{at} = W_{at \text{ розр}} = 3848 \text{ м}^3;$$

$$W_r = W_{at \text{ прир}} \cdot K_p = 3848 \cdot 0,333 = 1280,9;$$

$$W'_{\text{заг}} = W_{at} + W_r = 3848 + 1280,9 = 5128,9 \text{ м}^3.$$

Складаємо допоміжну таблицю

$H_k, \text{ м}$	3,2	4,4
$B_k, \text{ м}$	4,5	4,5
$L_k, \text{ м}$	36...66	36...66
$F_{at} = \frac{W'_{\text{заг}}}{H_k}, \text{ м}^2$	1602,2	1165,3

$L'_k = \sqrt{F_{at} \cdot 0,4}, \text{ м}$	35,36	21,7
$L''_k, \text{ м}$ (кратність 1,5 м)	36	-
$B_{at} = \frac{F_{at}}{L''_k}, \text{ м}$	44,6	-
$n_c \cdot n_k = N = \frac{B_{at}}{B_k}$	9,87	-
$n_c \cdot n_k$ ($n_k = 4$)	3 x 4=12	-

За даними таблиці можливі такі варіанти геометричних розмірів аеротенку:

$$1. n_c = 3; n_k = 4; H_k = 3,2 \text{ м}; B_k = 4,5 \text{ м}; L_k = 36 \text{ м}; W_{заг} = 6220,6 \text{ м}^3$$

За меншим можливим значенням $W_{заг}$, кращим є такий варіант:

$$n_c = 3; n_k = 4; H_k = 3,2 \text{ м}; B_k = 4,5 \text{ м}; L_k = 36 \text{ м};$$

$$W_{заг} = 6220,6 \text{ м}^3 > W'_{заг} = 5128,9 \text{ м}^3,$$

який приймається до проектування за фактичними параметрами:

$$W_{at \text{ факт}} = 1555,15 \cdot 3 = 4665,45 \text{ м}^3 > W_{at \text{ розр}} = 3846 \text{ м}^3;$$

$$W_{r \text{ факт}} = 6220,6 / 4 = 1555,15 \text{ м}^3 > W_{r \text{ розр}} = 1280,7 \text{ м}^3;$$

$$F_{at \text{ факт}} = \frac{W_{at \text{ факт}}}{H_k} = \frac{4665,45}{3,2} = 1457 \text{ м}^2;$$

$$F_{r \text{ факт}} = \frac{W_{r \text{ факт}}}{H_k} = \frac{1555,15}{3,2} = 485 \text{ м}^2;$$

$$t_{at \text{ факт}} = \frac{W_{at \text{ факт}}}{(1 + R_i) \cdot q_w} = \frac{4665,45}{(1 + 0,3) \cdot 2329,6} = 1,55 \text{ год};$$

$$t_{r \text{ факт}} = \frac{W_{r \text{ факт}}}{R_i \cdot q_w} = \frac{1555,15}{0,3 \cdot 2329,6} = 2,21 \text{ год}.$$

10. Одним з основних показників ефективності роботи аеротенку є визначення витрат повітря аеротенку:

Загальна витрата повітря за годину:

$$Q_{air\ заг} = Q_{air(at)} + Q_{air(r)},$$

де $Q_{air(at)}$ – витрата повітря в зоні аерації:

$$Q_{air(at)} = F_{at\ факт} \cdot I_{at},$$

де I_{at} – інтенсивність аерації в зоні аерації:

$$I_{at} = \frac{q_{air} \cdot H_{\kappa}}{t_{at\ факт}};$$

$Q_{air(r)}$ – витрата повітря в зоні регенерації:

$$Q_{air(r)} = F_{r\ факт} \cdot I_{at(r)},$$

де $I_{at(r)}$ – інтенсивність аерації в зоні регенерації:

$$I_{at(r)} = \frac{q_{air} \cdot H_{\kappa}}{t_{r\ факт}},$$

де q_{air} – питома витрата повітря, яка визначається за [2] ф. 61:

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

де $q_0 = 1,1$ – питома витрата кисню за [2] п. 6.157, ф. 61;

$K_1 = 2,05$ – коефіцієнт, що враховує тип аератора за [2] табл. 42 в залежності від $f_{az}/f_{at} = 0,6$;

$K_2 = 2,08$ – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів h_a

$$h_a = H_{\kappa} - 0,2 = 3,2 - 0,2 = 3 \text{ м};$$

$K_3 = 0,8$ – коефіцієнт якості води, приймається як для міських стічних вод без СПАР за [2] п. 6.157;

K_T – температурний коефіцієнт, який розраховується за [2] ф. 62 в залежності від T_{CB} :

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{CB} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (17 - 20) = 0,93;$$

C_a – розчинність кисню у стічній воді за [2] ф. 63 в залежності від h_a та C_T ;

C_T – теоретична розчинність кисню у воді при температурі T_{CB} , яка може прийматись за [4] табл. 27 або по залежності кафедри гідравліки та водовідведення:

$$C_T = 19,37 - (46 \cdot T_{CB})^{0,34} = 19,37 - (46 \cdot 16)^{0,34} = 9,92 \text{ мг/л};$$

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{3}{20,6}\right) \cdot 9,9 = 11,36 \text{ мг/л};$$

$C_0 = 2 \text{ мг/л}$ – концентрація кисню в аеротенку, приймається за [2] п. 6.157;

$$q_{air} = \frac{1,1 \cdot (151,9 - 19)}{2,05 \cdot 2,08 \cdot 0,92 \cdot 0,8 \cdot (11,36 - 2)} = 4,88 \text{ м}^3 \text{ повітря/м}^3 \text{ СВ};$$

$$I_{at} = \frac{4,88 \cdot 3,2}{1,55} = 10,35 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год};$$

$$I_{at(r)} = \frac{4,88 \cdot 3,2}{2,21} = 7,16 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год};$$

$$Q_{air(at)} = 1457 \cdot 10,35 = 15119,5 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{air(r)} = 485 \cdot 7,16 = 3494,4 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{air \text{ заг}} = 15119,5 + 3494,4 = 18613,9 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Вибираємо повітродувну станцію продуктивністю $25000 \text{ м}^3/\text{год}$ з 4 установленими агрегатами марки ТВ – 80 – 1,6. Розміри будівлі станції: $30 \times 18 \text{ м}$. Об'єм будівлі 6420 м^3 .

3.4.7. Вторинні відстійники

Другими спорудами, які відносяться до споруд біологічного очищення є вторинні відстійники. В них відбувається осідання відпрацьованого активного мулу.

Вибираємо тип відстійника згідно [3] р. 12.2.1, 12.2.2, 12.2.3. В розглядуваному випадку до встановлення підходять два типи відстійників: горизонтальні з $Q > 15000 \text{ м}^3/\text{добу}$ і радіальні з $Q \geq 20000 \text{ м}^3/\text{добу}$. Перевагу надаємо горизонтальним відстійникам радіального типу.

Розрахунок вторинних відстійників, як і первинних, полягає у визначенні їх кількості n_{setll} та геометричних розмірів D_{setll} .

У відповідності з діючими нормами основним розрахунковим параметром при розрахунку вторинних відстійників є гідравлічне навантаження на поверхню q_{ssa} , яке для відстійників в схемах з аеротенками розраховується за формулою [2] ф. 67:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot K_{ss} \cdot H_{setll}^{0,8}}{(0,11 \cdot J_i \cdot a_i)^{0,5-0,01 \cdot a_i}},$$

де $K_{ss} = 0,4$ – коефіцієнт використання об'єму зони відстоювання для радіальних відстійників;

H_{setll} – глибина відстійника за [3] табл. 12.6;

$H_{setll} = 3,7$ м при $D_{setll} = 18; 24; 30$ м;

$H_{setll} = 4,35$ м при $D_{setll} = 40$ м;

a_i – розрахункова максимальна концентрація завислих речовин в стічних водах після вторинних відстійників, приймається за такими міркуваннями:

$$C_{дозе} \geq a_i > 10 \text{ мг/л}.$$

Приймаємо $a_i = 12$ мг/л

$$19 \geq 12 > 10 \text{ мг/л}$$

$$a_i = 3,18 \text{ мг/л}; J_i = 74,6 \text{ см}^3/\text{Г};$$

$$q_{ssa(1)} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,7^{0,8}}{(0,11 \cdot 74,8 \cdot 3,2)^{0,5-0,01 \cdot 12}} = 1,52 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год};$$

$$q_{ssa(1)} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 4,35^{0,8}}{(0,11 \cdot 74,8 \cdot 3,2)^{0,5-0,01 \cdot 12}} = 1,74 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}.$$

За отриманими значеннями q_{ssa} розраховується необхідна площа вторинних відстійників F_{setll} та їх кількість n_{setll} при різних значеннях f'_{set} – площі поверхні одного відстійника. Відповідні розрахунки зводимо до таблиці.

$D_{setII}, м$	18	24	30	40
$d_{en}, м$	0,7	0,9	1,2	1,5
$H_{setII}, м$	3,7	3,7	3,7	4,35
$q_{ssa}, м^3/м^2 \cdot год$	1,5	1,5	1,5	1,71
$F_{setII} = \frac{Q_{cep}}{q_{ssa}}, м^2$	1553,2	1553,2	1553,2	1362,4
$f'_{set} = \pi \cdot \frac{(D_{setII}^2 - d_{en}^2)}{4}, м^2$	254	451,5	705,4	1252
$n_{setII\ позр} = \frac{F_{setII}}{f'_{set}}$	6,11	3,44	2,2	1,24
$n_{setII\ np}$	7	4	3	2

В результаті розрахунків для використання приймаємо **3** відстійника діаметром 30 м. Встановлюємо 4 відстійника (з яких 1 проектується на перспективу).

3.5. Блок знезараження стічних вод

Звичайно після очищення і перед скидання у водойми стічні води необхідно знезаражувати. Як правило це здійснюється за допомогою хлорування очищеної води. Для цього застосовується блок спеціальних споруд для знезараження, такі як хлоратори, змішувачі і контактні резервуари.

3.5.1. Хлоратори

В якості обладнання для хлорування очищених стічних вод використаємо хлоратори типу ЛОНІІ – 100.

Підбираємо необхідну кількість встановлених хлораторів.

Розраховуємо необхідну годинну кількість активного (газоподібного) хлору, кг/год за формулою:

$$G_{\text{хл}} = \frac{Q_{\text{max}} \cdot d_{\text{хл}} \cdot K_{\text{хл}}}{1000},$$

де $Q_{\text{max}} = 2398,2 \text{ м}^3/\text{год}$ – розрахункова максимальна годинна витрата стічних вод;

$d_{\text{хл}} = 3 \text{ г/л}$ – доза активного хлору за [2] п. 6.223 в залежності від схеми очистки стічних вод;

$K_{\text{хл}} = 1,5$ – коефіцієнт можливого збільшення дози хлору за [2] п. 6.223 прим. 2;

$$G_{\text{хл}} = \frac{2398,2 \cdot 3 \cdot 1,5}{1000} = 10,6 \text{ кг/год}.$$

Приймаємо для використання 2 хлоратори ЛОНІІ – 100 (1 робочий і 1 резервний) з продуктивністю 11,7 кг/год.

3.5.2. Змішувачі

Для змішування очищеної стічної води з хлорною водою застосовуємо „Лоток Паршала” за [3] табл. 16.2 в залежності від добової витрати стічних вод $Q_{\text{заг}}$:

$$Q_{\text{заг}} = 42781,6 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розміри змішувача приймаємо стандартними, м:

Пропускна здатність, м ³ /добу	A	B	C	D	E	H _A	H'	H	L	l'	t	l''	b
32000 – 80000	1,73	0,9	1,3	1,68	1,7	061	0,59	0,63	6,6	7,4	11	13,97	1

3.5.3. Контактні резервуари

Мінімально необхідний час взаємодії очищеної води з хлором здійснюється в контактних резервуарах. В якості останнього в проєкті використовуємо звичайний горизонтальний відстійник.

Розрахунковий об'єм контактного резервуару складе $W_{кр\ розр}, м^3$:

$$W_{кр\ розр} = \frac{Q_{max} \cdot t_{конт} \cdot K_{хл}}{60} = \frac{2398,2 \cdot 30 \cdot 1,5}{60} = 1796 \text{ м}^3,$$

де $t_{конт} = 30 \text{ хв}$ – розрахункова тривалість контакту хлорної води із стічною водою [2] п. 6.228. Вважається, що 30 хвилин контакту стічної води з хлором достатньо для знищення всіх шкідливих мікроорганізмів.

За розрахунком $W_{кр\ розр} = 1796 \text{ м}^3$ і даних за табл. 9 у методичці визначаємо кількість та розміри відділень контактного резервуару:

- ширина відділення $B_{від} = 9 \text{ м}$;
- довжина відділення $L_{від} = 24 \text{ м}$;
- глибина відділення $H_{від} = 2,8 \text{ м}$;
- кількість відділень $n_{від} = 3 \text{ шт}$;
- загальний фактичний об'єм контактного резервуару $W_{кр\ факт}, м^3$:

$$W_{кр\ факт} = B_{від} \cdot L_{від} \cdot H_{від} \cdot n_{від} = 9 \cdot 24 \cdot 2,8 \cdot 3 = 1814,4 \text{ м}^3 > 1796 \text{ м}^3.$$

3.6. Блок обробки твердої фази забруднень

При очищенні стічних вод на очисних спорудах окрім очищеної води сворюється значна кількість твердих відходів. Об'єм цих твердих відходів постійно збільшується. Тому в проєкті необхідно передбачити обробку твердої фази відходів. Серед споруд, які застосовуються для обробки осаду використовуються натупні: мулозгущувачі, метантенки, газгольдери, мулові майданчики.

3.6.1. Мулозгущувачі НАМ

Мулозгущувачі представляють з себе залізобетонні резервуари в яких за рахунок відстоювання надлишкового мулу зменшується його вологість, що дозволяє здійснювати подальшу обробку отриманого осаду. Отриманий осад представляє собою надлишковий активний мул (НАМ).

Визначаємо масу твердої частини НАМ за формулою:

$$M_{me\ НАМ} = \frac{P_i \cdot Q_{заг}}{1000},$$

де P_i – приріст АМ, г/м³, за [2] ф. 60:

$$P_i = 0,8 \cdot C_{ex1} + K_g \cdot L_{en} = 0,8 \cdot 146,2 + 0,3 \cdot 167,99 = 165,2 \text{ г/м}^3,$$

де $K_g = 0,3$ – коефіцієнт приросту АМ за [2] п. 6.148 для міських СВ;

$$M_{mв\ НАМ} = \frac{165,2 \cdot 42781,6}{1000} = 6952,0 \text{ кг/доб.}$$

Визначаємо масу рідкої частини НАМ:

$$M_{p\ НАМ} = \frac{M_{mв\ НАМ} \cdot P_{НАМ}}{(100 - P_{НАМ})} = \frac{6952 \cdot 0,993}{(100 - 99,3)} = 9862 \text{ кг/доб.},$$

де $P_{НАМ} = 99...99,3 \%$.

Визначаємо загальну масу НАМ:

$$M_{НАМ} = M_{mв\ НАМ} + M_{p\ НАМ} = 6952 + 9862 = 16814 \text{ кг/доб.}$$

Визначаємо загальний об'єм НАМ:

$$W_{НАМ} = M_{НАМ} / \gamma_{НАМ} = 16814 / 1,02 = 16484 \text{ м}^3 / \text{доб.},$$

де $\gamma_{НАМ} = 1020 \text{ кг/м}^3$.

За схемою балансу мас НАМ і ЗНАМ приймаємо:

$$M_{mв\ НАМ} = M_{mв\ ЗНАМ} = 16814 \text{ кг/доб.}$$

Визначаємо масу рідкої частини ЗНАМ:

$$M_{p\ ЗНАМ} = \frac{M_{mв\ ЗНАМ} \cdot P_{ЗНАМ}}{(100 - P_{ЗНАМ})} = \frac{16484 \cdot 98}{(100 - 98)} = 807716 \text{ кг/доб.},$$

де $P_{ЗНАМ} = 98 \%$ за [2] табл. 58.

Визначаємо масу мулової води після МЗГ I:

$$M_{MB} = M_{p\text{ НАМ}} - M_{p\text{ ЗНАМ}} = 807716 - 16488 = 791232 \text{ кг/доб.}$$

Визначаємо об'єм мулової води після МЗГ I:

$$W_{MB} = M_{MB} / \gamma_{MB} = 791232 / 1000 = 791,3 \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де $\gamma_{MB} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Визначаємо загальну масу ЗНАМ:

$$M_{\text{ЗНАМ}} = M_{\text{тв ЗНАМ}} + M_{\text{рз НАМ}} = 16484 + 791232 = 807716 \text{ кг/доб.}$$

Визначаємо загальний об'єм ЗНАМ:

$$W_{\text{ЗНАМ}} = W_{\text{НАМ}} - W_{MB} = 16484 - 791,3 = 15693 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розраховуємо необхідний об'єм мулозгущувача МЗГ I:

$$V_{\text{МЗГ I}} = \frac{W_{\text{ЗНАМ}}}{24} \cdot t_{\text{сер.зг}} + \frac{W_{MB}}{24} \cdot t_{\text{накоп}} = \frac{830,3}{24} \cdot 10 + \frac{791,3}{24} \cdot 2 = 482,2 \text{ м}^3,$$

де $t_{\text{сер.зг}} = 10 \text{ год}$ – середня тривалість згущення за [2] табл. 58;

$t_{\text{накоп}} = 2 \text{ год}$ – середня тривалість накопичення мулової води.

Визначаємо кількість та розміри вертикальних МЗГ I (за площею):

$$F_{\text{МЗГ I}} = \frac{W_{\text{НАМ}}}{86400 \cdot v_{\text{ц.м.}}} + \frac{W_{MB} \cdot 1000}{86400 \cdot v_{\text{МЗГ I}}} = \frac{16484}{86400 \cdot 0,1} + \frac{791,3 \cdot 1000}{86400 \cdot 0,1} = 189,38 \text{ м}^2$$

де $v_{\text{ц.м.}} = 0,1 \text{ м/с}$ – швидкість руху НАМ в центральній трубі мулозгущувача;

$v_{\text{МЗГ I}} = 0,1 \text{ м/с}$ – швидкість руху води у вертикальному МЗГ I, приймається за [2] табл. 58.

Для визначення необхідної кількості вертикальних МЗГ I різних діаметрів, складаємо таблицю:

Параметр	Діаметр МЗГ I D_e , м				Примітки
	4	6	9	12	
d_{en} , м	0,2	0,25	0,3	0,35	

$f_{\text{МЗГ I}}, \text{ м}^2$	12,5	28,2	63,5	113	$\frac{\pi \cdot (D_e^2 - d_{en}^2)}{4}$
$n_{\text{МЗГ I розрах}}$	15,15	6,7	2,98	1,67	$\frac{F_{\text{МЗГ I}}}{f_{\text{МЗГ I}}}$
$n_{\text{МЗГ I факт}}$	16	7	3	2	Бажано 2; 3; 4

Приймаємо до встановлення три вертикальних МЗГ I діаметром 9 м та площею $F_{\text{МЗГ I}} = 190,5 \text{ м}^2$.

3.6.2. Метантенки для збродження ЗНАМ і СО I відстійників

Визначаємо масу твердої частини сирого осаду I відстійників:

$$M_{\text{тв СО}} = \frac{Q_{\text{заг}} \cdot (C_{\text{en1}} - C_{\text{ex1 бл.ф}})}{1000} = \frac{42781,6 \cdot (248,4 - 146,1)}{1000} = 10761,8 \text{ кг/доб.}$$

Визначаємо об'єм сирого осаду I відстійників:

$$W_{\text{СО}} = \frac{M_{\text{тв СО}} \cdot 100}{(100 - P_{\text{СО}}) \cdot \gamma_{\text{СО}}} = \frac{10761,8 \cdot 100}{(100 - 94) \cdot 1040} = 122,08 \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де $P_{\text{СО}} = 94 \%$ – вологість сирого осаду;

$\gamma_{\text{СО}} = 1040 \text{ кг/м}^3$ – густина сирого осаду.

Визначаємо масу рідини сирого осаду I відстійників:

$$M_{\text{р СО}} = \frac{M_{\text{тв СО}} \cdot P_{\text{СО}}}{(100 - P_{\text{СО}})} = \frac{10761,8 \cdot 94}{(100 - 94)} = 168605,0 \text{ кг/доб.}$$

Визначаємо загальну масу сирого осаду:

$$M_{\text{СО}} = M_{\text{тв СО}} + M_{\text{р СО}} = 10761,8 + 168605 = 179364 \text{ кг/доб.}$$

Вологість суміші сирого осаду та згущеного НАМ в метантенку:

$$P_{\text{сум}} = \frac{M_{\text{р СО}} + M_{\text{р ЗНАМ}}}{M_{\text{СО}} + M_{\text{ЗНАМ}}} \cdot 100 = \frac{168605 + 862125,6}{179364 + 879720} \cdot 100 \approx 97,3 \%$$

На основі проведених розрахунків визначаємо розрахунковий об'єм метантенку:

$$V_{\text{MT розр}} = \frac{W_{\text{CO}} + W_{\text{ЗНАМ}}}{D_{\text{MT}}} = \frac{84597 + 15693}{10} = 10029 \text{ м}^3,$$

де D_{MT} – добове завантаження метантенку в залежності від режиму зброджування та від $P_{\text{сум}} = 97,3\%$; дорівнює 10%/доб при мезофільному режимі зброджування.

За визначеним $V_{\text{MT розр}} = 10029 \text{ м}^3$ приймаємо до встановлення 2 метантенка загальним об'ємом $V_{\text{MT заг}} = 12000 \text{ м}^3$.

3.6.3. Газгольдери

Визначаємо масу беззольної речовини сирого осаду:

$$\begin{aligned} M_{\text{бз CO}} &= M_{\text{тв CO}} \cdot \frac{(100 - P_{\text{z CO}})}{100} \cdot \frac{(100 - Z_{\text{CO}})}{100} = \\ &= 10761,8 \cdot \frac{(100 - 5)}{100} \cdot \frac{(100 - 27)}{100} = 7465 \text{ кг/доб}, \end{aligned}$$

де $P_{\text{z CO}}$, Z_{CO} – відповідно, гігроскопічна вологість і зольність сирого осаду, приймаємо за [1] стор. 281, відповідно, 5 та 27 %.

Визначаємо масу беззольної речовини ЗНАМ:

$$\begin{aligned} M_{\text{бз ЗНАМ}} &= M_{\text{тв ЗНАМ}} \cdot \frac{(100 - P_{\text{z АМ}})}{100} \cdot \frac{(100 - Z_{\text{АМ}})}{100} = \\ &= 16814 \cdot \frac{(100 - 6)}{100} \cdot \frac{(100 - 25)}{100} = 12405 \text{ кг/доб}, \end{aligned}$$

де $P_{\text{z АМ}}$, $Z_{\text{АМ}}$ – відповідно, гігроскопічна вологість і зольність активного мулу, приймаємо за [1] стор. 281, відповідно, 6 та 25 %.

Визначаємо масу беззольної речовини стабілізованої суміші:

$$M_{\text{бз сум}} = M_{\text{бз CO}} + M_{\text{бз ЗНАМ}} = 7465 + 12405 = 19870 \text{ кг/доб}.$$

Визначаємо максимально можливий теоретичний ступінь зброджування органічної речовини стабілізованої суміші:

$$R_{\text{lim}} = \frac{R_{\text{lim CO}} \cdot M_{\text{бз CO}} + R_{\text{lim ЗНАМ}} \cdot M_{\text{бз ЗНАМ}}}{M_{\text{бз сум}}},$$

де $R_{lim\ CO}, R_{lim\ ЗНАМ}$ – відповідно, максимально можливий теоретичний ступінь зброджування сирого осаду і активного мулу, приймаємо за [2] п. 6.353;
 $R_{lim\ CO} = 53\%; R_{lim\ ЗНАМ} = 44\%;$

$$R_{lim} = \frac{53 \cdot 7465 + 44 \cdot 12405}{19870} = 47,4\% .$$

Визначаємо розпад беззольної речовини стабілізованої суміші:

$$R_r = R_{lim} - K_r \cdot D_{mm} ,$$

де K_r – параметричний коефіцієнт згідно [2] табл. 61 в залежності від режиму зброджування та від $P_{сум} = 97,3\%$; дорівнює 0,4 при мезофільному режимі зброджування;

D_{mm} – добове завантаження метантенку в залежності від режиму зброджування та від $P_{сум} = 97,3\%$; дорівнює 10%/доб при мезофільному режимі зброджування;

$$R_r = 47,4 - 0,4 \cdot 10 = 43,4\% .$$

Визначаємо ступінь розпаду беззольної речовини:

$$A = R_r / 100 = 43,4 / 100 = 0,434 \text{ кг розп бз} / \text{кг бз} .$$

Визначаємо питомий вихід газу при зброджуванні стабілізованої суміші:

$$Y = \frac{A \cdot m_r}{\gamma_r} = \frac{0,434 \cdot 1}{1} = 0,434 \text{ м}^3 / \text{кг бз} ,$$

де m_r – питомий вихід газу (кг) на 1 кг розпадаючої беззольної речовини, приймаємо за [2] п. 6.354, дорівнює $1 \text{ кг газу} / \text{кг розп бз}$;

γ_r – об'ємна маса газу, приймаємо за [2] п. 6.354, дорівнює $1 \text{ м}^3 / \text{кг бз}$.

Визначаємо добовий об'єм газу при зброджуванні стабілізованої суміші:

$$W_r = M_{бз\ сум} \cdot Y = 19870 \cdot 0,434 = 8624 \text{ м}^3 / \text{доб} .$$

Визначаємо необхідний об'єм газгольдерів:

$$V_{зг} = \frac{W_r}{24} \cdot t_{накоп\ з} ,$$

де $t_{\text{накоп.г}}$ – тривалість накопичення газу в газгольдері, приймається за [2] п.

6.359, дорівнює 3 год;

$$V_{\text{гзг}} = \frac{8624}{24} \cdot 3 = 1078 \text{ м}^3.$$

За визначеним $V_{\text{гзг}} = 1078 \text{ м}^3$ добираємо типорозмір (згідно [3] табл.

36.6) та кількість (не менше 2) газгольдерів.

Конструктивні розміри газгольдерів кількістю 2 шт., $V_{\text{гзг заг}} = 1200 \text{ м}^3$.

Номер типового проекту	Об'єм газгольдеру, м^3	Внутрішній діаметр, мм		Висота, мм			Витрата матеріалу, т
		резервуару	колоколу	газгольдеру	резервуару	колоколу	
7-07-03/66	600	11480	10680	15400	7390	7610	41,1

3.6.4. Вакуум-фільтри

Для зменшення об'єму отриманого в результаті очищення осаду можна застосовувати як вакуум-фільтри, так і мулові майданчики. Застосування фільтр-пресів дозволяє зекономити площу майданчик очисних споруд. У випадку застосування фільтр-пресів, їх необхідна площа робочої поверхні визначається за залежністю:

$$F_{\text{в.ф.}} = \frac{M_{\text{мс CO}} + M_{\text{мс ЗНАМ}}}{b \cdot t_{\text{в.ф.}} \cdot n_{\text{в.ф.}}},$$

де b – навантаження за сухою речовиною на поверхню вакуум-фільтра, прий-маємо за [2] табл. 62, дорівнює $25 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$;

$t_{\text{в.ф.}} = 6 \text{ год/змін}$ – тривалість роботи вакуум-фільтру на протязі 8-годинної зміни;

$n_{\text{в.ф.}} = 2 \text{ змін/доб}$ – кількість змін роботи вакуум-фільтру на протязі доби;

$$F_{\text{в.ф.}} = \frac{10761,8 + 16684}{25 \cdot 6 \cdot 2} = 91,5 \text{ м}^2.$$

Приймаємо до встановлення 3 вакуум-фільтрів, загально площею

$$F_{\text{в.ф. заг}} = 120 \text{ м}^2.$$

Показник	
Площа робочої поверхні вакуум-фільтру, м ²	40
Діаметр барабану, мм	3000
Довжина барабану, мм	4400
Частота обертів барабану, об/хв.	0,436-1,178
Об'єм рідини в кориті, л	3000
Потужність приводу електродвигуна, кВт	3,4-4,1
Габаритні розміри, мм	6650×4300×3640
Маса, кг	
фільтру з приводами	17880
найбільш важкого вмонтованого вузла	10300

3.6.5. Резервні мулові майданчики (РММ)

У випадку, коли фільтр-преси не працюють, для обробки і підсушки зневодненого мулу в проєкті передбачено застосування резервних мулових майданчиків. При цьому дані майданчики як правило працюють періодично і служать резервними.

РММ проєктуються в розрахунку на зневоднення до 20% річного об'єму стабілізованої суміші.

Визначаємо добовий об'єм стабілізованої суміші:

$$W_{Cm.C} = W_{CO} + W_{ЗНАМ} = 172,5 + 830,4 = 1002,9 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Визначаємо площу робочої частини РММ:

$$F_{\text{роб РММ}} = W_{Cm.C} \cdot 0,2 \cdot \frac{365}{a_{\text{мм}}},$$

де $a_{\text{мм}} = 1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$ – річне навантаження на мулові майданчики, приймається за [2] табл. 64;

$$F_{\text{роб РММ}} = 1002,9 \cdot 0,2 \cdot \frac{365}{1,5} = 48808 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу зимового наморожування на РММ:

$$F_{\text{зим}} = W_{Cm.C} \cdot 0,2 \cdot \frac{t_{\text{зим}}}{h_{\text{зим}}} \cdot K_{\text{зим}},$$

де $t_{зим}$ – тривалість зимового наморожування, приймається за [2] рис.3 для України 25 дорівнює діб;

$h_{зим}$ – висота шару зимового наморожування, приймається за [2] п. 6.395, дорівнює 0,8 м;

$K_{зим}$ – коефіцієнт резервування площі РММ для зимового заморожування, приймається за [2] п. 6.395, дорівнює 0,2;

$$F_{зим} = 1002,9 \cdot 0,2 \cdot \frac{25}{0,8} \cdot 0,2 = 1253,6 \text{ м}^2.$$

Визначаємо загальну площу РММ:

$$F_{РММ} = F_{зим} + F_{роб \text{ РММ}} = 48808 + 1253,6 = 50062 \text{ м}^2.$$

За отриманим значенням $F_{РММ} = 50062 \text{ м}^2$ проектуємо необхідну кількість карт РММ, виходячи із рекомендованих розмірів окремих карт.

Приймаємо 18 карт РММ розмірами:

- ширина 50 м;
- довжина 60 м;
- площа однієї карти 3000 м².

Загальна площа усіх карт складає: $F_{заг \text{ РММ}} = 54000 \text{ м}^2$.

Розділ 4.

САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Консультант

/ _____ /

Здобувач

/ _____ /

4.1. Вихідні дані для розрахунку

Розміри будинку в плані: 28 м x 12,0 м.

Периметр будинку становить – 80,0 м. Для поливу прилеглої до будинку території проектуємо 2 поливальних крани в зовнішній капітальній стінці будинку.

Для поливу приймаємо прилеглу зону до будинку шириною 10 м.

У відповідності з будівельними нормами приймаємо норми поливу: зелені насадження – 4,5 л на м²; тротуари – 0,5 л на м². Площа зелених насаджень для поливу складає 400 м², площа тротуарів - 200 м². Тоді, добова витрата води на полив прилеглої до будинку території складе:

$$Q_{\text{полив}} = 400 \cdot 4,5 + 200 \cdot 0,5 = 1800 + 100 = 1,9 \text{ м}^3 \text{ на добу.}$$

Загальна висота будинку становить: цоколь – 1,5 м, поверхи 3*1 = 39 м, технічний поверх – 2,0 м. Тоді об'єм будинку буде:

$$W = 28 \cdot 12 \cdot 39,5 = 14300 \text{ м}^3$$

За [2, табл. 4] приймаємо витрату на зовнішнє пожежогасіння 20 л/с. Зовнішнє пожежогасіння передбачається здійснювати від найближчого пожежного гідранта, який встановлений на міській водопровідній мережі.

Згідно завдання на кожному поверсі розміщено 4 квартири.

В кожній квартирі встановлено по 4 прилади, що споживають холодну воду і 3 - гарячу.

Тоді, розрахункова кількість санітарно-технічних приладів, що споживають холоду воду складе

$$N_{\text{хол}} = 4 \cdot 4 \cdot 13 = 208 \text{ шт.}$$

$$\text{Гарячу} \quad N_{\text{гар}} = 3 \cdot 4 \cdot 13 = 156 \text{ шт.}$$

За архітектурним завданням в проектуємому будинку (52 квартир) буде проживати $U = 208$ особи.

У відповідності до [1, табл. А1] норма водоспоживання на одну особу за добу складає: холодної води – 150 л, гарячої – 100 л. За добу усі мешканці будинку споживають води:

холодної	$Q_{\text{хол}} = 150 \cdot 208 = 31,2 \text{ м}^3/\text{добу},$
гарячої	$Q_{\text{гар}} = 100 \cdot 208 = 20,8 \text{ м}^3/\text{добу},$
всього	$Q_{\text{tot}} = 31,2 + 20,8 = 52,0 \text{ м}^3/\text{добу}.$

При цьому середньогодинні витрати води одним мешканцем (q_m) становлять: холодної – $150/24=6,25$ л, гарячої – $100/24=4,17$ л, всього – $250/24=10,42$ л.

Тоді середньогодинні витрати води будинком (всіма мешканцями): холодної – $6,25 \cdot 208/1000=1,3 \text{ м}^3$, гарячої – $4,17 \cdot 208/1000=0,87 \text{ м}^3$, всього $10,42 \cdot 208/1000=2,17 \text{ м}^3$.

При цьому, у відповідності до [1, табл. А4] коефіцієнти максимальної добової нерівномірності складають при: $N=208$, $q_m=6,25$ л – 1,53 (холодна вода); $N=156$, $q_m=4,17$ л – 1,53 (гаряча вода); $N=208$, $q_m=10,42$ л – 1,38 (всього).

З урахуванням цього, максимальні добові витрати води будинком (мешканцями): холодної – $31,2 \cdot 1,53=47,74 \text{ м}^3$, гарячої – $20,8 \cdot 1,53=31,82 \text{ м}^3$, всього – $52 \cdot 1,38=71,76 \text{ м}^3$.

При цьому максимальна секундна витрата води в будинку (мешканцями) за [1, табл. А5]: холодної – 1,62 л/с, гарячої – 1,16 л/с, всього – 2,78 л/с.

4.2. Гідравлічний розрахунок системи В2 внутрішнього водопроводу (система внутрішнього пожежогасіння)

У відповідності з діючими нормами внутрішнє пожежогасіння в проєктуємому житловому житловому будинку від внутрішніх пожежних кранів, встановлених біля сходинок клітинок на кожному поверсі. Пожежні крани розміщуються в спеціальних приставних ящиках. Висота встановлення пожежного крану приймається 1,35 м від рівня чистої підлоги. В проєкті прийнято пожежогасіння в одну струмину з розрахунковою витратою 2,5 л/с. Діаметр пожежних кранів прийнято 50 мм, довжина пожежного шлангу 20 м,

діаметр брандспойта 16 мм. Висота пожежного стояка з урахуванням підвальних приміщень 39,5 м. При розрахунках необхідного напору висота компактної частини струмини прийнята 6 м, а мінімальний напір біля пожежного крану становить 10 м. При гідравлічному розрахунку трубопроводів на випадок пожежі швидкості руху води допускаються до 3 м/с.

Результати гідравлічного розрахунку системи внутрішнього холодного водопроводу на випадок пожежі зводимо в табл.4.1.

Таблиця 4.1

Розрахунок мережі В2 (2,5 л/с)

№ ділянки	q, л/с	d, мм	v, м/с	1000i, мм/м	Довжина ділянки l, м	Втрати напорі по довжині, м	Коефіцієнт, що враховує місцеві втрати напорі	Загальні втрати напорі, м
1-2	2,5	50	1,18	69,63	42,25	2,94	0,1	3,24
2-3	2,5	50	1,18	69,63	8,5	0,59	0,1	0,66
Сумарні втрати напорі								3,90

За результатами розрахунку максимальний тиск в системі В2 повинен бути $(42,75+3,88) \times 0,00981 + 0,096 = 0,55$ МПа.

У відповідності з [1, п. 8,6] тиск поруч з пожежним краном не повинен перевищувати 0,4 МПа, тому зайвий напір – $(0,55-0,4)/0,00981 = 15,3$ м.

Для забезпечення цього на перших чотирьох поверхах потрібно між пожежним краном і з'єднувальною головкою встановити регулятор тиску.

Глибина залягання труби міського водопроводу в місці підключення дворової мережі 1,8 м. Різниця відміток поверхні землі поруч з колодязем 4 (55,09) і та вводом водопроводу до будинку (54,35) – 0,74 м. Відмітка вводу водопроводу до будинку -1,500, а всмоктувальної частини помпи $-((1,9+0,4)-0,5) = -1,800$. Умовна відмітка труби в колодязі 4 становить

$-1,5+0,74-1,8=-2,56$. Підйом на висоту 0,47 м або $0,47 \times 0,00981=0,01$ МПа.

Напір помпи повинен бути $0,55-0,2+0,01+2,79 \times 0,00981=0,37$ МПа (39,5 м). Витрата – 2,5 л/с.

4.3. Гідралічний розрахунок внутрішньої мережі К2

Для відводу дощових і талих вод від проєктуємого будинку в ньому проєктується система внутрішнього водостоку. У відповідності з діючими нормами [1, розділ 22.1] для м. Києва параметр $q_{20} = 104$ л/с з 1 га площі. Тобто q_{20} витрата 20 – ти хвилинного дощу при періоді однократного перевищення розрахункової інтенсивності, яка дорівнює 1 року.

Результати розрахунку наведено в табл.4.2.

Таблиця 4.2

Розрахунок внутрішньої мережі К2

Довжина короткої сторони будинку, м	Довжина довгої сторони будинку, м	Довжина шляху дощової води по покрівлі, м	q^{20}	Середній нахил покрівлі	В	К	r	Q, л/с	d, мм
12,0	28,0	13,5	104	0,02	8,4	2,9	0,03	9,7	100

При визначенні площі водозабору також необхідно враховувати 30% сумарної площі стін, які піднімаються над покрівлею (їх висота 1,5 м)

$$F=12 \times 28,0+0,3((12+28,0) \times 2 \times 1,5+3 \times 3 \times 3)=336+60+27,0=423,3 \text{ м}^2.$$

Витрата Q, л/с розрахована за формулою 21 [1] з коефіцієнтом ризику $k_R = 1$ [1, табл. 18], мінімальна розрахункова інтенсивність дощу, л/(с·м²) r розрахована за формулою 22 [1], параметр В – за формулою 23 [1], а коефіцієнт К знайдено за рис. 1 [1]. Параметр n потрібен для знаходження коефіцієнта К прийнятий 0,7 [4].

На кровлі для відводу дощових вод встановлено дві водоприймальні воронки. На горищі ці воронки об'єднуються і труба відводиться один стояк. В проєкті стояк монтується з поліетиленових напірних труб діаметром 85 мм. Від стояка дощові води відводяться в зовнішню мережу дощового водовідведення.

4.4. Гідралічний розрахунок внутрішньої мережі господарсько-питного водопроводу В1

За планами поверхів і плану підвалу для розрахунку накреслюємо аксонометричну схему господарсько-питного водопроводу, яка приведена на листі 4. Перед гідралічним розрахунком визначаємо магістральний напрямок (магістраль). В нашому випадку магістраллю будемо вважати напрямок від змішувача ванни стояка Ст.В1-6 на тринадцятому поверсі до підвищувального насосу в підвальному приміщенні. Розрахунок системи В1 для пропуску господарсько-питної витрати здійснюємо з одночасним врахуванням роботи спринклерної головки наведено. Результати розрахунків приведені в таблиці 3. Для застосування використовуємо пластикові напірні труби. Гідралічний розрахунок, підбір діаметрів і втрат напору здійснюємо з використанням табл. Шевелева.

4.5. Розрахунок втрат напору в квартирному лічильнику холодної води

В кожній квартирі в будинку для врахування витраченої води встановлюється квартирний лічильник. Приймаємо крильчатий лічильник марки ВСКМ-15. Визначаємо втрати напору в квартирному лічильнику води при пропуску розрахункової витрати:

$$h = S q^2 = 14,5 \times 0,24^2 = 0,85 \text{ м.}$$

4.6. Розрахунок калібру та втрат напору в домовому лічильнику холодної води системи В1

Для врахування витраченої води у всьому будинку на ввіді в будинок встановлюється основний лічильник. Для використання застосовуємо крильчатий лічильник ВСКМ - 40 з експлуатаційною витратою 6,4 м³/год.

Втрати напору в лічильнику на пропуск максимальної господарсько-питної витрати буде становити:

$$h = Sq^2 = 0,5 \times 1,62^2 = 1,31 < 5 \text{ м.}$$

При одночасному пропуску через лічильник масимальної секундної витрати і витрати спринклерної головки втрати напору складуть:

$$h = Sq^2 = 0,5 \times 3,42^2 = 5,85 < 10 \text{ м.}$$

Результати розрахунків зводимо в табл.3

Таблиця 4.3

Розрахунок внутрішньої мережі В1 в режимі гасіння пожежі при максимальному водоспоживанні (визначення діаметрів труб)

№ ділянки	Кількість приладів N, шт	Витрати води на ділянці, л/с	Витрата води спринклерною	Загальна витрата води на	Умовний діаметр труб d, мм	Швидкість v, м/с	Питомі втрати напору, мм/м	Довжина розрахункової ділянки L, м	Втрати напору по довжині ділянки м	Коефіцієнт, який враховує місцеві втрати напору k.	Загальні втрати напору, м
1-2	1	0,23	0	0,23	16	1,95	509,4	1,7	0,87	0,3	1,14
2-3	2	0,24	0	0,24	16	2,03	550,7	1,0	0,55		0,73
3-4	3	0,25	0	0,25	16	2,12	592,4	0,6	0,36		0,48
4-5	3	0,25	0	0,25	25	0,73	47,2	3,3	0,16		0,22
5-6	6	0,28	0	0,28	25	0,82	58,0	3,3	0,19		0,26

6-7	9	0,32	0	0,32	25	0,95	74,0	3,3	0,24		0,32
7-8	12	0,35	0	0,35	25	1,04	87,4	3,3	0,29		0,39
8-9	15	0,38	0	0,38	25	1,13	101,2	3,3	0,33		0,44
9-10	18	0,41	0	0,41	25	1,22	115,9	3,3	0,38		0,48
10-11	21	0,44	0	0,44	25	1,32	132,1	3,3	0,44		0,58
11-12	24	0,46	0	0,46	25	1,38	142,8	3,3	0,47		0,62
12-13	27	0,48	0	0,48	32	0,87	45,1	3,3	0,15		0,21
13-14	30	0,51	0	0,51	32	0,93	52,1	3,3	0,17		0,23
14-15	33	0,53	0	0,53	32	0,97	55,9	3,3	0,18		0,24
15-16	36	0,56	0	0,56	32	1,02	61,7	3,3	0,20		0,27
16-17	39	0,58	0	0,58	32	1,06	65,6	10	0,66		0,87
17-18	52	0,66	0	0,66	32	1,21	83,0	2,5	0,21		0,28
18-19	104	1,02	0	1,02	40	1,22	64,2	0,7	0,04		0,06
19-20	104	1,02	1,8	2,82	50	2,15	134,8	0,7	0,09		0,13
20-21	156	1,33	1,8	3,13	50	2,38	160,9	2,5	0,40		0,53
21-22	169	1,41	1,8	3,21	50	2,45	169,3	2,4	0,41		0,53
22-23	208	1,63	1,8	3,43	50	2,61	190,5	3	0,57		0,75
					29,6	1,37		64,7			9,58
Середні втрати напору на розрахунковому напрямку 0,16											
Розрахунок ділянок на пропуск води до споживачів без пожежної витрати до спринклерної головки											
19-20	104	1,02	0	1,02	50	0,77	22,4	0,7	0,02	0,3	0,03
20-21	156	1,33	0	1,33	50	1,01	35,1	2,5	0,09		0,13
21-22	169	1,41	0	1,41	50	1,07	39,1	2,4	0,09		0,13
22-23	208	1,63	0	1,63	50	1,23	50,4	3	0,15		0,21
					29,6	1,14		64,7			8,14
Середні втрати напору на розрахунковому напрямку 0,13											

4.7. Необхідний напір насосу системи В1

У відповідності до [1, п. 6.6] максимальний тиск води в системі В1 на відмітці найбільш низько розташованої арматури не повинен перевищувати 0,45 МПа. В розглядуваному випадку така арматура знаходиться на рівні вводу в квартиру першого поверху.

Висота підйому води $12 \times 3,0 + 0,4 + (1,9 - 0,5) + 2,2 = 39,5$ м (від насосу в підвальному приміщенні до змішувача ванни на 13 поверсі, висота розташування якої – 2,2 м над рівнем підлоги).

Втрати води в квартирному лічильнику – 0,85 м.

Максимальний тиск в системі В1 повинен бути $(39,5 + 9,58) \times 0,00981 + 0,2 = 0,62$ МПа.

Зайвий тиск в системі $0,62 - 0,45 = 0,17$ МПа, переводимо в метри $0,27 / 0,00981 = 17,52$ м.

Від помпи (підвальне приміщення) до найнижчого приладу першого поверху (унітаз, залежить від конструкції, для проекту приймаємо 0,7 м) відстань дорівнює $0,4 + 0,7 + (1,9 - 0,5) = 2,5$ м. Різниця складає $17,52 - 2,5 = 15,02$ м, при цьому на нижніх 8 поверхах необхідно встановити регулятори тиску.

З врахуванням відміток землі на вводі в будинок і глибини залягання трубопроводу міського водопроводу необхідний напір насосу повине становити мінімум 0,45 МПа (46,1) м). При цьому витрата повинна становити 1,63 л/с.

4.8. Гідравлічний розрахунок внутрішньої мережі Т3 (Т4)

У відповідності із завданням будівля проектуємого житлового будинку обладнується системою централізованого гарячого водопостачання. Як відомо, в загальному випадку розрахунок системи централізованого гарячого водопостачання складається з двох частин, тобто розрахунок ведеться на два

режими роботи: режим максимального гарячого водопостачання і режим циркуляції.

Розрахунок характеристик роботи системи в режимі максимального водоспоживання повністю аналогічний розрахунку холодного водопроводу. Визначення розрахункових витрат води, діаметрів трубопроводів а також втрат напору в подавальній частині також виконуємо в табличній формі використовуючи таблиці Шевелєва. Труби приймаємо сталеві водогазопровідні оцинковані.

Аксонетрична схема внутрішньої системи ТЗ(Т4) наведено на арк. 4. Методика розрахунку аналогічна розрахунку холодного водопроводу. Визначаємо диктувальний прилад (ним також прийнято змішувач ванни на верхньому поверсі. Магістраллю також буде напрямом від змішувача ванни на 13 поверсі до насосу в підвальному приміщенні. Розрахунковий стояк Ст. ТЗ-6. Результати гідравлічного розрахунку подавальної частини системи гарячого водопостачання приведені в табл.4.4.

Таблиця 4.4

Розрахунок внутрішньої мережі ТЗ в режимі максимального водоспоживання

№ ділянки	Кількість приладів N шт	Витрати води на ділянці л/с	Умовний діаметр труби d мм	Швидкість v, м/с	Питомі втрати напору, мм/м	Довжина розрахункової	Втрати напору по довжині ділянки, м	Коефіцієнт, який враховує місцеві	Загальні втрати напору, м
1-2	1	0,17	15	1,00	266,2	1,7	0,45	0,1	0,50
2-3	2	0,18	15	1,06	296,1	1,6	0,47	0,1	0,52
3-4	2	0,18	20	0,56	60,6	3,3	0,20	0,1	0,22
4-5	4	0,20	20	0,62	73,5	3,3	0,24	0,1	0,26
5-6	6	0,22	20	0,68	88,5	3,3	0,29	0,1	0,32
6-7	8	0,24	20	0,74	103,2	3,3	0,34	0,1	0,37
7-8	10	0,26	20	0,81	119,4	3,3	0,39	0,1	0,43

8-9	12	0,28	20	0,88	137,4	3,3	0,45	0,1	0,50
9-10	14	0,31	20	0,97	165,3	3,3	0,55	0,1	0,61
10-11	16	0,32	20	1,00	175,7	3,3	0,58	0,1	0,64
11-12	18	0,33	20	1,03	186,2	3,3	0,61	0,1	0,67
12-13	20	0,35	20	1,09	206,4	3,3	0,68	0,1	0,75
13-14	22	0,37	20	1,14	230,2	3,3	0,76	0,1	0,84
14-15	24	0,38	20	1,19	242,1	3,3	0,80	0,1	0,88
15-16	26	0,40	20	1,25	266,6	4,0	1,07	0,1	1,18
16-17	26	0,40	25	0,75	73,5	8,5	0,62	0,2	0,74
17-18	39	0,49	25	0,92	108,7	2,0	0,22	0,2	0,26
18-19	78	0,73	25	1,36	228,1	1,3	0,30	0,2	0,36
19-20	117	0,95	32	0,99	85,1	2,0	0,17	0,2	0,20
20-21	130	1,03	32	1,07	99,6	1,0	0,10	0,2	0,12
21-22	156	1,16	40	0,92	62,1	47	2,92	0,2	3,50
			21	0,91		108,7			13,87
Середні втрати напору на розрахунковому напрямку 0,14									

Втрати напору на розрахунковому напрямку складають 13,87 м в режимі максимального водоспоживання гарячої води.

Для визначення циркуляційної витрати води знайдемо у відповідності до [1, п. 5.3, ф.6] величину теплового потоку в годину максимального водоспоживання, за скоригованою формулою:

$$Q_{hr}^h = 1,15q_{hr}^h (55 - 5), \text{кВт}$$

Годинну витрату гарячої води (година максимального споживання) знайдемо за [1, табл. А5] для 156 приладів, що споживають гарячу воду та розташовані в житлових квартирах та середньою годинною витратою води одним мешканцем – 4,17 л/год. Вона дорівнює – 2,65 м³/год.

Тоді розрахунковий тепловий потік на потреби гарячого водоспоживання в холодну пору року становить: 1,15x2,65x(55-5)=152,4 кВт,

без теплових втрат. І при 5% теплових втрат від величини теплового потоку отримаємо значення 7,62 кВт.

У відповідності до [1, п.12.4, ф.11] циркуляційна витрата води в системі повинна компенсувати ці теплові втрати.

$$q_{\text{cir}}=7,62/(0,988 \times 4,19 \times 5)=0,37 \text{ л/с.}$$

Від помпи по подавальному стояку на горище буде надходити в режимі циркуляції 0,37 л/с гарячої води, далі 0,092 л/с буде надходити до стояків ТЗ-3, ТЗ-4; 0,062 л/с буде надходити до стояків ТЗ-1, ТЗ-6; 0,031 л/с – до стояків ТЗ-2, ТЗ-5. Різні тепловтрати в розподільчій системі на горищі до окремих стояків будуть корегувати термостатичні клапани.

Діаметри труб циркуляційної частини системи гарячого водопостачання підбираємо у відповідності до [1, п.12.6], а саме при швидкостях руху води в діапазоні 0,2-0,5 м/с. Розрахунок мережі гарячого водопостачання в режимі циркуляції наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Розрахунок внутрішньої мережі ТЗ в режимі максимального водоспоживання

№ ділянки	Кількість приладів N шт	Витрати води на ділянці л/с	Умовний діаметр труб d мм	Швидкість v, м/с	Питомі втрати напору, мм/м	Довжина розрахункової	Втрати напору по довжині ділянки, м	Коефіцієнт, який враховує місцеві	Загальні втрати напору, м
1-2	1	0,17	15	1,00	266,2	1,7	0,45	0,1	0,50
2-3	2	0,18	15	1,06	296,1	1,6	0,47	0,1	0,52
3-4	2	0,18	20	0,56	60,6	3,3	0,20	0,1	0,22
4-5	4	0,20	20	0,62	73,5	3,3	0,24	0,1	0,26
5-6	6	0,22	20	0,68	88,5	3,3	0,29	0,1	0,32
6-7	8	0,24	20	0,74	103,2	3,3	0,34	0,1	0,37
7-8	10	0,26	20	0,81	119,4	3,3	0,39	0,1	0,43

8-9	12	0,28	20	0,88	137,4	3,3	0,45	0,1	0,50
9-10	14	0,31	20	0,97	165,3	3,3	0,55	0,1	0,61
10-11	16	0,32	20	1,00	175,7	3,3	0,58	0,1	0,64
11-12	18	0,33	20	1,03	186,2	3,3	0,61	0,1	0,67
12-13	20	0,35	20	1,09	206,4	3,3	0,68	0,1	0,75
13-14	22	0,37	20	1,14	230,2	3,3	0,76	0,1	0,84
14-15	24	0,38	20	1,19	242,1	3,3	0,80	0,1	0,88
15-16	26	0,40	20	1,25	266,6	4,0	1,07	0,1	1,18
16-17	26	0,40	25	0,75	73,5	8,5	0,62	0,2	0,74
17-18	39	0,49	25	0,92	108,7	2,0	0,22	0,2	0,26
18-19	78	0,73	25	1,36	228,1	1,3	0,30	0,2	0,36
19-20	117	0,95	32	0,99	85,1	2,0	0,17	0,2	0,20
20-21	130	1,03	32	1,07	99,6	1,0	0,10	0,2	0,12
21-22	156	1,16	40	0,92	62,1	47	2,92	0,2	3,50
			21	0,91		108,7			13,87
Середні втрати напору на розрахунковому напрямку 0,14									

Оцінимо приблизно довжину мережі гарячого водопостачання будинку. $13 \times 3,3 + 1,9 = 44,8$ м (один стояк). $44,8 \times 7 = 313,6$ м (шість водорозбірних та подавальний). $28 + 32 = 60$ м (трасування на горищі та в підвалі). $313,6 + 60 \approx 375$ м.

Таблиця 4.6

Розрахунок внутрішньої мережі ТЗ в режимі циркуляції (визначення діаметрів труб циркуляційної частини мережі)

№ ділянки	Кількість приладів N, шт	Витрати води на ділянку, л/с	Умовний діаметр труб d, мм	Швидкість v, м/с	Питомі втрати напору, мм/м	Довжина розрахункової ділянки L, м	Втрати напору по довжині ділянки, м	Коефіцієнт, який враховує місцеві втрати напору k_L	Загальні втрати напору, м
3-4	2	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
4-5	4	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
5-6	6	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
6-7	8	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
7-8	10	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
8-9	12	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
9-10	14	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
10-11	16	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
11-12	18	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
12-13	20	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
13-14	22	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
14-15	24	0,062	20	0,2	9,84	3,3	0,03	0,1	0,033
15-16	26	0,062	20	0,2	9,84	4,0	0,04	0,1	0,044
16-17	26	0,062	25	0,2	9,84	8,5	0,08	0,2	0,096
17-18	39	0,092	25	0,22	8,44	2,0	0,02	0,2	0,024
18-19	78	0,184	25	0,35	18,2	1,3	0,02	0,2	0,024
19-20	117	0,276	32	0,28	9,1	2,0	0,02	0,2	0,024
20-21	130	0,307	32	0,33	14,5	1,0	0,02	0,2	0,024
21-22	156	0,37	40	0,30	9,7	47	0,46	0,2	0,552
				0,23		105,4			1,184
Циркуляційна частина									
3-23	26	0,062	20	0,2	9,84	9,0	0,09	0,2	0,108
23-24	39	0,092	20	0,29	18,4	2,0	0,04	0,2	0,048
24-25	78	0,184	25	0,35	18,2	1,3	0,02	0,2	0,024
25-26	117	0,276	32	0,28	9,1	2,0	0,03	0,2	0,036
26-27	130	0,307	32	0,33	14,5	1,0	0,02	0,2	0,024
27-28	156	0,37	32	0,39	19,0	3,0	0,06	0,2	0,072
						18,3			0,312
Всього									1,5
Втрати напору на розрахунковому напрямку 0,013 МПа									

Теплові втрати на 1м $7620/375=20,3$ Вт/м, а [1, п.5,3] вимагає 11 Вт/м (горище, підвал) та 7 Вт/м (стояки). Для нашого випадку середні втрати тепла дорівнюють: $(313,6 \times 7 + 60 \times 11) / 375 = 7,6$ Вт/м. А втрати тепла у відсотках повинні бути $20,3 / 7,6 = 2,67$.

Втрати напору в квартирному лічильнику гарячої води:

$$h = S q^2 = 14,5 \times 0,19^2 = 0,53 \text{ м.}$$

4.9. Необхідний напір насосу Т3 (Т4)

Максимальний тиск води в системі Т3(Т4) на відмітці найбільш низько розташованих санітарно-технічних приладів не повинен перевищувати 0,45 МПа. В нашому випадку квартири першого поверху. На останньому поверсі приймаємо надлишковий тиск на приладах 0,2 МПа [1, п.6.6].

Висота підйому води $12 \times 3,3 + 0,4 + (1,9 - 0,5) + 2,2 = 39,4$ м (від помпи в підвальному приміщенні до душової сітки ванни на 13 поверсі (висота розташування якої – 2,2 м над рівнем підлоги).

Втрати напору до розрахункового приладу на 13 поверсі (див. табл. 8) – 7,24 м. Якщо забезпечити водою душову сітку на 13 поверсі, то всі інші поверхи будуть мати воду з відповідними параметрами.

Втрати в квартирному лічильнику – 0,53 м.

Максимальний тиск в системі Т3(Т4) повинен бути:

$$(39,4 + 7,24 + 0,52) \times 0,00981 + 0,2 = 0,65 \text{ МПа.}$$

Маємо зайвий тиск в системі $0,65 - 0,45 = 0,15$ МПа або 15,5 м.

Насоси гарячої води встановлюються в підвалі недалеко від насосів холодної води. На 7 нижніх поверхах також потрібно встановлювати регулятори тиску.

Для гарячого водопостачання також встановлюємо насоси з тиском 0,52 МПа (53,0 м). Максимальна секундна витрата – 1,16 л/с.

4.10. Система внутрішньої каналізації (К1)

Розрахункова витрата господарсько-побутових стічних вод від проєктуємого житлового будинку складає 2,78 л/с. Кількість каналізаційних стояків в будинку – шість. В середньому витрата на каналізаційний стояк складає 0,17 л/с.

Монтаж каналізаційних стояків здійснюється поліетиленових труб діаметром 100 мм. Оскільки всі стояки відводять стічні води від унітазів.

Для можливості прочищення труб внутрішньої каналізаційної мережі застосовують ревізії і прочистки. Ревізії облаштовуються на всіх стояках на 1, 4, 8, 11, 13 поверхах на висоті 1 м над рівнем підлоги. Витяжну частину кожного стояка виводимо над покрівлею на висоту не менше 0,3 м.

При підключенні всіх санітарних приладів до внутрішньої каналізаційної мережі завжди застосовуються гідравлічні затвори (сифони).

На горизонтальних ділянках і на всіх поворотах в підвалі на каналізаційних трубах встановлюються прочистки.

Трубопроводи господарсько-побутової каналізації прокладаються з необхідним похилом. Труби $d = 100$ мм з похилом $i = 0,02$, труб $d = 50$ мм – $i = 0,035$.

В центральній частині приміщення теплового пункту встановимо трап, вода з якого потраплятиме до приямку, звідки дренажним насосом по окремій каналізаційній трубі діаметром 50 мм відкачуватиметься до найближчого оглядового колодязя дворової системи К1.

Аксонетрична схема каналізаційних випусків приведена на загальних листах (лист 4).

Розділ 5.
Технологія і організація
будівельного виробництва

Консультант / _____ /

Здобувач / _____ /

5.1. Загальна характеристика об'єкта будівництва

Перед виконанням будівельних робіт на будівельному майданчику міських очисних споруд системи водовідведення розробляється технологічна карта на влаштування кожного з виду споруд і всіх очисних споруд в цілому.

В даному проєкті представлена технологічна карта на зведення первинних відстійників споруд механічної очистки. Розміри майданчика 32x36 м. Сітка колон прийнята 6x6, кількість в блоці – 4.

При цьому обов'язково на кожному об'єкті повинні бути проаналізовані умови виконання будівельних робіт. Тобто необхідно виявити фактори, що ускладнюють виконання будівельних процесів, і визначити міру їх впливу на техніко-економічні показники проекту виконання робіт і вибір методу монтажу будівлі.

В даному випадку прийнято нормальні умови виконання робіт: роботи проводити в літній період з середньою температурою повітря біля 18⁰С, що вважається сприятливим.

5.2. Вибір ефективних методів і порядку виконання робіт

При планування порядку проведення будівельних робіт прийнято рішення про зведення очисних споруд із збірних залізобетонних елементів. В цьому випадку головним процесом при зведенні очисних споруд є процес їх монтажу. Для даного процесу монтажу особливо важливим є вибір схеми монтажу, яка в свою чергу залежить від типу споруди, її об'ємно-планувальними і конструктивними особливостями.

Як відомо в практиці виконання монтажних робіт на об'єкті будівництва розрізняють три основні схеми:

Схема I – монтажний кран і інші виробничі машини і механізми, які працюють з ним у комплекті, переміщуються по брівці котловану, не заїжджаючи на його дно.

Схема II – монтажний кран і транспортні засоби рухаються по дну котловану за межами споруди і на брівці, по його периметру.

Схема III – монтажний кран і транспортні засоби рухаються безпосередньо по дну будівельного котловану, тобто бетонному днищу споруди.

Оскільки розміри одного первинного відстійника РЧВ 30х30, обираємо для можливості проведення будівельних робіт технологічну Схему III.

В практиці будівництва очисних споруд водопостачання та водовідведення для забезпечення оптимальних умов проведення будівельних робіт і скорочення тривалості будівництва організують роботи потоковим методом, який базується на розчленуванні загального виробничого процесу на окремі складові, призначені для кожного із них, за можливістю, однакової тривалості і суміщення їх виконання в часі. Потоковий метод виконання робіт є найбільш ефективним і сприяє також рівномірному і безперервному споживанню будівельних ресурсів і, відповідно, рівномірному і своєчасному випуску кінцевої продукції.

При плануванні для проведення будівельних робіт весь об'єкт будівництва розбивають на ділянки однакові за трудомісткістю. При цьому ділянки вважають рівними, якщо об'єми робіт, а значить і трудомісткості відрізняються між собою не більше ніж на 20%.

У зв'язку з тим, що об'єкти водопостачання і водовідведення за своїми об'ємно-планувальними, будівельно-технологічними і конструктивними характеристиками суттєво відрізняються між собою, їх для можливості узагальнення процесів, умовно поділяють на дві групи.

Першу групу складають невеликі споруди циліндричної і прямокутної форми в плані шириною до 15 м, які розміщені окремо від інших, і технологічно об'єднані в блок з трубопроводами. При цьому кожна з цих споруд приймають в якості однієї конкретної будівельної споруди. При цьому кожна цю споруду приймають в якості однієї монтажної ділянки.

До другої групи відносять прямокутні і циліндричні в плані ємкісні споруди шириною понад 15 м. При цьому ці споруди в плані розділені на окремі секції, коридори і прольоти, обмежені стінами (замкнутими або не замкнутими по контуру) і колонами або роздільними діафрагмами. Ці прольоти або секції і звичайно приймають в якості монтажних діляниць. В залежності від розмірів окремих об'єктів, а також застосовуваних в процесі будівництва машин і механізмів в якості монтажної діляниці приймають дві або більше число секцій. Також обов'язково треба враховувати можливість погіршення екологічної обстановки в районі проектування очисних споруд, в тому числі якості води підземних і поверхневих джерел і передбачити заходи по недопущенню цього. Проект очисних споруд водовідведення і територія призначена для його будівництва повинна бути узгоджена з відповідними місцевими службами.

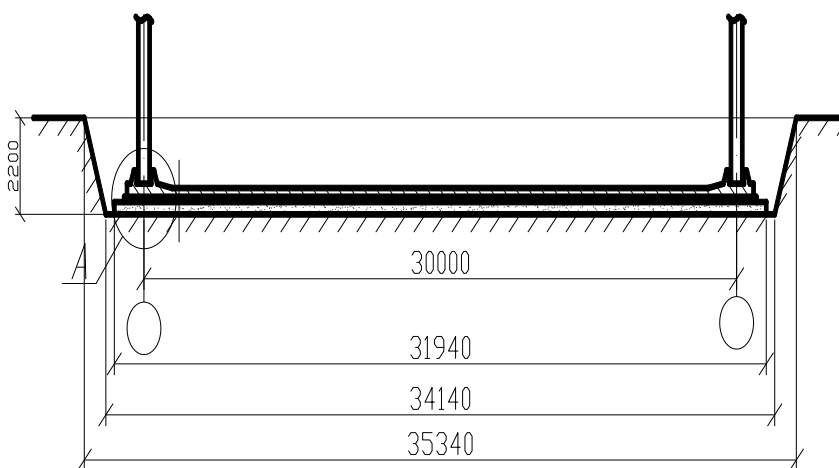
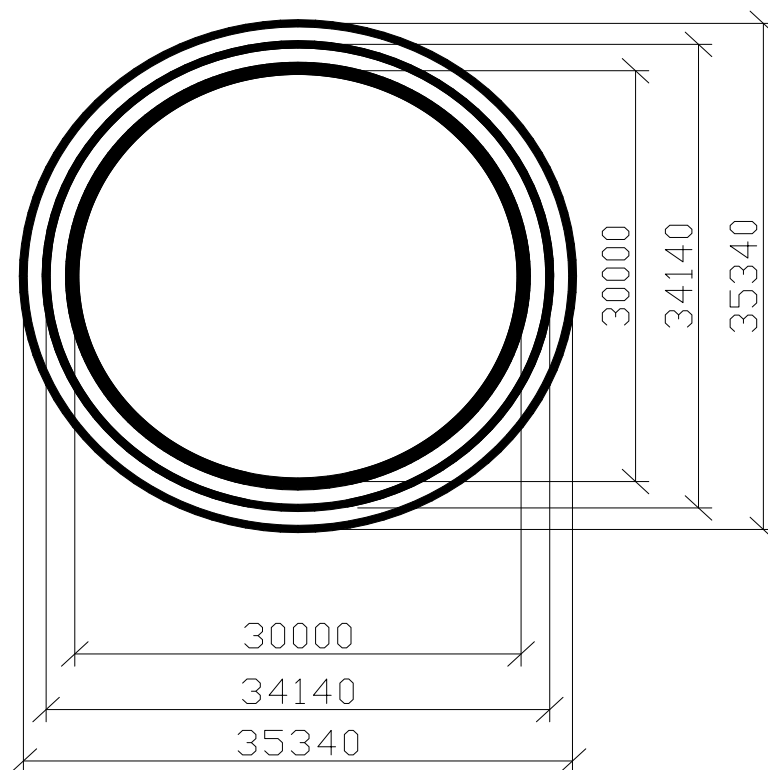
5.3. Визначення розмірів котловану

Очисні споруди системи водопостачання і водовідведення в основному представляють собою споруди великого об'єму і великої площі. Проектуються і будуються ці споруди заглибленого і напівзаглибленого типу із збірного або монолітного залізобетону. Як приклад, розглянемо варіант будівництва ємкісної очисної споруди горизонтального відстійника радіального типу. Споруда влаштовується заглибленою. Розміри котловану в плані визначаються, окрім розмірів споруди, також схемою монтажу (в загальному випадку – схемами виконання технологічних процесів). Схема його улаштування приведена на рис. 1. Мінімальні розміри (котловану для споруди при цьому можна розраховувати за залежністю:

$$A_{k \min}^D = B_{k \min}^D = A_{cn} + 2 \cdot e_p$$

Розміри споруди A_{cn} і B_{cn} визначаються між зовнішніми, що найбільше виступають, поверхнями елементів споруди.

$$A_{\kappa\min}^{\text{II}} = B_{\kappa\min}^{\text{II}} = 31.94 + 2 \cdot 0.6 = 33.14 \text{ [м]}.$$



5.4. Визначення об'єму земляних робіт

Розміри споруди визначають мінімально необхідні розміри котловану в плані. Схеми виконання монтажних робіт впливають на

необхідність збільшення розмірів котловану для створення умов для їх реалізації.

Загальний об'єм виїмки визначається як сума об'ємів котловану, виїзної траншеї.

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5,$$

де V_1 - об'єм центральної частини котловану;

V_2 - об'єм кутової піраміди;

V_3, V_5 - об'єм торцевого призматоїда;

V_4 - об'єм виїзної траншеї.

$$V_{\text{заг}} = 17402,78 + 8,13 + 237,16 + 506,27 + 447,4 = 18601,72 \text{ м}^3.$$

Об'єм засипки споруди для вісьмох радіальних відстійників:

$$V_{\text{обс}} = V_{\text{ус.кон}} - V_{\text{спор}} = 8 * 132,38 = 1063,05 \text{ м}^3.$$

Таким чином об'єм ґрунту, що повинен залишитися на бровці котловану:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{паз}} + V_{\text{мп}} + V_{\text{обс}} = 12700,94 + 1063,04 = 13763,96 \text{ м}^3.$$

Об'єм ґрунту який необхідно вивезти:

$$V_{\text{мп}} = V_{\text{заг}} - V_{\text{зал}} = 18601,74 - 13234,36 = 5367,12 \text{ м}^3$$

Баланс ґрунту при розробці котловану:

$$V_{\text{зал}} = V_{\text{заг}} + V_{\text{мп}} = 13234,63 + 5367,11 = 18601,75 \text{ м}^3.$$

Вибір екскаватора:

В залежності від типу ґрунта і глибини котловану підбираємо одноківшовий екскаватор з зворотною лопатою типу ЭО-6525 такими характеристиками:

- тип ходового пристрою – пневмоколісний
- місткість ковша – $0,65 \text{ м}^3$
- маса – $20,9 \text{ т}$
- радіус копання на рівні стоянки: найбільший $R_1 = 9.2 \text{ м}$, найменший $R = 5.0 \text{ м}$,

- найбільша висота: підйому ковшу $H_1 = 3.1$ м, вивантаження $R_2 = 8.0$ м, радіус вивантаження $R_2 = 8.0$ м, глибина котловану нижче рівня копання $H_2 = 3$ м.

5.5. Розрахунок графіку руху транспорту при розробці котловану

1. Необхідність в транспортних засобах дає змогу забезпечити неперервність роботи екскаватора (марки ЭО – 6525).

2. В момент від'їзду навантаженої транспортної одиниці, повинна бути готова нова для розвантаження транспортної одиниці.

3. Необхідність в транспортному засобі визначається з урахуванням їх використання, виходячи з того, що вони також використовуються неперервно.

4. Неперервність використання транспортного засобу досягається розробкою схеми їх роботи.

5. Число транспортних засобів визначається, так:

Для необхідності розрахунків приймаємо транспортний засіб ЗИЛ – ММЗ – 555.

$$N = \frac{t_n + t_{np} + t_p + t_{mp} + t_{mp} + t_{mp}}{t_n + t_{mp}} = \frac{2.06 + 10.4 + 1 + 0.3 + 0.6 + 1.3}{2.98 + 0.3} = 7,$$

де t_n – час навантаження ґрунту в транспортний засіб, хв;

t_{np} – час пробігу транспортного засобу від місця завантаження до місця

розвантаження і повернення;

t_p – час розвантаження транспортного засобу, хв;

$t_{мп}$ – час маневрування машини при встановленні її під завантаження, хв;

t_{mp} – час маневрування машини при встановленні її під розвантаження, хв;

$t_{тп}$ – протяжність технологічних розрахунків в роботі транспортного

засобу, хв.

б. Визначення часу пробігу транспортного засобу, $t_{пр}$:

$$t_{пр} = \frac{2 \cdot L \cdot 60}{V_{ср}} = \frac{2 \cdot 2.6 \cdot 60}{30} = 10.2$$

де L – відстань від місця завантаження до місця розвантаження;

$V_{ср}$ – швидкість руху транспортного засобу, км/год.

5.6. Визначення загального обсягу монтажних робіт і їх характеристика

Після складання загального плану майданчика будівництва і всіх окремих будівель підраховують необхідну кількість монтажних елементів з відповідними каталогами і альбомами збірних уніфікованих елементів. За отриманими даними складаємо робочу специфікацію (таблицю) переліку обсягів необхідних робіт збірних залізобетонних елементів (табл. 6.1).

Специфікація збірних елементів

Таблиця 5.1

№ п/п	Найменування елемента	Ескіз	К-сть на будову	Маса, т	
				Одного елемента	Усього
1	Стінові панелі ПС2-48-БГ-1а		18	6,7	120,8
2	Стінові панелі ПС1-48-БГ-1		22	7,1	156,4

3	Фундаменти під колони 2ФР2		20	4,18	83,4
					784,6

Після складання специфікації збірних залізобетонних елементів підготовляємо специфікацію матеріалів по влаштуванні монолітних ділянок споруди (табл. 6.2).

Специфікація матеріалів на влаштування монолітних ділянок

Таблиця 5.2

№ п/п	Марка монолітної ділянки	Кількість монолітних ділянок	Кількість бетону, м ³		Арматура, кг		
			На одну МД	На всі МД	Діаметр, мм	На одну МД	На всі МД
1	УМ48-БГ1а 	8	3,4	27,2	А-I Ø6 А-III Ø8 Ø12 Ø16 Ø18	3,0 46,3 26,1 126,8 181,1	24 370,2 208,6 1014,5 1448,7
Всього:			27,2	383,3	3064,2		

Після підготовки і відбору необхідних збірних і монолітних залізобетонних конструкцій і окремих елементів виникає необхідність по їх з'єднанню і наступній обробці робочих стиків. Результати розрахунків зведені в табл. 6.3.

5.7. Відомість об'ємів робіт по заробці стиків

Таблиця 5.3

п/п	Вид стикового з'єднання	Кількість стиків	Об'єми робіт по				
			зварюванні		Замонолічуванні/герметизації		
			Довжина шва на 1 стик, м	На всі, м	Один. вимір.	Кількість на 1 стик	На всі
.	Стик стінової панелі з днищем	-	-	-	м шва	-	132
.	Стик колони з підколонином	20	-	-	1 стик	1 (до 0,1 м ³ бетону)	20
.	Стик ригеля з колоною (на 1 колону)	20	0,62	(20*0,62) =12,4	1 вузол	1	20
.	Стик ригеля з стіною панеллю (на 1 ригель, який укладається на стінову панель)	10	0,25	(0,25*10) =2,5	-	-	-
.	Стик між плитами покриття і стіною панеллю (на 1 стик)	40 плит	0,16	(40*0,16) =6,4	1 стик	1	40
.	Стик плити покриття з ригелем (на 1 плиту)	126	0,24	(126*0,24) =30,24	1 стик	1	80
.	Стик між плитами покриття	-	-	-	100 м шва	-	7,2

5.8. Вибір методів і способів виконання будівельних робіт

Вибір методу монтажу

Методи монтажу складаються з рішень щодо організації, механізації монтажного процесу, виконання монтажних операцій. Вибраний метод монтажу повинен забезпечувати стійкість змонтованої частини будівлі на будь-якій стадії спорудження й дає можливість безпечного виконання подальших монтажних і іншого виду робіт. При цьому повинні бути передбачені наступні напрямки роботи:

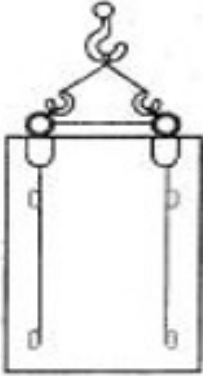

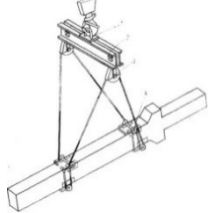
- Вибрано основний напрямок розвитку монтажного потоку - вздовж;
- Визначена послідовність монтажу покриття – комбінована;
- Вибрані засоби механізації монтажних робіт – самохідні стрілові крани.
- Способи і методи укрупнення різних видів конструкцій – відповідні конструктивні елементи;
- Способи подачі конструкцій під монтаж – зі складу;
- Спосіб підняття будівельних конструкцій на задану висоту - вільний.

Вибір монтажних захватних засобів

Одним з важливих і необхідних елементів при монтажі будівельних конструкцій є застосування надійних монтажних захватних засобів. Які б в першу чергу забезпечували надійність захватів, безпечність їх експлуатації, встановлені правила техніки безпеки, швидкість виконання відповідних робіт (монтажу і демонтажу). Відповідні монтажні захватні заходи вибираємо спеціальними довідниками. Прийняті до застосування захватні засоби наведені в табл. 6.4.

Захватні засоби для піднімання конструкцій

Таблиця 5.4

№ пп	Найменування, характеристика	Ескіз	Характеристика			Обл. застос.
			Вантажо-підйомність, т	Маса, т	Розрахункова висота, м	
1	Балансуюча траверса		≤8	0,15	2,4	Монтаж стінових панелей
2	Строп 4-ох гілковий		≤6,3	0,5	4,5	Монтаж плит перекриття
3	Траверса для підйому колон		≤4	0,08	0,85	Монтаж колон

Визначення монтажних характеристик механізмів

Одними з основних механізмів, які застосовуються на будівельному майданчику для пересування і монтажу залізобетонних конструкцій є самохідні стрілові крани. У відповідності з планом робіт переміщення всіх конструктивних елементів здійснюється з попереднім розкладанням усіх елементів надземної частини будівлі.

Транспортування необхідних готових будівельних конструкцій до об'єкта будівництва планується здійснювати замовленим автотранспортом безпосередньо від складів постачальника.

Якщо в проєкті прийнято декілька потоків постачання готових будівельних конструкцій на об'єкт будівництва, то для кожного з них, з урахуванням прийнятої схеми руху монтажного механізму (розвитку фронту робіт, а саме можливих напрямках його здійснення вздовж або поперек прольоту), вибирається відповідний монтажний кран, який послідовно встановлює всі збірні елементи будівлі, включені до розглядаємого потоку.

На організаційно-технологічну структуру монтажу і вибір конструкції монтажного крану впливають наступні монтажні характеристики - будівельний габарит об'єкта, маса конструкцій, висота їх піднімання і вильоти.

Монтажна маса конструкції (Q_m) визначається типом монтуємої будівельної конструкції, її загальною масою, яку треба підняти, перемістити та встановити в проектне положення

$$Q_m = Q + \sum q$$

Величина Q_m визначається лише для найважливіших елементів за кожним спеціалізованим потоком, як суму маси монтованого елемента (Q) і маси пристосування монтажної оснастки ($\sum q$) – стропів, траверс, розчалок та ін.,

Монтажна висота (H_m) – технологічно необхідна мінімальна висота підйому монтажних елементів що забезпечує їх монтаж.

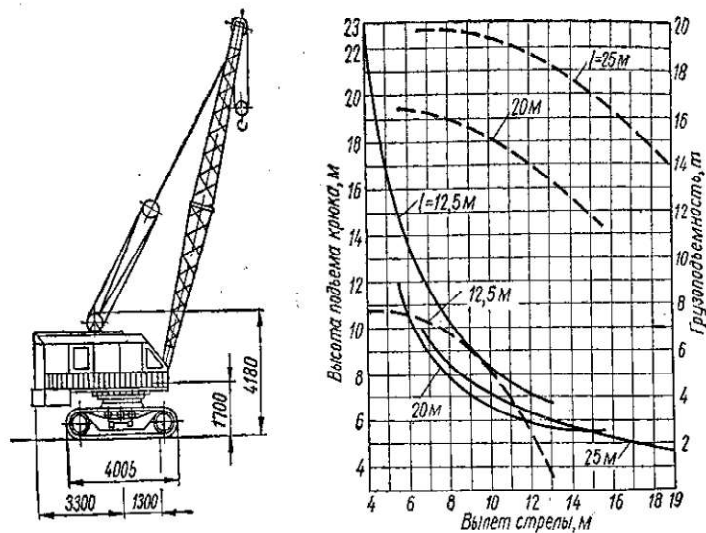
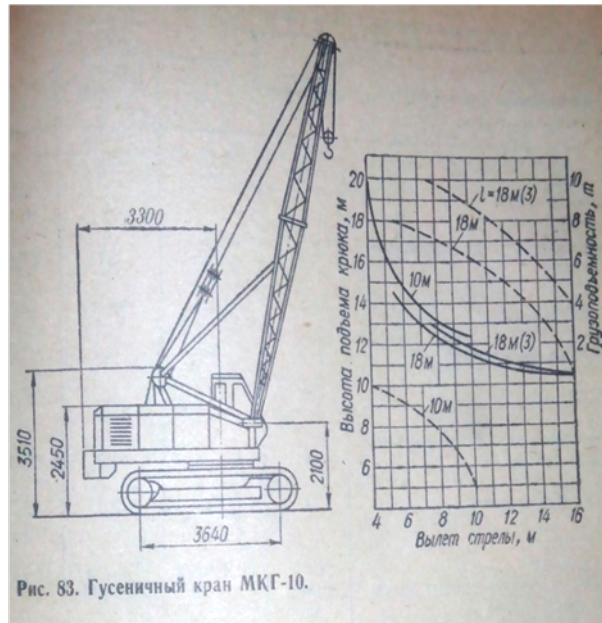
$$H_m \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

де h_1 - висота від рівня стоянки крана до рівня опори монтованого елемента, м;

h_2 - висота піднімання елемента над опорою, м;

h_3 - висота елемента, який монтують, м;

монтажу. Це в даному проєкті можуть бути варіанти стрілових кранів на пневмоколісному та гусеничному ході.



5.9. Визначення трудових затрат

Одним з найважливіших елементів підбору необхідного обладнання і кількості трудових ресурсів є питання визначення трудових затрат по кожному з варіантів. Трудові затрати визначаються на основі ЕНИР.

5.10. Інженерні заходи з охорони праці

Одним з основних важливих питань при проектуванні будівельних робіт на майданчику очисних споруд водовідведення є визначення інженерних заходів з охорони праці. Серед основних з них необхідно віднести наступні:

1. До початку будівельно-монтажних робіт територію монтажу по периметру обгородити суцільним дерев'яним парканом.

2. Будівельні роботи слід здійснювати відповідно з проектом виконання робіт.

3. Всі робітники повинні мати захисний одяг.

4. На будівельному майданчику забороняється знаходитися стороннім особам.

5. До виконання монтажних робіт допускаються особи не молодше 18 років. При цьому всі робітники повинні проходити інструктаж з головним інженером по техніці безпеки .

6. На території монтажу проходи і проїзди повинні бути загороджені і оснащені написами і освітлювальними сигналами.

7. Забороняється підйом збірних залізобетонних конструкцій , що не мають вантажних петель чи маркування.

8. Розстроповка установлених конструкцій дозволяється лише після міцного надійного закріплення.

Використана література

1. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5–74:2013. Мінрегіон України, Київ-2013. – 172 с.
2. Внутрішній водопровод та каналізація. ДБН В.2.5-64:2012. Мінрегіон України, Київ-2012.
3. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5-75:2013. Мінрегіон України, Київ-2013.
4. Шевченко Т.О. Насосні та повітродувні станції: навчальний посібник / Т.О. Шевченко, Ю.В. Ярошенко, М.М. Яковенко, В.М. Беляєва. – Харків: ХНУМГ, 2014. - 191 с.
5. Кравчук А.М., Кравчук О.Я. Водопостачання і водовідведення: навчальний посібник. К.: КНУБА, 2012. – 180 с.
6. Кравченко В.С., Саблій Л.А., Зінич П.Л. Санітарно-технічне обладнання будинків: підручник. К: Кондор, 2007. – 458 с.
7. Шадура В.О, Кравченко Н.В. Водопостачання та водовідведення: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2018. – 343 с.
8. Мацієвська О.О. Водопостачання і водовідведення: Навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 144 с.
9. Гидравлический расчет сетей водоотведения: Расчет. табл./ Ю. М. Константинов, А. А. Василенко. — К.: Будівельник, 1987. – 120 с.
10. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ. пособие. – 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.