

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

“ Допустити до захисту в ЕК”

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Водопостачання міста з розробкою внутрішнього сантехнічного обладнання
гуртожитку

Виконав студент групи ВВм-24
Сподарев Михайло Петрович

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітньо-професійна програма: «Водопостачання та водовідведення»

Керівник: Аргатенко Тетяна Вікторівна
к.т.н., доцент

Рецензент: _____

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

Освітній ступінь: магістр

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Водопостачання та водовідведення»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

„___” _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Сподарев Михайло Петрович

1. Тема роботи Водопостачання міста з розробкою внутрішнього сантехнічного обладнання гуртожитку

затверджена наказом ректора КНУБА № 1481/24/25 від «17» вересня 2025 року

2. Керівник роботи

Аргатенко Тетяна Вікторівна, к.т.н., доцент

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту _____

4. Вихідні дані та зміст роботи за розділами:

Інженерна частина

Кількість населення: 1 район - 23000 осіб, 2 район 16000 осіб; підприємства: рибокомбінат, волокон лавсану, скловолокна; поверховість забудови: 1 район - 4 поверхи, 2 район - 3 поверхи; ступінь благоустрою житлових забудов: 1 район - з централізованим гарячим водопостачанням, 2 район - без ванн; кліматичний район населеного пункту - II Східний степ; довжина напірних водоводів - 2,4 км; відмітка поверхні землі біля НС-II - 65,0 м; витрата, що проходить по напірних водоводах - 300, 37 л/с; довжина напірних водоводів - 400 мм

Спеціальна частина

Кількість поверхів будівлі - 4; висота поверху - 2,75 м; кількість мешканців будинку: другого — 240 осіб, третього — 265 осіб, четвертого — 180 осіб, п'ятого — 375 осіб, шостого — 460 осіб і сьомого — 470 осіб; гарантований напір у міській водопровідній мережі - 22 м; глибина залягання міського водопроводу - 2,0 м, а міської каналізації - 4,5 м; підвал наявний, технічне приміщення відсутнє; висота підвалу - 2,5 м; гаряче водопостачання забезпечується за допомогою швидкісного водонагрівача; наявна дощова каналізація

Додаткові дані

1. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Інженерна частина:	
Розділ 1: Водопостачання населеного пункту	
Розділ 2: Проектування системи підземного водозабору	
Розділ 3: Насосна станція	
Розділ 4: Санітарно-технічне обладнання гуртожитку	
Спеціальна частина:	
Розділ 5: Монтаж водоводу	
Розділ 6: Автоматизація системи водопостачання	
Розділ 7: Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
Додаткові розділи:	
Перевірка на плагіат	
Попередній захист або розгляд роботи на кафедрі	
Рецензування	

2. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1	доц. Аргатенко Т.В.		
Розділ 2	доц. Аргатенко Т.В.		
Розділ 3	доц. Аргатенко Т.В.		
Розділ 4	доц. Аргатенко Т.В.		
Розділ 5	доц. Копаниця Ю.Д.		
Розділ 6	доц. Соболевська Т.Г.		
Розділ 7	доц. Клімова І.В.		

3. Дата видачі завдання _____

Керівник

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Здобувач

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної роботи здобувача:		<i>Сподарев Михайло Петрович</i> <i>Spodarev Mykhailo</i>	
Назва ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Водопостачання міста з розробкою внутрішнього сантехнічного обладнання гуртожитку Water supply for the city with the development of internal plumbing equipment for the dormitory		
Освітній ступінь	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
Факультет	Інженерних систем та екології		
Кафедра	Водопостачання та водовідведення		
Спеціальність	192 «Будівництво та цивільна інженерія»		
Освітня програма	«Водопостачання та водовідведення»		
Керівник	Аргатенко Тетяна Вікторівна, к.т.н., доцент		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	Розділів	креслень формату А1
		7	
Розділ 1 (назва)	Водопостачання населеного пункту		
Розділ 2 (назва)	Проектування системи підземного водозабору		
Розділ 3 (назва)	Насосна станція		
Розділ 4 (назва)	Санітарно-технічне обладнання гуртожитку		
Розділ 5 (назва)	Монтаж водоводу		
Розділ 6 (назва)	Автоматизація системи водопостачання		
Розділ 7 (назва)	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
Висновки по роботі: Conclusions:	<p>У ході виконання проєкту було комплексно опрацьовано систему водопостачання населеного пункту з чисельністю населення 39 тис. осіб. Проведені гідравлічні розрахунки для різних експлуатаційних режимів дозволили визначити оптимальні параметри роботи мережі та забезпечити її надійність як у звичайних умовах, так і під час пожежогасіння. Побудовані графіки п'єзометричних напорів та розроблена схема підземного водозабору створюють основу для стабільної та ефективної подачі води.</p> <p>Запроектвана насосна станція II підйому, підібране обладнання та визначений режим її роботи під час пожежних навантажень забезпечують необхідний рівень резервування та стійкості системи. Окрему увагу приділено внутрішнім інженерним системам 4-поверхового гуртожитку: виконано розрахунки холодного водопостачання, побутової та дощової каналізації, а також підібрано насосне обладнання для забезпечення нормативного напору.</p> <p>Розглянуті питання монтажу водоводу та автоматизації системи водопостачання сприяють підвищенню надійності та енергоефективності експлуатації. Додатково проаналізовано стійкість сховища цивільного захисту до дії вражаючих факторів</p>		

	<p>ядерного вибуху, що забезпечує оцінку рівня безпеки об'єкта в надзвичайних ситуаціях.</p> <p>Загалом, проєкт охоплює всі основні аспекти проєктування систем водопостачання та водовідведення, а також безпекові елементи, забезпечуючи комплексний і технічно обґрунтований підхід до інженерного облаштування об'єкта.</p>
--	---

Ключові слова: система водопостачання міста, сантехнічне обладнання гуртожитку, атоматизація системи водопостачання, монтаж водоводу

Keywords: city water supply system, sanitary equipment for dormitories, automation of the water supply system, installation of water pipes

Здобувач: _____ / _____ /

Керівник: _____ / _____ /

“ ___ ” _____ 20____

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ	10
1.1. Розрахунок добових обсягів водоспоживання	12
1.2. Трасування водопровідної мережі.....	17
1.3. Попередній розподіл витрат по ділянках водопровідної мережі	23
1.4. Визначення втрат напору в трубах та здійснення ув'язки кілець	24
1.5. Визначення вільних напорів і п'єзометричних відміток у вузлах водопровідної мережі та напору насосів	33
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПІДЗЕМНОГО ВОДОЗАБОРУ	35
2.1. Визначення категорії надійності та продуктивності водозабору.....	36
2.2. Вибір водоносного шару	37
2.3. Вибір типу водозабірних споруд	38
2.4. Гідрогеологічні розрахунки	38
2.5. Визначення кількості свердловин	40
2.6. Вибір схеми розташування свердловин	41
2.7. Визначення мінімальної глибини занурення насоса у свердловину	42
РОЗДІЛ 3 НАСОСНА СТАНЦІЯ	44
3.1. Визначення робочих параметрів насосної станції.....	45
3.2. Розрахунок режиму роботи насосної станції при подачі води на пожежогасіння	48
3.3. Визначення діаметрів трубопроводів насосної станції	51
3.4. Визначення висоти фундаменту насоса	52
3.5. Визначення відмітки осі насоса.....	54
3.6. Підбір водовимірювача і визначення втрат напору у водомірі.....	55
3.7. Підіймально-транспортне обладнання.....	55

3.8. Визначення висоти верхнього приміщення.....	56
3.9. Електрична частина насосної станції.....	57
3.10. Допоміжне обладнання.....	58
РОЗДІЛ 4 САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ГУРТОЖИТКУ	60
4.1. Технічна характеристика об'єкта	61
4.2. Основні розрахунки	62
4.3. Лічильники для води.....	65
4.4. Гідравлічний розрахунок внутрішньоквартальної водопровідної мережі ...	66
4.5. Визначення необхідного напору в мережі холодного водопроводу.....	67
4.6. Розрахунок насосної установки	67
4.7. Розрахунок системи гарячого водопостачання.....	68
4.8. Розрахунок водонагрівальної установки	71
4.9. Розрахунок і конструювання мережі внутрішньої господарсько-побутової системи водовідведення	71
4.10. Розрахунок внутрішньоквартальної (дворової) господарсько-побутової мережі водовідведення	72
4.11. Розрахунок мережі внутрішньої системи дощового водовідведення.....	77
РОЗДІЛ 5 МОНТАЖ ВОДОВОДУ	81
5.1. Визначення розмірів траншеї.....	86
5.2. Вибір транспортного засобу для перевезення труб і визначення кількості одночасно перевезених труб	86
5.3. Вибір строповочного обладнання, крану та схеми розвантаження, складування і монтажу	88
5.4. Монтаж трубопроводу	90
5.5. Визначення будівельно монтажних елементів колодязя	93

5.6. Вибір крану для монтажу колодязів.....	94
5.7. Розрахунок нормативів виконання робіт	95
РОЗДІЛ 6 АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	98
6.1. Загальні положення.....	99
6.2. Розробка структурної схеми автоматичного керування насосними агрегатами	103
6.3. Структура системи автоматичного керування	104
РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	106
7.1. Загальна інформація.....	107
7.2. Визначення захисних властивостей сховища ЦЗ від дії ударної хвилі, ядерного вибуху і радіації	108
7.3. Розрахунок основних приміщень сховища.....	110
7.4. Розрахунок допоміжних приміщень сховища.....	111
7.5. Визначення складу санітарно-технічного обладнання й систем енергопостачання	113
7.6. Графічна частина.....	115
ВИСНОВКИ.....	117
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	118

ВСТУП

У проєкті розроблено систему водопостачання населеного пункту, населення якого становить 39 тис.осіб. Виконано гідравлічний розрахунок для розрахункових режимів: максимального господарського водоспоживання, максимального водоспоживання + пожежогасіння та мінімального водоспоживання. Побудовано графіки п'єзометричних напорів та запроєктовано систему підземного водозабору.

Розроблено проєкт насосної станції II підйому, підібрано відповідне обладнання та розраховано режим роботи НС-II при подачі води на пожежогасіння.

Розглянуто санітарно-технічне обладнання 4-поверхового гуртожитку, розраховано 2 типовий поверх, визначено необхідний напір в мережі холодного водопроводу, розраховано насосну установку, виконано розрахунок і конструювання мережі внутрішньої господарсько-побутової системи водовідведення та дощового водовідведення.

Розглянуто принцип монтажу водоводу, а також автоматизацію системи водопостачання.

Визначено параметри стійкості сховища цивільного захисту до дії ядерного вибуху, ударної хвилі тощо.

РОЗДІЛ 1
ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Консультант: / доц. Аргатенко Т.В. /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							10
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. Вихідні дані до виконання проєкту (місто)

	I район	II район
Кількість населення	23000 осіб	16000 осіб
Поверховість забудов населеного пункту	4 поверхи	3 поверхи
Ступінь благоустрою житлових забудов [1]	3 централізованим гарячим водопостачанням	Без ванн
Кліматичний район населеного пункту [5]	II Східний степ	
Довжина напірних водоводів	2,4 км	
Відмітка поверхні землі біля насосної станції II підйому	65,0 м	

Таблиця 1.2. Вихідні дані до виконання проєкту (промислові підприємства)

№	Назва	К-сть робочих змін	Одиниця виміру продукції	Кількість продукції, що випускається		Норма витрати води на од. прод. м ³	Кількість працівників		% працівників у гарячих цехах	% працівників, що приймають душ
				за добу	за макс. зміну		за добу	за макс. зміну		
1	Рибокомбінат	1	т	150	150	30	700	700	30	40
2	Волокон лавсану	2	т	34	18	60	950	500	40	55
3	Скловолокна	3	т	5	1,8	600	38	14	50	60

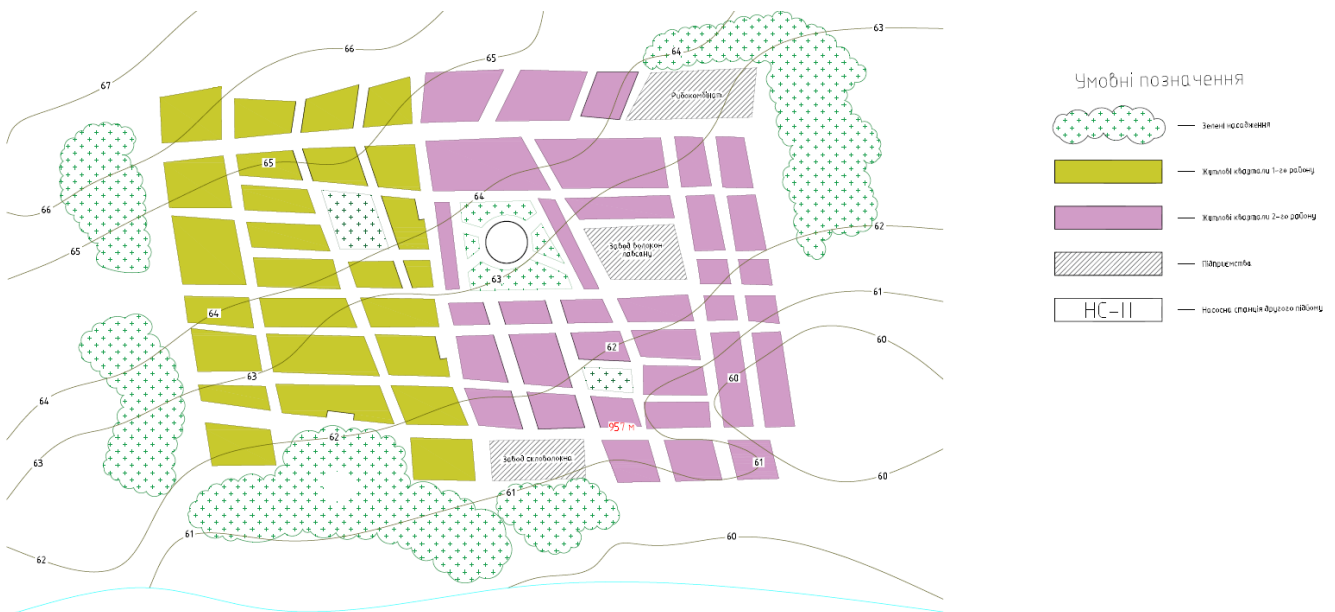


Рис. 1.1. Генплан міста (М 1:20000)

1.1. Розрахунок добових обсягів водоспоживання

Добовий обсяг водоспоживання на господарсько-питні потреби:

$$Q_{\text{доб.ср}} = N \cdot q_{\text{ж}} / 1000, \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розрахункові обсяги на господарсько-питні потреби населення в добу найбільшого і найменшого водоспоживання:

$$Q_{\text{доб.мах}} = K_{\text{доб.мах}} \cdot Q_{\text{доб.ср}}$$

$$Q_{\text{доб.мін}} = K_{\text{доб.мін}} \cdot Q_{\text{доб.ср}}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3. Водоспоживання населення міста

Райони міста	N, осіб	q _ж , л/ос.добу	Q _{доб.ср} , м ³ /добу	K _{доб.мах}	Q _{доб.мах} , м ³ /добу	K _{доб.мін}	Q _{доб.мін} , м ³ /добу
I	23000	250	5750	1,2	6900,0	0,8	4600,0
II	16000	120	1920	1,2	2304,0	0,8	1536,0
Разом	39000	-	7670	-	9204,0	-	6136,0

Таблиця 1.4. Водоспоживання на виробничі потреби промислових підприємств

Назва підприємства	№ зміни	Одиниця продукції	q _в , м ³ /од	N _{прод} , од./зміну	Q _в , м ³ /зміну
Рибокомбінат	1	т	30	150	4500
	2	-	0	0	0
	3	-	0	0	0
	Разом		-	150	4500
Волокон лавсану	1	т	60	18	1080
	2	т	60	16	960
	3	-	0	0	0
	Разом		-	34	2040
Скловолонна	1	т	600	1,8	1080
	2	т	600	1,6	960
	3	т	600	1,6	960
	Разом		-	5	3000
Разом			-	-	9540

Таблиця 1.5. Водоспоживання на господарсько-питні потреби промислових підприємств та прийняття душу

№ під-приємства	№ змі-ни	К-сть працюючих, ос.	Гарячі цехи			Холодні цехи			Q _{г.п.} , м ³ /зм.	Прийняття душу		
			N _г , осіб	q _г , л/ос.	Q _г , м ³ /зм.	N _х , осіб	q _х , л/ос.	Q _х , м ³ /зм.		N _{душ} , осіб	Q _{душ} , л/ос. зм.	Q _{душ} , м ³ /зм
1	1	700	210	45	9,45	490	25	12,25	21,70	280	53,5	14,98
	2	0	0		0,00	0		0,00	0,00	0		0,00
	3	0	0		0,00	0		0,00	0,00	0		0,00
	Σ	700	210	-	9,45	490	-	12,25	21,70	280	-	14,98
2	1	500	200	45	9,00	300	25	7,50	16,50	275	25	6,88
	2	450	180		8,10	270		6,75	14,85	247,5		6,19
	3	0	0		0,00	0		0,00	0,00	0		0,00
	Σ	950	380	-	17,10	570	-	14,25	31,35	522,5	-	13,06
3	1	14	7	45	0,32	7	25	0,18	0,49	8,4	53,5	0,45
	2	12	6		0,27	6		0,15	0,42	7,2		0,39
	3	12	6		0,27	6		0,15	0,42	7,2		0,39
	Σ	38	19	-	0,86	19	-	0,48	1,33	22,8	-	1,22
Разом	-	1688	609	-	27,405	1079	-	26,975	54,38	825,3	-	29,26

Максимальний добовий об'єм води, необхідний для поливу вулиць і зелених насаджень, розраховуємо залежно від кліматичних умов та кількості мешканців населеного пункту.

Таблиця 1.6. Витрати води для поливу вулиць і зелених насаджень

Райони міста	Кількість населення, осіб	Питомі витрати води, л/ос.добу	Витрата води, м ³ /добу
I	23000	50	1150
II	16000	50	800
Разом	39000	-	1950

Таблиця 1.7. Баланс добового водоспоживання міста

№	Споживачі	Витрата води, м ³ /добу		
		середньодобове водоспоживання	доба максимального водоспоживання	доба мінімального водоспоживання
1	Населення I району	5750	6900,00	4600,00
	Невраховані витрати	575	690,00	460,00
	Разом	6325	7590,00	5060,00
2	Населення II району	1920	2304,00	1536,00
	Невраховані витрати	192	230,40	153,60
	Разом	2112	2534,40	1689,60
3	Підприємство 1			
	Виробничі потреби	4500	4500	4500
	Господарсько-питні	21,70	21,70	21,70
	Душові	14,98	14,98	14,98
	Разом	4536,68	4536,68	4536,68
4	Підприємство 2			
	Виробничі потреби	2040	2040	2040
	Господарсько-питні	31,35	31,35	31,35
	Душові	13,06	13,06	13,06
	Разом	2084,41	2084,41	2084,41
5	Підприємство 3			
	Виробничі потреби	3000	3000	3000
	Господарсько-питні	1,33	1,33	1,33
	Душові	1,22	1,22	1,22
	Разом	3002,55	3002,55	3002,55
6	Полив			
	I район	575	1150	0
	II район	400	800	0
	Разом	975	1950	0
Всього по місту		19035,64	21698,04	16373,24

1.1.1. Визначення погодинних витрат води

Максимальний коефіцієнт погодинної нерівномірності водоспоживання населенням дорівнює: $K_{г.маx} = \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx}$

I район: $K_{г.маx.I} = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44$, приймаємо $K_{г.маx.I} = 1,45$.

II район: $K_{г.маx.II} = 1,4 \cdot 1,24 = 1,74$, приймаємо $K_{г.маx.II} = 1,7$.

Таблиця 1.8. Визначення погодинних витрат міста

Годи- ни доби	населення I району		населення II району		Разом	Підприємство 1				Підприємство 2				Підприємство 3				ΣQ, м³/год	Полив		Qміста, м³/год
	% від Qдоб.мах	витрата, м³/год	% від Qдоб.мах	витрата, м³/год		ви-роб- ничі	госп- питні	ду- шові	разом	вироб- ничі	госп- питні	ду- шові	разом	ви- роб- ничі	госп- питні	ду- шові	разом		I ра- йон	II ра- йон	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0-1	2	151,80	1	25,34	177,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	6,2	120	0,05	0,39	120,44	303,8			303,8
1-2	2,1	159,39	1	25,34	184,7	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	120	0,05		120,05	304,8			304,8
2-3	1,85	140,42	1	25,34	165,8	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	120	0,05		120,05	285,8			285,8
3-4	1,9	144,21	1	25,34	169,6	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	120	0,05		120,05	289,6			289,6
4-5	2,85	216,32	2	50,69	267,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	120	0,05		120,05	387,1			387,1
5-6	3,7	280,83	3	76,03	356,9	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	120	0,05		120,05	476,9	143,8	160,0	780,7
6-7	4,5	341,55	5	126,72	468,3	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	120	0,05		120,05	588,3	143,8	160,0	892,1
7-8	5,3	402,27	6,5	164,74	567,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	120	0,05		120,05	687,1	143,8		830,8
8-9	5,8	440,22	6,5	164,74	605,0	562,5	2,7	0,0	565,2	135,0	2,1	0,0	137,1	135	0,06	0,39	135,45	1442,7			1442,7
9-10	6,05	459,20	5,5	139,39	598,6	562,5	2,7		565,2	135,0	2,1		137,1	135	0,06		135,06	1435,9			1435,9
10-11	5,8	440,22	4,5	114,05	554,3	562,5	2,7		565,2	135,0	2,1		137,1	135	0,06		135,06	1391,6			1391,6
11-12	5,7	432,63	5,5	139,39	572,0	562,5	2,7		565,2	135,0	2,1		137,1	135	0,06		135,06	1409,4			1409,4
12-13	4,8	364,32	7	177,41	541,7	562,5	2,7		565,2	135,0	2,1		137,1	135	0,06		135,06	1379,1			1379,1
13-14	4,7	356,73	7	177,41	534,1	562,5	2,7		565,2	135,0	2,1		137,1	135	0,06		135,06	1371,5			1371,5
14-15	5,05	383,30	5,5	139,39	522,7	562,5	2,7		565,2	135,0	2,1		137,1	135	0,06		135,06	1360,0			1360,0
15-16	5,3	402,27	4,5	114,05	516,3	562,5	2,7		565,2	135,0	2,1		137,1	135	0,06		135,06	1353,7			1353,7
16-17	5,45	413,66	5	126,72	540,4	0,0	0,0	15,0	15,0	120,0	1,9	6,9	128,7	120	0,05	0,45	120,50	804,6			804,6
17-18	5,05	383,30	6,5	164,74	548,0	0,0	0,0		0,0	120,0	1,9		121,9	120	0,05		120,05	789,9			789,9
18-19	4,85	368,12	6,5	164,74	532,9	0,0	0,0		0,0	120,0	1,9		121,9	120	0,05		120,05	774,8			774,8
19-20	4,5	341,55	5	126,72	468,3	0,0	0,0		0,0	120,0	1,9		121,9	120	0,05		120,05	710,2	143,8		853,9
20-21	4,2	318,78	4,5	114,05	432,8	0,0	0,0		0,0	120,0	1,9		121,9	120	0,05		120,05	674,7	143,8		818,5
21-22	3,6	273,24	3	76,03	349,3	0,0	0,0		0,0	120,0	1,9		121,9	120	0,05		120,05	591,2	143,8	160,0	894,9
22-23	2,85	216,32	2	50,69	267,0	0,0	0,0		0,0	120,0	1,9		121,9	120	0,05		120,05	508,9	143,8	160,0	812,7
23-24	2,1	159,39	1	25,34	184,7	0,0	0,0		0,0	120,0	1,9		121,9	120	0,05		120,05	426,6	143,8	160,0	730,4
Всього	100	7590,0	100	2534,4	10124,4	4500,0	21,7	15,0	4536,7	2040	31,4	13,1	2084,4	3000	1,3	1,2	3002,55	19748,0	1150	800	21698,0

Q, м³/год

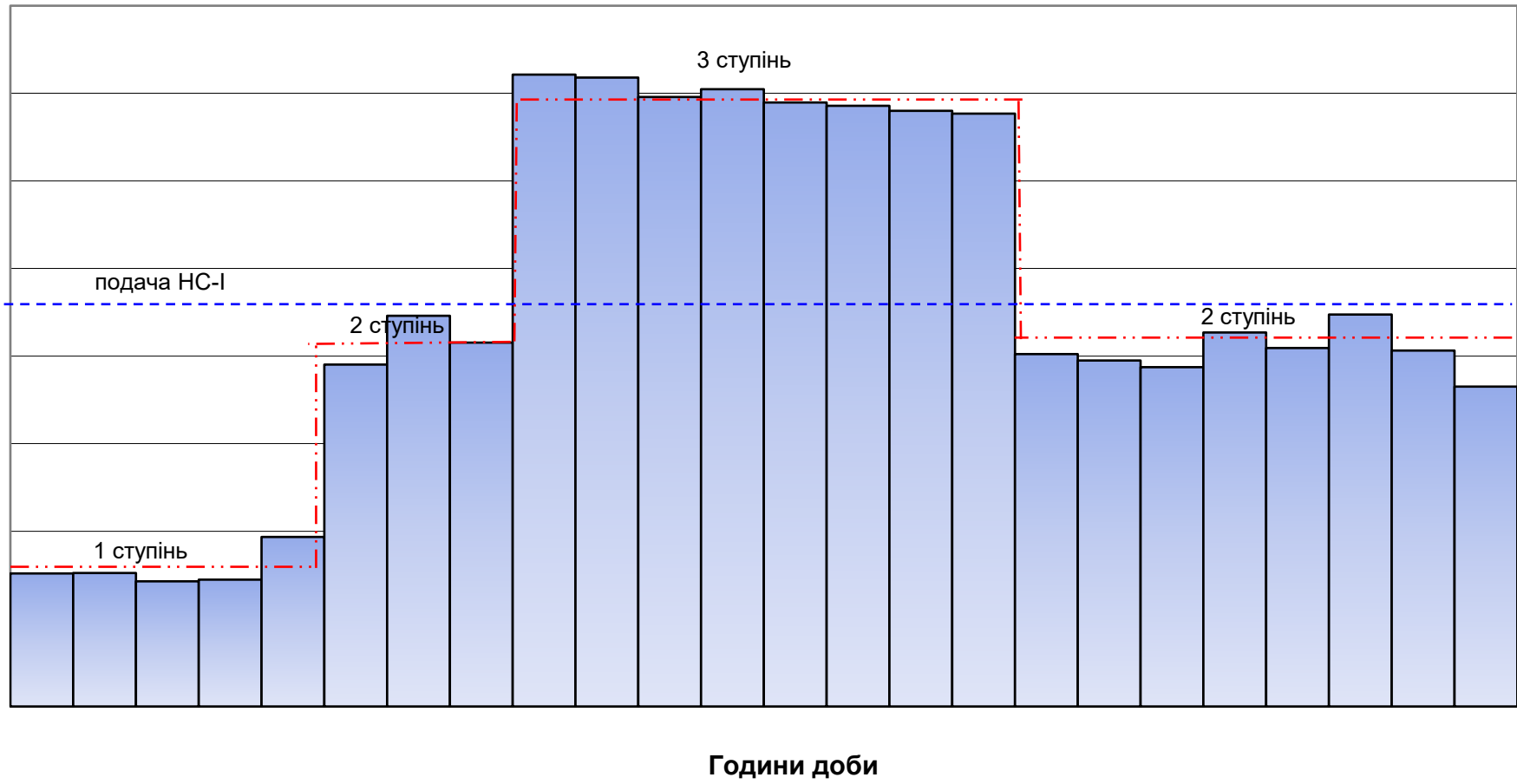


Рис. 1.2. Графік роботи насосів

1.2.1. Визначення місткості регулюючих споруд

Таблиця 1.10. Визначення регулюючого об'єму бака водонапірної башти

Години доби	Q _{міста} , м ³ /год	Q _{н.с.п.} , м ³ /год	q у бак, м ³ /год	q із бака, м ³ /год	W у баку, м ³
1	2	3	4	5	6
0-1	303,77	314,21	10,44	0,00	10,44
1-2	304,79	314,21	9,42	0,00	19,86
2-3	285,81	314,21	28,39	0,00	48,25
3-4	289,61	314,21	24,60	0,00	72,85
4-5	387,06	314,21	0,00	72,85	0,00
5-6	780,66	816,66	35,99	0,00	35,99
6-7	892,07	816,66	0,00	75,41	-39,42
7-8	830,81	816,66	0,00	14,15	-53,57
8-9	1442,68	1392,97	0,00	49,71	-103,28
9-10	1435,92	1392,97	0,00	42,95	-146,23
10-11	1391,60	1392,97	1,37	0,00	-144,86
11-12	1409,36	1392,97	0,00	16,39	-161,25
12-13	1379,06	1392,97	13,91	0,00	-147,34
13-14	1371,47	1392,97	21,50	0,00	-125,84
14-15	1360,02	1392,97	32,95	0,00	-92,89
15-16	1353,65	1392,97	39,32	0,00	-53,57
16-17	804,59	816,66	12,07	0,00	-41,50
17-18	789,94	816,66	26,72	0,00	-14,79
18-19	774,76	816,66	41,90	0,00	27,11
19-20	853,93	816,66	0,00	37,27	-10,16
20-21	818,49	816,66	0,00	1,83	-11,99
21-22	894,93	816,66	0,00	78,27	-90,26
22-23	812,66	816,66	4,00	0,00	-86,26
23-24	730,39	816,66	86,26	0,00	0,00
Всього	21698,04	21698,04	388,83	388,83	

Регулюючий об'єм водонапірної башти: $W_{\text{рег.б}} = 234,1 \text{ м}^3$.

Оскільки загальна витрата води в місті перевищує 20000 м³/год, розрахунок виконуємо для безбаштової водопровідної мережі.

Для подальших обчислень отриманий регулюючий об'єм водонапірної башти зменшуємо на 10% (тобто на 23,41 м³). Таким чином, регулюючий об'єм становить $W_{\text{рег.б}} = 210,69 \text{ м}^3$.

Протипожежний запас води в башті:

$$W_{\text{пож.б.}} = 0,6(q_{\text{п.з}} + q_{\text{п.в}} + q_{\text{б.макс}}) = 0,6\left(25 + 5 + \frac{78,27}{3,6}\right) = 31,05 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм бака башти:

$$W_{\text{б.}} = W_{\text{рег.б.}} + W_{\text{пож.б.}} = 210,69 + 31,05 = 241,73 \text{ м}^3.$$

Діаметр бака:

$$D_{\text{б.}} = \sqrt[3]{\frac{250}{0,785}} = 6,83 \text{ м}$$

Висота регулюючого об'єму башти:

$$h_{\text{рег.б.}} = \frac{1,27 \cdot 210,69}{6,83^2} = 5,74 \text{ м}$$

Висота протипожежного об'єму башти:

$$h_{\text{пож.б.}} = \frac{1,27 \cdot 31,05}{6,83^2} = 0,85 \text{ м.}$$

Таблиця 1.11. Визначення регулюючого об'єму РЧВ

Години доби	Qнс-1, м ³ /год	Qнс-п, м ³ /год	q до РЧВ, м ³ /год	q із РЧВ, м ³ /год	W у РЧВ, м ³
1	2	3	4	5	6
0-1	904,09	303,77	600,32	0	600,32
1-2	904,09	304,79	599,30	0,00	1199,61
2-3	904,09	285,81	618,27	0,00	1817,89
3-4	904,09	289,61	614,48	0,00	2432,37
4-5	904,09	387,06	517,03	0,00	2949,40
5-6	904,09	780,66	123,42	0,00	3072,82
6-7	904,09	892,07	12,0126	0,00	3084,83
7-8	904,09	830,81	73,28	0,00	3158,11
8-9	904,09	1442,68	0,00	538,59	2619,51
9-10	904,09	1435,92	0,00	531,84	2087,68
10-11	904,09	1391,60	0,00	487,52	1600,16
11-12	904,09	1409,36	0,00	505,27	1094,88
12-13	904,09	1379,06	0,00	474,98	619,90
13-14	904,09	1371,47	0,00	467,39	152,51
14-15	904,09	1360,02	0,00	455,94	-303,42
15-16	904,09	1353,65	0,00	449,57	-752,99
16-17	904,09	804,59	99,50	0,00	-653,50
17-18	904,09	789,94	114,1453	0,00	-539,35
18-19	904,09	774,76	129,3253	0,00	-410,02
19-20	904,09	853,93	50,15635	0,00	-359,87
20-21	904,09	818,49	85,59835	0,00	-274,27
21-22	904,09	894,93	9,154346	0,00	-265,12
22-23	904,09	812,66	91,42335	0,00	-173,69
23-24	904,09	730,39	173,69	0	0,00
Всього	21698,04	21698,04	3911,10	3911,10	

$$W_{\text{рег.р}} = 3158,11 + 752,99 = 3911,10 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм РЧВ:

$$W_{\text{РЧВ}} = W_{\text{рег.р}} + W_{\text{пож.р}} + W_{\text{в.п}} = 3911,10 + 1301,88 + 2097,95 = 7310,93 \text{ м}^3.$$

Приймаємо два прямокутних РЧВ об'ємом 4000 м³ кожен з розмірами: 36х24 м з глибиною води 4,82 м.

Таблиця 1.12. Глибини об'ємів води

Регулюючий $h_{\text{рег.р}}$	Пожежний $h_{\text{пож.р}}$	На власні потреби $h_{\text{в.п}}$
$3911,10/2 \cdot 36 \cdot 24 = 2,26 \text{ м}$	$2097,95/2 \cdot 36 \cdot 24 = 1,21 \text{ м}$	$1301,88 / 2 \cdot 36 \cdot 24 = 0,75 \text{ м}$

Таблиця 1.13. Відмітки рівнів води в РЧВ

Максимальний рівень води $Z_{\text{max.р}}$	Дно РЧВ $Z_{\text{д.р}}$	Мінімальний рівень води $Z_{\text{min.р}}$
$Z_{\text{з.р}} + \Delta h_{\text{р}}$	$Z_{\text{max.р}} - h_{\text{р}}$	$Z_{\text{max.р}} - h_{\text{рег.р}} - h_{\text{в.п}}$
$65,0 + 1,0 = 66,0 \text{ м}$	$66,0 - 4,82 = 61,18 \text{ м}$	$66,0 - 2,26 - 0,75 = 62,99 \text{ м}$

1.1.2. Визначення розрахункових режимів роботи мережі та секундного водоспоживання

Оскільки в проєкті прийнято безбаштову схему водопостачання міста, виконуємо перевірку мережі для трьох розрахункових режимів у добу максимального водоспоживання:

- у години максимального водовідбору (9–10 год, табл. 6)
- у години мінімального водоспоживання (2–3 год, табл. 6)
- під час пожежогасіння в період максимального водовідбору.

Таблиця 1.14. Визначення розрахункового секундного водоспоживання

Розмірність	$q_{\text{нас.1}}$	$q_{\text{нас.2}}$	$q_{\text{підпр.1}}$	$q_{\text{підпр.2}}$	$q_{\text{підпр.3}}$	$q_{\text{пол.1}}$	$q_{\text{пол.2}}$	Всього
година максимального водоспоживання								
м ³ /год	440,22	164,74	565,21	137,06	135,45	0	0	1442,68
л/с	122,28	45,76	157,00	38,07	37,62	0	0	400,74
година мінімального водоспоживання								
м ³ /год	140,42	25,34	0,0	0,0	120,05	0,0	0,0	285,8
л/с	39,01	7,04	0,0	0,0	33,35	0,0	0,0	79,38

Таблиця 1.15. Визначення секундних витрат живлення мережі

Одиниця	Режим	Водоспоживання	Подача насосів	Надходження води із башти	Подача води в башту
м ³ /ГОД	max	1442,68	1442,68	0,0	0,0
л/с		400,7	400,7	0,0	0,0
м ³ /ГОД	min	285,81	285,81	0,0	0,0
л/с		79,39	79,39	0,0	0,0
м ³ /ГОД	max+пож	1622,52	1622,52	0,0	0,0
л/с		400,70 + 50 = 450,70	450,70	0,0	0,0

1.1.3. Визначення дорожніх витрат та вузлових відборів

Таблиця 1.16. Питомі витрати води міста

Район	при максимальному водоспоживанні	при мінімальному водоспоживанні
I	$q_{\text{пит.I}} = \frac{q_{\text{нас.I}} + q_{\text{пол.I}}}{L_I} = \frac{122,28 + 0}{2885} = 0,042 \text{ л/с} \cdot \text{м}$	$q_{\text{пит.I}} = \frac{39,01 + 0}{2885} = 0,014 \text{ л/с} \cdot \text{м}$
II	$q_{\text{пит.II}} = \frac{q_{\text{нас.II}} + q_{\text{пол.II}}}{L_{II}} = \frac{45,76 + 0}{3612} = 0,013 \text{ л/с} \cdot \text{м}$	$q_{\text{пит.II}} = \frac{7,04 + 0}{3612} = 0,002 \text{ л/с} \cdot \text{м}$

Таблиця 1.17. Визначення дорожніх витрат води

Ділянка	Фактична довжина, м	Розрахункова довжина, м	q _{д,max} , л/с	q _{д,min} , л/с
Район I				
1-2	710	710	30,09335	9,60062
2-5	420	210	8,90085	2,83962
5-7	335	167,5	7,099488	2,264935
5-9	710	710	30,09335	9,60062
7-8	710	710	30,09335	9,60062
8-9	335	167,5	7,099488	2,264935
9-1	420	210	8,90085	2,83962
Разом	3640	L_I = 2885	122,28	39,01
Район II				
2-3	950	950	12,03555	1,85915
3-4	420	210	2,66049	0,41097
4-5	950	950	12,03555	1,85915
4-6	335	167,5	2,122058	0,327798
6-7	957	957	12,12423	1,872849
7-5	335	167,5	2,122058	0,327798
5-2	420	210	2,66049	0,41097
Разом	4367	L_{II} = 3612	45,76	7,07
Всього	8007	6497	168,04	46,08

Таблиця 1.18. Визначення вузлових відборів

№ вузла	max			max+пож		min		
	$q_{\text{вузл}}, \text{л/с}$	$q_{\text{зос}}, \text{л/с}$	$Q_{\text{вузл}}, \text{л/с}$	$q_{\text{пож}}, \text{л/с}$	$Q_{\text{вузл}}, \text{л/с}$	$q_{\text{вузл}}, \text{л/с}$	$q_{\text{зос}}, \text{л/с}$	$Q_{\text{вузл}}, \text{л/с}$
1	19,50		19,50		19,50	6,22		6,22
2	26,85		26,85		26,85	7,36		7,36
3	7,35	157	164,35	25	189,35	1,14	0	1,14
4	8,41	38,07	46,48		46,48	1,30	0	1,30
5	31,46		31,46		31,46	8,65		8,65
6	7,12		7,12	25	32,12	1,10		1,10
7	25,72	37,62	63,34		63,34	7,03	33,35	40,38
8	18,60		18,60		18,60	5,93		5,93
9	23,05		23,05		23,05	7,35		7,35
Разом	168,04	232,69	400,73	50	450,7	46,08	33,35	79,4

1.3. Попередній розподіл витрат по ділянках водопровідної мережі

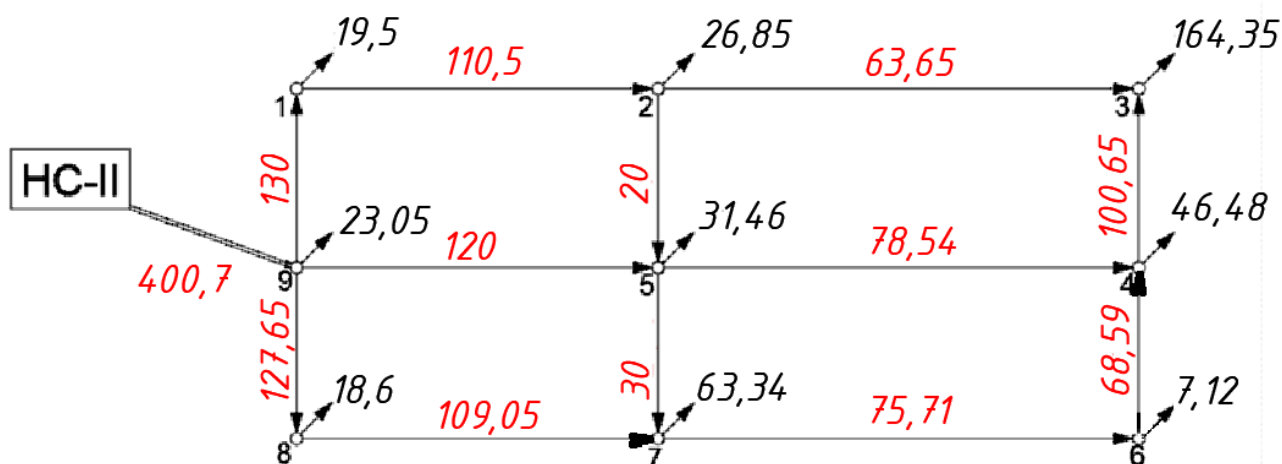


Рис. 1.4. Попередній розподіл витрат для режиму максимального водоспоживання

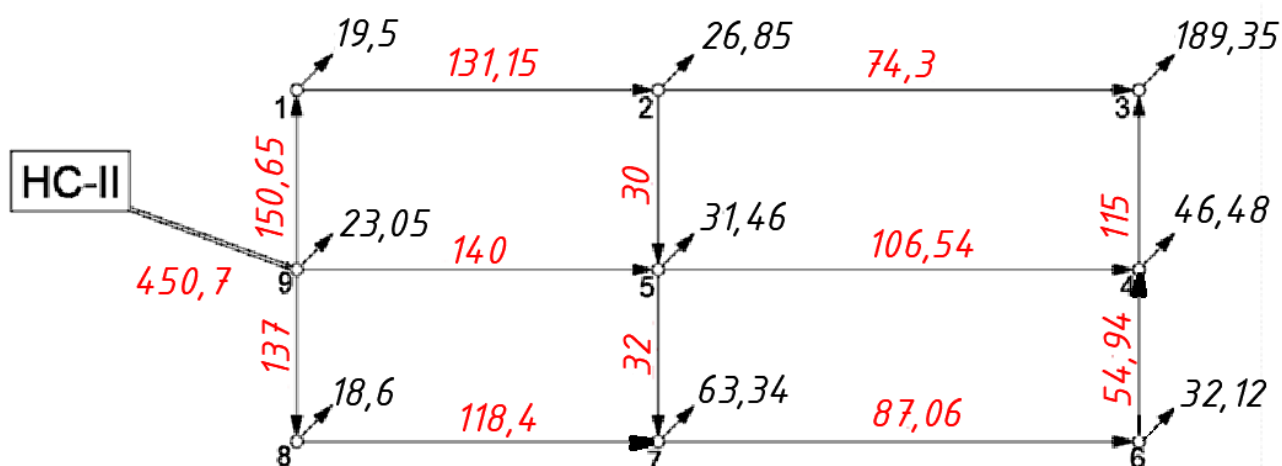


Рис. 1.5. Попередній розподіл витрат води для режиму максимального водоспоживання + пожежогашіння

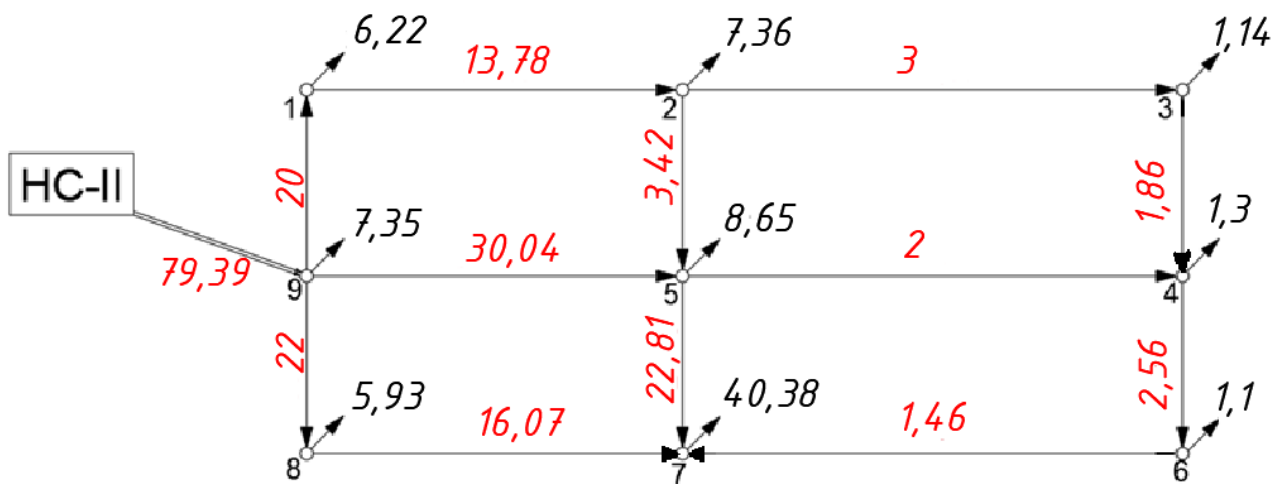


Рис. 1.6. Попередній розподіл витрат води для режиму мінімального водоспоживання

1.4. Визначення втрат напору в трубах та здійснення ув'язки кілець

Таблиця 1.19. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму максимального водоспоживання

ВОДОСПОЖИВАННЯ

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній поточкорозподіл							
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _п	S	h = S*q ²	h/q
1	9-1	420	350	130	1,35	0,4365	1	0,437	183,33	3,10	0,02
	1-2	710	350	110,50	1,15	0,4365	1,009	0,440	312,70	3,82	0,03
	2-5	420	200	20,00	0,64	8,092	1,106	8,950	3758,90	1,50	0,08
	5-9	710	350	120,00	1,25	0,4365	1	0,437	309,92	-4,46	0,04
										Δh кільця = 3,96	0,17
									Δq кільця = 11,59		
2	2-3	950	300	63,65	0,90	0,9485	1,04	0,986	937,12	3,80	0,06
	3-4	420	300	100,65	1,42	0,9485	1	0,949	398,37	-4,04	0,04
	4-5	950	300	78,54	1,11	0,9485	1,0135	0,961	913,24	-5,63	0,07
	2-5	420	200	20,00	0,64	8,092	1,106	8,950	3758,90	-1,50	0,08
										Δh кільця = -7,38	0,25
									Δq кільця = 14,95		
3	5-4	950	300	78,54	1,11	0,9485	1,0135	0,961	913,24	5,63	0,07
	4-6	335	250	68,59	1,40	2,528	1	2,528	846,88	-3,98	0,06
	6-7	957	300	75,71	1,07	0,9485	1,0195	0,967	925,41	-5,30	0,07
	7-5	335	200	30,00	0,96	8,092	1,035	8,375	2805,70	-2,53	0,08
										Δh кільця = -6,18	0,28
									Δq кільця = 10,88		
4	5-7	335	200	30,00	0,96	8,092	1,035	8,375	2805,70	2,53	0,08
	7-8	710	350	109,05	1,13	0,4365	1,0105	0,441	313,17	-3,72	0,03
	5-9	710	350	120,00	1,25	0,4365	1	0,437	309,92	4,46	0,04
	8-9	335	350	127,65	1,33	0,4365	1	0,437	146,23	-2,38	0,02
										Δh кільця = 0,88	0,17
									Δq кільця = 2,53		
									Δh контура = -8,72		

перше наближення								
Δq кільця	Δq сум. кільця	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	$h = S \cdot q^2$	h/q
-11,59		-11,59	118,41	1,23	1,000	183,33	2,57	0,02
-11,59		-11,59	98,91	1,03	1,027	318,28	3,11	0,03
-11,59	-14,95	-26,54	-6,54	-0,21	1,410	4792,08	-0,20	0,03
11,59	-2,53	9,06	129,06	1,34	1,000	309,92	-5,16	0,04
						Δh кільця =	0,32	0,12
						Δq кільця =	1,28	
14,95		14,95	78,60	1,11	1,014	913,24	5,64	0,07
-14,95		-14,95	85,70	1,21	1,000	398,37	-2,93	0,03
-14,95	10,88	-4,07	74,47	1,05	1,023	921,35	-5,11	0,07
-14,95	-11,59	-26,54	-6,54	-0,21	1,410	4792,08	0,20	0,03
						Δh кільця =	-2,19	0,21
						Δq кільця =	5,31	
10,88	-14,95	-4,07	74,47	1,05	1,023	921,35	5,11	0,07
-10,88		-10,88	57,71	1,18	1,005	850,69	-2,83	0,05
-10,88		-10,88	64,83	0,92	1,039	943,12	-3,96	0,06
-10,88	-2,53	-13,41	16,59	0,53	1,142	3095,76	-0,85	0,05
						Δh кільця =	-2,54	0,23
						Δq кільця =	5,52	
-2,53	-10,88	-13,41	16,59	0,53	1,142	3095,76	0,85	0,05
2,53		2,53	111,58	1,16	1,006	311,77	-3,88	0,03
-2,53	11,59	9,06	129,06	1,34	1,000	309,92	5,16	0,04
2,53		2,53	130,18	1,35	1,000	146,23	-2,48	0,02
						Δh кільця =	-0,35	0,15
						Δq кільця =	1,19	
						Δh контура =	-4,76	

п'яте наближення								
Δq кільця	Δq сум. кільця	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	$h = S \cdot q^2$	h/q
0,78		0,78	120,62	1,25	1,000	183,33	2,67	0,02
0,78		0,78	101,12	1,05	1,023	316,89	3,24	0,03
-0,78	0,54	-0,24	12,83	0,41	1,200	4078,37	-0,67	0,05
-0,78	0,63	-0,15	131,41	1,37	1,000	309,92	-5,35	0,04
						Δh кільця =	-0,12	0,15
						Δq кільця =	0,39	
0,54		0,54	87,09	1,23	1,000	901,08	6,83	0,08
-0,54		-0,54	77,21	1,09	1,017	404,94	-2,41	0,03
-0,54	0,66	0,12	75,66	1,07	1,020	918,65	-5,26	0,07
0,54	-0,78	-0,24	12,83	0,41	1,200	4078,37	0,67	0,05
						Δh кільця =	-0,17	0,23
						Δq кільця =	0,36	
0,66	-0,54	0,12	75,66	1,07	1,020	918,65	5,26	0,07
-0,66		-0,66	48,03	0,98	1,033	874,83	-2,02	0,04
-0,66		-0,66	55,15	0,78	1,064	965,81	-2,94	0,05
-0,66	0,63	-0,03	11,47	0,37	1,232	3339,73	-0,44	0,04
						Δh кільця =	-0,14	0,20
						Δq кільця =	0,33	
0,63	-0,66	-0,03	11,47	0,37	1,232	3339,73	0,44	0,04
-0,63		-0,63	107,02	1,11	1,014	314,10	-3,60	0,03
0,63	-0,78	-0,15	131,41	1,37	1,000	309,92	5,35	0,04
-0,63		-0,63	125,62	1,31	1,000	146,23	-2,31	0,02
						Δh кільця =	-0,11	0,13
						Δq кільця =	0,44	
						Δh контура =	-0,53	

Таблиця 1.20. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму максимального водоспоживання + пожежі

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потокорозподіл								
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _п	S	h = S*q ²	h/q	
1	1-9	420	350	150,65	1,57	0,4365	1	0,437	183,33	4,16	0,03	
	1-2	710	350	131,15	1,36	0,4365	1	0,437	309,92	5,33	0,04	
	2-5	420	200	30	0,96	8,092	1,035	8,375	3517,59	3,17	0,11	
	5-9	710	350	140	1,46	0,4365	1	0,437	309,92	-6,07	0,04	
										Δh кільця =	6,58	0,22
										Δq кільця =	15,16	
2	2-3	950	300	74,3	1,05	0,9485	1,0225	0,970	921,35	5,09	0,07	
	3-4	420	300	115	1,63	0,9485	1	0,949	398,37	-5,27	0,05	
	4-5	950	300	106,54	1,51	0,9485	1	0,949	901,08	-10,23	0,10	
	2-5	420	200	30	0,96	8,092	1,035	8,375	3517,59	-3,17	0,11	
										Δh кільця =	-13,58	0,32
										Δq кільця =	21,49	
3	4-5	950	300	106,54	1,51	0,9485	1	0,949	901,08	10,23	0,10	
	4-6	335	250	54,94	1,12	2,528	1,0135	2,562	858,31	2,59	0,05	
	6-7	957	300	87,06	1,23	0,9485	1	0,949	907,71	-6,88	0,08	
	5-7	335	200	32	1,02	8,092	1,0285	8,323	2788,08	-2,85	0,09	
										Δh кільця =	3,08	0,31
										Δq кільця =	4,95	
4	5-7	335	200	32	1,02	8,092	1,0285	8,323	2788,08	2,85	0,09	
	7-8	710	350	118,4	1,23	0,4365	1	0,437	309,92	-4,34	0,04	
	5-9	710	350	140	1,46	0,4365	1	0,437	309,92	6,07	0,04	
	8-9	335	350	137	1,42	0,4365	1	0,437	146,23	-2,74	0,02	
										Δh кільця =	1,84	0,19
										Δq кільця =	4,86	
									Δh контура =	-2,07		

перше наближення								
$\Delta q_{\text{кільця}}$	$\Delta q_{\text{сум.кільця}}$	Δq	$q, \text{ л/с}$	$V, \text{ м/с}$	K_1	S	$h = S \cdot q^2$	h/q
-15,16		-15,16	135,49	1,41	1,000	183,33	3,37	0,02
-15,16		-15,16	115,99	1,21	1,000	309,92	4,17	0,04
-15,16	-21,49	-36,65	-6,65	-0,21	1,410	4792,08	-0,21	0,03
15,16	-4,86	10,30	150,30	1,56	1,000	309,92	-7,00	0,05
						Δh кільця =	0,32	0,14
						Δq кільця =	1,16	
21,49		21,49	95,79	1,36	1,000	901,08	8,27	0,09
-21,49		-21,49	93,51	1,32	1,000	398,37	-3,48	0,04
-21,49	-4,95	-26,45	80,09	1,13	1,011	910,54	-5,84	0,07
-21,49	-15,16	-36,65	-6,65	-0,21	1,410	4792,08	0,21	0,03
						Δh кільця =	-0,84	0,23
						Δq кільця =	1,85	
-4,95	-21,49	-26,45	80,09	1,13	1,011	910,54	5,84	0,07
-4,95		-4,95	49,99	1,02	1,029	871,02	2,18	0,04
4,95		4,95	92,01	1,30	1,000	907,71	-7,68	0,08
4,95	-4,86	0,09	32,09	1,02	1,027	2784,01	-2,87	0,09
						Δh кільця =	-2,53	0,29
						Δq кільця =	4,38	
-4,86	4,95	0,09	32,09	1,02	1,027	2784,01	2,87	0,09
4,86		4,86	123,26	1,28	1,000	309,92	-4,71	0,04
-4,86	15,16	10,30	150,30	1,56	1,000	309,92	7,00	0,05
4,86		4,86	141,86	1,48	1,000	146,23	-2,94	0,02
						Δh кільця =	2,22	0,19
						Δq кільця =	5,69	
						Δh контура =	-0,84	

четверте наближення								
Δq кільця	Δq сум. кільця	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	$h = S \cdot q^2$	h/q
0,52		0,52	133,47	1,39	1,000	183,33	3,27	0,02
0,52		0,52	113,97	1,19	1,003	310,84	4,04	0,04
-0,52	-0,37	-0,90	11,27	0,36	1,240	4214,31	-0,54	0,05
-0,52	-0,55	-1,07	147,03	1,53	1,000	309,92	-6,70	0,05
						Δh кільця =	0,07	0,15
						Δq кільця =	0,22	
-0,37		-0,37	98,38	1,39	1,000	901,08	8,72	0,09
0,37		0,37	90,92	1,29	1,000	398,37	-3,29	0,04
0,37	0,47	0,84	81,73	1,16	1,008	907,83	-6,06	0,07
-0,37	-0,52	-0,90	11,27	0,36	1,240	4214,31	0,54	0,05
						Δh кільця =	-0,10	0,25
						Δq кільця =	0,20	
0,47	0,37	0,84	81,73	1,16	1,008	907,83	6,06	0,07
0,47		0,47	54,21	1,10	1,015	859,58	2,53	0,05
-0,47		-0,47	87,79	1,24	1,000	907,71	-7,00	0,08
-0,47	-0,55	-1,02	22,58	0,72	1,082	2933,11	-1,50	0,07
						Δh кільця =	0,10	0,27
						Δq кільця =	0,18	
-0,55	-0,47	-1,02	22,58	0,72	1,082	2933,11	1,50	0,07
0,55		0,55	128,55	1,34	1,000	309,92	-5,12	0,04
-0,55	-0,52	-1,07	147,03	1,53	1,000	309,92	6,70	0,05
0,55		0,55	147,15	1,53	1,000	146,23	-3,17	0,02
						Δh кільця =	-0,09	0,17
						Δq кільця =	0,27	
						Δh контура =	-0,02	

Таблиця 1.21. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму мінімального водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потікорозподіл								
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _п	S	h = S*q ²	h/q	
1	1-9	420	350	20	0,21	0,4365	1,41	0,615	258,50	0,10	0,01	
	1-2	710	350	13,78	0,14	0,4365	1,41	0,615	436,98	0,08	0,01	
	2-5	420	200	3,42	0,11	8,092	1,41	11,410	4792,08	0,06	0,02	
	5-9	710	350	30,04	0,31	0,4365	1,272	0,555	394,21	-0,36	0,01	
										Δh кільця =	-0,11	0,04
										Δq кільця =	1,44	
2	2-3	950	300	3	0,04	0,9485	1,41	1,337	1270,52	0,01	0,00	
	3-4	420	300	1,86	0,03	0,9485	1,41	1,337	561,70	0,00	0,00	
	4-5	950	300	2,00	0,03	0,9485	1,41	1,337	1270,52	-0,01	0,00	
	2-5	420	200	3,42	0,11	8,092	1,41	11,410	4792,08	-0,06	0,02	
										Δh кільця =	-0,05	0,02
										Δq кільця =	1,00	
3	4-5	950	300	2,00	0,03	0,9485	1,41	1,337	1270,52	0,01	0,00	
	4-6	335	250	2,56	0,05	2,528	1,41	3,564	1194,10	0,01	0,00	
	6-7	957	300	1,46	0,02	0,9485	1,41	1,337	1279,88	0,00	0,00	
	5-7	335	200	22,81	0,73	8,092	1,079	8,731	2924,97	-1,52	0,07	
										Δh кільця =	-1,51	0,07
										Δq кільця =	10,15	
4	5-7	335	200	22,81	0,73	8,092	1,079	8,731	2924,97	1,52	0,07	
	7-8	710	350	16,07	0,17	0,4365	1,41	0,615	436,98	-0,11	0,01	
	5-9	710	350	30,04	0,31	0,4365	1,272	0,555	394,21	0,36	0,01	
	8-9	335	350	22,00	0,23	0,4365	1,378	0,601	201,50	-0,10	0,00	
										Δh кільця =	1,67	0,09
										Δq кільця =	9,26	
									Δh контура = □	0,00		

перше наближення								
$\Delta q_{\text{кільця}}$	$\Delta q_{\text{сум.кільця}}$	Δq	$q, \text{ л/с}$	$V, \text{ м/с}$	K_1	S	$h = S \cdot q^2$	h/q
1,44		1,44	21,44	0,22	1,378	252,63	0,12	0,01
1,44		1,44	15,22	0,16	1,410	436,98	0,10	0,01
1,44	-1,00	0,43	3,85	0,12	1,410	4792,08	0,07	0,02
-1,44	-9,26	-10,70	19,34	0,20	1,410	436,98	-0,16	0,01
						Δh кільця =	0,12	0,04
						Δq кільця =	1,60	
1,00		1,00	4,00	0,06	1,410	1270,52	0,02	0,01
1,00		1,00	2,86	0,04	1,410	561,70	0,00	0,00
-1,00	10,15	9,15	11,15	0,16	1,410	1270,52	-0,16	0,01
-1,00	1,44	0,43	3,85	0,12	1,410	4792,08	-0,07	0,02
						Δh кільця =	-0,20	0,04
						Δq кільця =	2,59	
10,15	-1,00	9,15	11,15	0,16	1,410	1270,52	0,16	0,01
10,15		10,15	12,71	0,26	1,330	1126,35	0,18	0,01
10,15		10,15	11,61	0,16	1,410	1279,88	0,17	0,01
-10,15	-9,26	-19,41	3,40	0,11	1,410	3822,26	-0,04	0,01
						Δh кільця =	0,47	0,06
						Δq кільця =	4,16	
-9,26	-10,15	-19,41	3,40	0,11	1,410	3822,26	0,04	0,01
9,26		9,26	25,33	0,26	1,320	409,09	-0,26	0,01
-9,26	-1,44	-10,70	19,34	0,20	1,410	436,98	0,16	0,01
9,26		9,26	31,26	0,33	1,264	184,83	-0,18	0,01
						Δh кільця =	-0,24	0,04
						Δq кільця =	3,13	
						Δh контура =	0,15	

п'яте наближення								
Δq кільця	Δq сум. кільця	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	$h = S \cdot q^2$	h/q
0,27		0,27	20,56	0,21	1,394	255,56	0,11	0,01
0,27		0,27	14,34	0,15	1,410	436,98	0,09	0,01
0,27	0,51	0,78	1,39	0,04	1,410	4792,08	0,01	0,01
-0,27	-0,52	-0,79	21,18	0,22	1,378	427,06	-0,19	0,01
						Δh кільця =	0,02	0,03
						Δq кільця =	0,29	
-0,51		-0,51	5,59	0,08	1,410	1270,52	0,04	0,01
-0,51		-0,51	4,45	0,06	1,410	561,70	0,01	0,00
0,51	0,28	0,79	6,29	0,09	1,410	1270,52	-0,05	0,01
0,51	0,27	0,78	1,39	0,04	1,410	4792,08	-0,01	0,01
						Δh кільця =	-0,01	0,02
						Δq кільця =	0,18	
0,28	0,51	0,79	6,29	0,09	1,410	1270,52	0,05	0,01
0,28		0,28	9,44	0,19	1,410	1194,10	0,11	0,01
0,28		0,28	8,34	0,12	1,410	1279,88	0,09	0,01
-0,28	-0,52	-0,80	7,63	0,24	1,346	3648,76	-0,21	0,03
						Δh кільця =	0,03	0,06
						Δq кільця =	0,29	
-0,52	-0,28	-0,80	7,63	0,24	1,346	3648,76	0,21	0,03
0,52		0,52	24,36	0,25	1,330	412,19	-0,24	0,01
-0,52	-0,27	-0,79	21,18	0,22	1,378	427,06	0,19	0,01
0,52		0,52	30,29	0,32	1,272	186,00	-0,17	0,01
						Δh кільця =	-0,01	0,05
						Δq кільця =	0,11	
						Δh контура =	0,03	

Таблиця 1.22. Гідравлічний розрахунок підключаючих трубопроводів і водоводів

Ділянка	Довжина l , км	Діаметр D , мм	Витрата q , л/с	Швидкість, V , м/с	$1000i$, м/км	$h = 1000i \cdot l$, м
3 - № 1	0,1	300	$157,00/2=78,5$	1,09	6,01	0,601
4 - № 2	0,3	150	$38,07/2=19,035$	1,04	13,7	4,11
7 - № 3	0,1	150	$37,62/2=18,81$	1,04	13,7	1,37
НС-II – 9 (max)	2,4	450	$400,73/2=200,365$	1,25	4,74	11,4
НС-II – 9 (max+пож)	2,4	450	$450,7/2=225,35$	1,42	6,06	14,54
НС-II – 9 (min)	2,4	450	$79,4/2=39,7$	0,25	0,253	0,61

1.5. Визначення вільних напорів і п'єзометричних відміток у вузлах водопровідної мережі та напору насосів

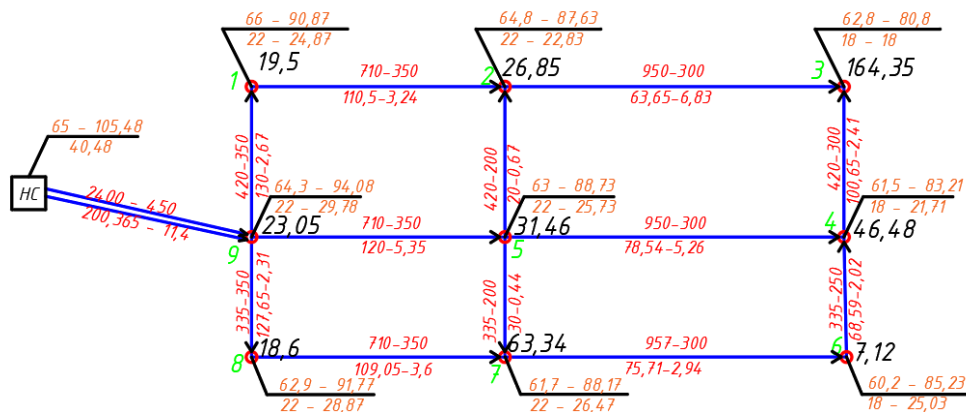


Рис. 1.7. Розрахункова схема мережі для режиму максимального водоспоживання

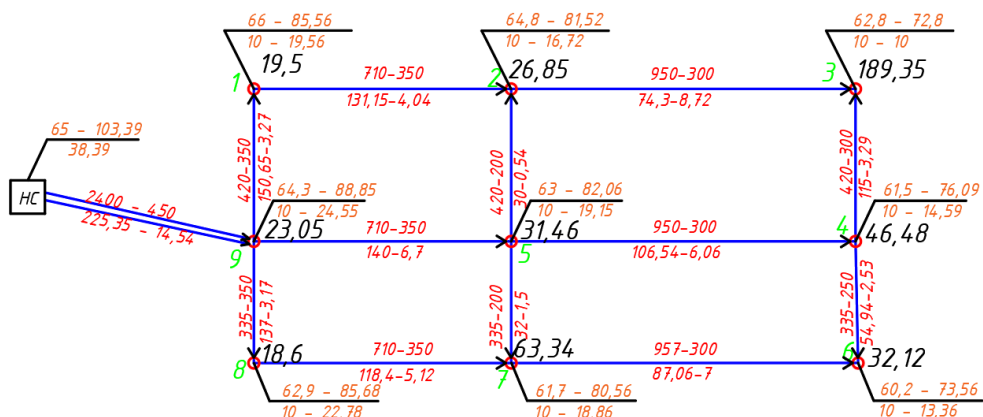


Рис. 1.8. Розрахункова схема мережі для режиму максимального водоспоживання + пожежогасіння

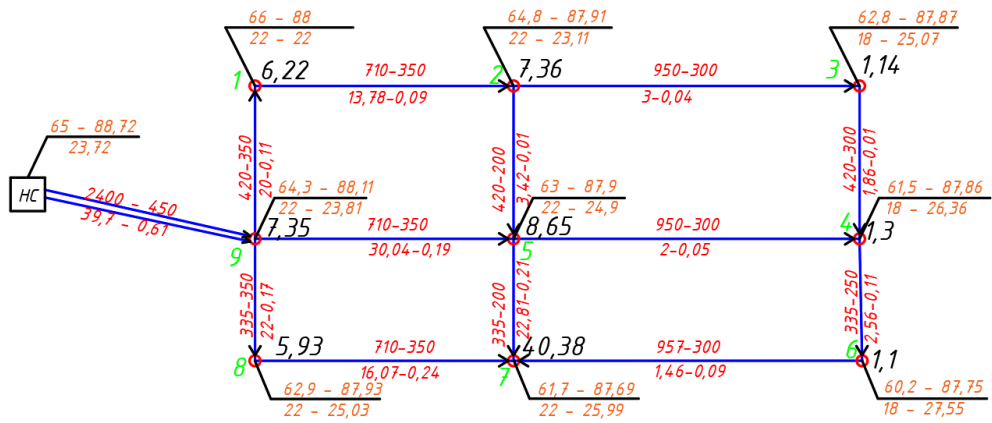
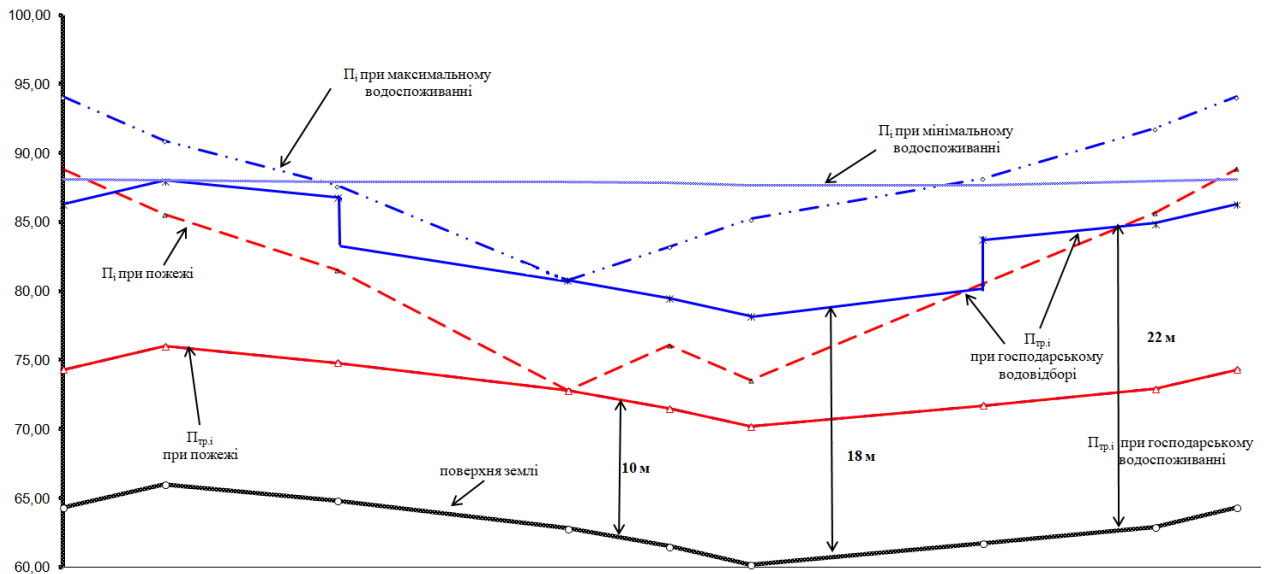


Рис. 1.9. Розрахункова схема мережі для режиму мінімального водоспоживання



№ вузла	9	1	2	3	4	6	7	8	9
$l, \text{ м}$	420	710	950	420	335	957	710	335	
$Z_{\text{землі}}, \text{ м}$	64,30	66,00	64,80	62,80	61,50	60,20	61,70	62,90	64,30
$\Pi_{i,\text{max}}, \text{ м}$	88,85	94,08	87,63	80,80	83,21	85,23	88,17	91,77	94,08
$\Pi_{i,\text{пож}}, \text{ м}$	88,85	85,56	81,52	72,80	76,09	73,56	80,56	85,68	88,85
$\Pi_{i,\text{min}}, \text{ м}$	88,11	88,00	87,91	87,87	87,86	87,75	87,69	87,93	88,11
$\Pi_{\text{тр,госп}}, \text{ м}$	86,30	88,00	86,80	80,80	79,50	78,20	83,70	84,90	86,30
$\Pi_{\text{тр,пож}}, \text{ м}$	74,30	76,00	74,80	72,80	71,50	70,20	71,70	72,90	74,30

РОЗДІЛ 2
ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ
ПІДЗЕМНОГО ВОДОЗАБОРУ

Консультант: / доц. Аргатенко Т.В. /

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лист
						35

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Таблиця 2.1. Вихідні дані до проектування

Геологічний опис порід	Потужність м
Рослинний шар	0,7
Пісок середньозернистий	12
Суглинок	17
Пісок крупнозернистий	21
Мергель	19
Крейда	12
Вапняк	9
Супісок	25
Глина	11
Пісок водоносний	28
Глина щільна	10
Вихідні дані	
Статичний напір від рівня поверхні землі	36 м
Коефіцієнт фільтрації експлуатаційного пласта	$k = 22$ м/добу
Перевищення відмітки подачі над поверхнею землі	8 м

2.1. Визначення категорії надійності та продуктивності водозабору

Оскільки населення міста становить 39000 осіб, що є меншим за 50000 осіб, то приймаємо водозабір **II** категорії надійності.

Продуктивність водозабору:

$$Q_{\text{розр}} = Q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 21698 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 25061,2 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Продуктивність водозабору на перспективний період:

$$Q_{\text{персп}} = Q_{\text{розр}} \cdot k_4 = 25061,2 \cdot 1,2 = 30073,2 \text{ м}^3/\text{добу}$$

2.2. Вибір водоносного шару

З урахуванням факторів надійності, а також для забезпечення безперебійної та ефективної роботи приймаємо джерелом водопостачання шар пісковик водоносний потужністю 28 м, з напором 36 м та коефіцієнтом фільтрації 22 м/добу.

Глибина, м	Характеристика порід	Літологічний склад порід	Потужність, м	Глибина підшви, м	Абсолютна відмітка підшви, м	Гідрогеологічна характеристика
	Рослинний шар		0,7	0,7		Статичний рівень – 36 м
10	Пісок середньозернистий		12	12,7		
20	Суглинок		17	29,7		
40	Пісок крупний		21	50,7		
60	Мергель		19	69,7		
80	Крейда		12	81,7		
90	Вапняк		9	90,7		
100	Супісок		25	115,7		
130	Глина		11	126,7		
140	Пісковик водоносний		28	154,7		
160	Глина щільна		10	164,7		
170						

Рис. 2.1. Геологічний розріз ділянки можливого розміщення водозабірних свердловин

Напір над підшвою пласта:

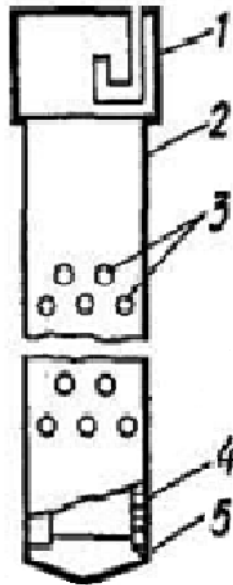
$$154,7 - 36 = 118,7 \text{ м}$$

Коефіцієнт фільтрації експлуатаційного пласта $k = 25$ м/добу.

Якість води відповідає [4].

2.3. Вибір типу водозабірних споруд

За рекомендаціями [1] приймаємо фільтрову свердловину та трубчастий фільтр з круглими отворами.



трубчастий фільтр-каркас з круглими отворами

- 1 – муфта з фігурним вирізом;
- 2 – надфільтрова труба;
- 3 – водоприймальні отвори;
- 4 – відстійник;
- 5 – пробка

Рис. 2.2. Схема трубчастого фільтра з круглими отворами

2.4. Гідрогеологічні розрахунки

Водоносний пласт є напірним, оскільки напір над підосвою пласта $H=126,7$ м перевищує його потужність $m=28$ м.

Розглянемо свердловину як досконалу, тобто таку, що перетинає водоносний пласт.

Максимально допустиме зниження статичного рівня:

$$S_{\text{доп}} = H - (0,3 \dots 0,5) \cdot m - H_N - \Delta S_{\phi}$$

$$S_{\text{доп}} = 118,7 - (0,3 \dots 0,5) \cdot 28 - 6 - 3 = 101,3 \dots 95,7 \text{ м.}$$

З огляду на те, що обчислене за формулою допустиме пониження початкового рівня води зменшує його до рівня покрівлі водоносного пласта, величину допустимого пониження необхідно визначати наступним способом:

$$S_{\text{доп}} \approx (0,2 \dots 0,3) \cdot H = (0,2 \dots 0,3) \cdot 118,7 = 23,68 \dots 35,52 \text{ м}$$

Приймаємо $S_{\text{доп}} = 30 \text{ м}$.

Потужність досконалого колодязя, що здійснює забір води з напірного водоносного пласта:

$$Q = \frac{2,73 \cdot k \cdot m \cdot S_{\text{доп}}}{\lg \frac{R}{r}}$$

Радіус впливу колодязя:

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 30 \cdot \sqrt{25} = 1500 \text{ м}$$

Продуктивність свердловини:

$$Q = \frac{2,73 \cdot 25 \cdot 28 \cdot 30}{\lg \frac{1500}{0,1}} = 17728,12 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}} = 572,005 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \approx 572 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

2.4.1. Попередній підбір насоса

Необхідний напір:

$$H_H = (z_{\text{землі}} - z_{\text{ст}}) + \Delta z + S_{\text{доп}} + \Sigma h$$

Загальні втрати напору:

$$\Sigma h = \Delta S_{\phi} + h_{\text{вт}} + \Sigma h_{\text{нв}} = 3 + 3 + 5 = 11 \text{ м}$$

$$H_H = 35 + 9 + 30 + 11 = 85 \text{ м}$$

За зведеним графіком характеристик насосів попередньо обираємо насос марки **GRUNDFOS SP 215-5** з максимальною можливою подачею $Q = 280 \text{ м}^3/\text{год} = 6 \text{ 720 м}^3/\text{добу}$.

2.4.2. Розрахунок фільтра

Пропускна спроможність фільтра (за умови його максимальної довжини):

$$Q_{\phi} = \pi \cdot d_{\phi} \cdot l_{\phi} \cdot V_{\phi}$$

Максимальна довжина фільтра:

$$l_{\phi} = m - 1 - 1 = 28 - 1 - 1 = 26 \text{ м}$$

Допустима вихідна швидкість фільтра:

$$V_{\phi} = 65 \cdot \sqrt[3]{k} = 65 \sqrt[3]{25} = 190,06 \frac{\text{м}}{\text{добу}}$$

Водоприймальна потужність фільтра:

$$Q_{\phi} = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 26 \cdot 190,06 = 3103,29 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}} = 129,3 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Приймаємо витрату свердловини 3103,29 м³/добу.

2.5. Визначення кількості свердловин

На розрахунковий період:

$$n_1 = \frac{Q_{\text{розр}}}{Q_1} = \frac{25061,2}{3103,29} = 8,07$$

На розрахунковий період 9 свердловин та 2 резервних.

На перспективний період:

$$n_{1\text{перс}} = \frac{Q_{\text{персп}}}{Q_1} = \frac{30073,2}{3103,29} = 9,688$$

На перспективний період приймаємо 10 свердловин та 2 резервних.

2.5.1. Уточнення витрати свердловин

На розрахунковий період:

$$Q_{\text{св}}^{\text{р}} = \frac{Q_{\text{розр}}}{n_{\text{р}}} = \frac{25061,2}{9} = 2784,58 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

На перспективний період:

$$Q_{\text{св}}^{\text{п}} = \frac{Q_{\text{персп}}}{n_{\text{персп}}} = \frac{30073,2}{10} = 3007,32 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Приймаємо для подальших розрахунків витрату $Q_{\text{св}}^{\text{п}} = 3007,32 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Уточнення S – зниження статичного рівня та R – радіусу впливу:

$$1. S = \frac{Q_{\text{св}}^{\text{п}}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3007,32}{2,73 \cdot 25 \cdot 28} \cdot \lg \frac{1500}{0,1} = 6,36 \text{ м}.$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 6,36 \cdot \sqrt{25} = 318 \text{ м}.$$

$$2. S = \frac{Q_{\text{св}}^{\text{п}}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3007,32}{2,73 \cdot 25 \cdot 28} \cdot \lg \frac{318}{0,1} = 5,34 \text{ м}.$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 5,34 \cdot \sqrt{25} = 267 \text{ м}.$$

$$3. S = \frac{Q_{CB}^{\Pi}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3007,32}{2,73 \cdot 25 \cdot 28} \cdot \lg \frac{267}{0,1} = 5,22 \text{ м.}$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 5,22 \cdot \sqrt{25} = 261 \text{ м.}$$

$$4. S = \frac{Q_{CB}^{\Pi}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3007,32}{2,73 \cdot 25 \cdot 28} \cdot \lg \frac{261}{0,1} = 5,21 \text{ м.}$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 5,21 \cdot \sqrt{25} = 260,5 \text{ м.}$$

$$5. S = \frac{Q_{CB}^{\Pi}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3007,32}{2,73 \cdot 25 \cdot 28} \cdot \lg \frac{260,5}{0,1} = 5,37 \text{ м.}$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 5,37 \cdot \sqrt{25} = 268,5 \text{ м.}$$

2.6. Вибір схеми розташування свердловин

Зважаючи, що максимальна кількість свердловин не повинна бути більшою 16, приймаємо дволінійну схему з чотирма точками підключення.

За [6] для пісковиків з витратою $Q = 100 - 500 \text{ м}^3/\text{год}$ рекомендована відстань для свердловини 150-200 м. Приймаємо 200 м.

Допустиме пониження статичного рівня води, враховуючи взаємний вплив свердловин:

$$S_0 = \frac{Q_{CB}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \left(\lg \frac{R}{r_0} + \lg \frac{R}{r_1} + \dots + \lg \frac{R}{r_n} \right)$$

$$S_0 = \frac{3007,32}{2,73 \cdot 25 \cdot 28} \left(\lg \frac{260,5}{0,1} + 2 \lg \frac{260,5}{200} \right) = 5,74 \text{ м}$$

Додаткове пониження, що забезпечує подолання опору при русі води з пласта через фільтр до колодязя:

$$\Delta S_{\phi} = 0,01 \cdot a \cdot \sqrt{\frac{Q_{CB} \cdot S_0}{k \cdot F_{\phi}}}$$

Робоча площа фільтра:

$$F_{\phi} = \pi \cdot d_{\phi} \cdot l_{\phi} = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 26 = 16,328 \text{ м}$$

Для перспективного періоду:

$$\Delta S_{\phi} = 0,01 \cdot 7 \cdot \sqrt{\frac{3007,32 \cdot 5,74}{25 \cdot 16,328}} = 0,455 \text{ м}$$

Загальне пониження статичного рівня у свердловині (перспективний період):

$$S_0 + \Delta S_{\Phi} = 5,74 + 0,455 = 6,195 \text{ м} < S_{\text{доп}} = 30 \text{ м.}$$

2.7. Визначення мінімальної глибини занурення насоса у свердловину

$$H_{\text{глин}} = z_{\text{ст}} + S_0 + \Delta S_{\Phi} + h_{\text{щ}} + H_{\text{н}} = 36 + 5,74 + 0,455 + 1 + 2 = 45,195 \text{ м}$$

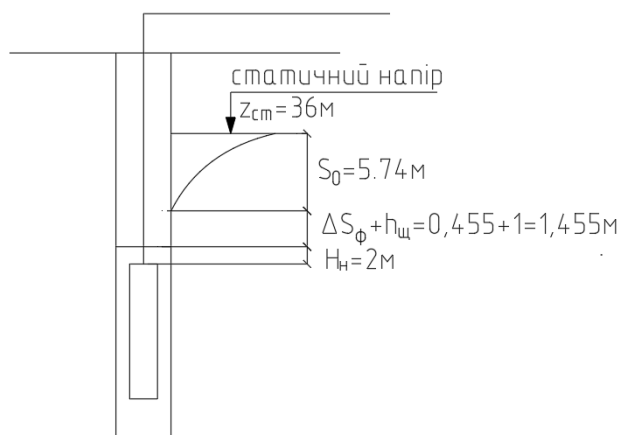


Рис. 2.3. Схема для визначення мінімальної глибини занурення насоса у свердловину

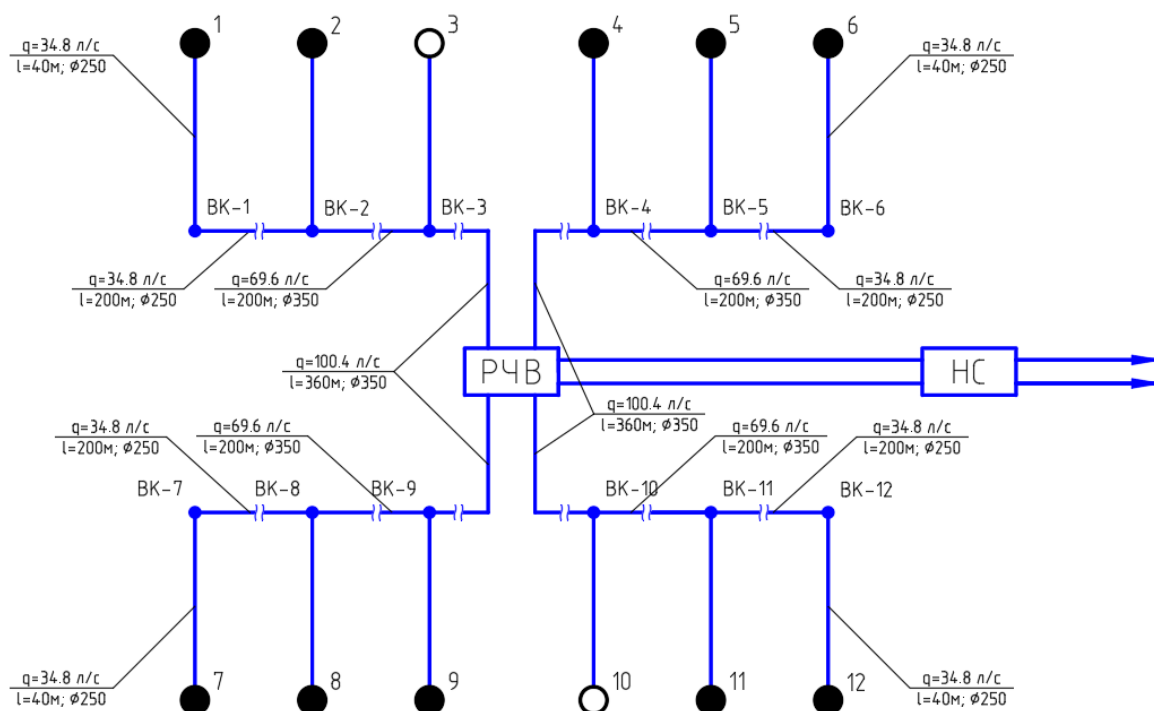


Рис. 2.4. Схема збірних трубопроводів

Для розрахунків обираємо шлях Св. 1-1-2-3-РЧВ.

1. Діаметр водопідйомних труб:

Ділянка від заглибленого насоса у свердловині до устя свердловини Св.1:

$$Q_{\text{св}} = 3007,32 \text{ м}^3 / \text{добу} = 34,8$$

$$V_{\text{рек}} = 1,5 - 2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За [7] приймаємо $d = 150 \text{ мм}$, $v = 1,71 \text{ м/с}$, $1000i = 34,4 \text{ м/км}$.

2. Діаметри напірного трубопроводу:

Ділянки Св.1-1-2:

$$Q_{\text{св.1-1-2}} = 34,8 \text{ л/с}$$

$$V_{\text{рек}} = 0,4 - 0,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За [7] приймаємо $d = 250 \text{ мм}$, $v = 0,63 \text{ м/с}$, $1000i = 2,71 \text{ м/км}$.

Ділянки 2-3:

$$Q_{2-3} = 34,8 \cdot 2 = 69,6 \text{ л/с}$$

$$V_{\text{рек}} = 0,4 - 0,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За [7] приймаємо $d = 350 \text{ мм}$, $v = 0,65 \text{ м/с}$, $1000i = 1,84 \text{ м/км}$.

3. Діаметр магістрального трубопроводу:

Ділянка 3-РЧВ:

$$Q_{3-РЧВ} = 34,8 \cdot 3 = 100,4 \text{ л/с}$$

$$V_{\text{рек}} = 0,4 - 0,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За [7] приймаємо $d = 350 \text{ мм}$, $v = 0,96 \text{ м/с}$, $1000i = 3,78$.

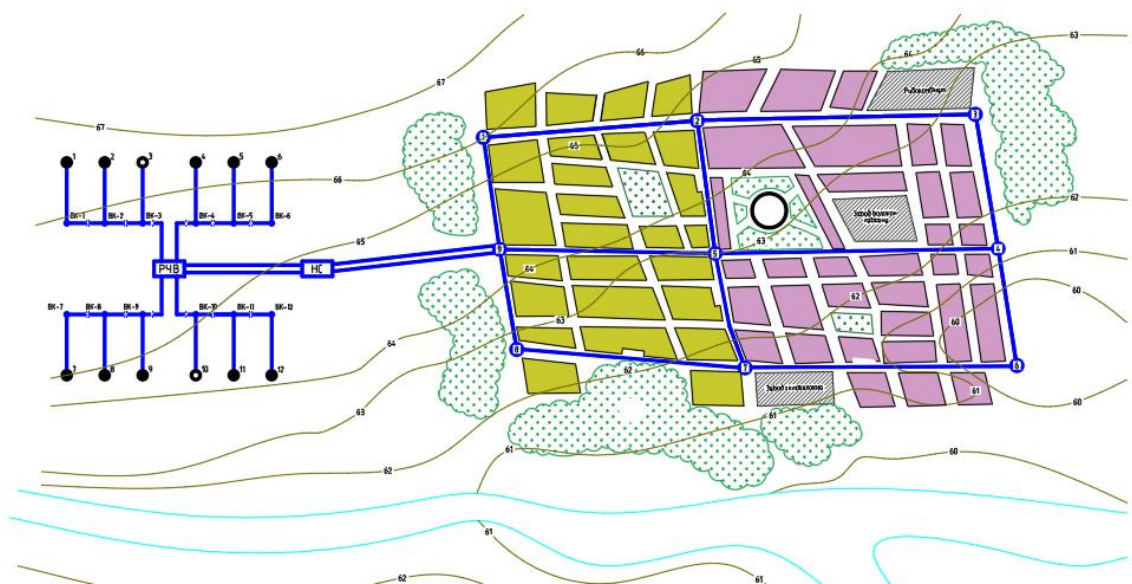


Рис. 2.5. Ситуаційний план водопровідної мережі міста М1:20000

РОЗДІЛ 3
НАСОСНА СТАНЦІЯ

Консультант: / доц. Аргатенко Т.В. /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							44
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1. Вихідні дані до виконання проекту

Кількість мешканців міста	39000 чел
Кількість напірних водоводів	2
Витрата, що проходить по водоводам	300,37 л/с
Довжина напірних водоводів	400 мм
Напір НС-II	40,48 м
Максимальне добове водоспоживання	251,13 л/с
Пожежні витрати	50 л/с
Відмітки землі	в насосній станції $z_{НС}=65$ м
	в диктуючій точці $z_{ВВ}=62,8$ м
Втрати напору в мережі при МАХ	24,14 м

3.1. Визначення робочих параметрів насосної станції

За водоспоживанням міста приймаємо:

$$Q_{НС} = Q_{\max}^{\text{год}} = Q_{НС}^{\text{тр}} = 1142,7 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 400,75 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Витрата напірного водовода:

$$Q_{Н.В} = \frac{Q_{НС}}{n} = \frac{400,75}{2} = 200,37 \text{ л/с.}$$

За [8] приймаємо руби чавунні, $d=450$ мм, $1000i = 4,74$ м/км, $v = 1,25$ м/с.

Необхідний напір насосної станції:

$$H_{Н.С.} = H_{\text{Гео}} + \Sigma h$$

Сума втрат:

$$\Sigma h = h_{у.в} + h_{Н.С.} + h_{вдв} + h_{Н.В} + h_{М} = 0,5 + 2,0 + 1 + 12,51 + 12,74 = 28,75 \text{ м.}$$

Статичний напір:

$$H_{\text{Гео}} = \downarrow ДТ + H_{\text{Віл}}^{\Gamma} - \downarrow ПЗ = 62,8 + 18 - 65 = 15,8 \text{ м}$$

Втрати напору в напірному водоводі:

$$h_{Н.В.} = (1,05 \dots 1,1) * 1000i * L_{Н.В.} = 1,1 * 4,74 * 2,4 = 12,51 \text{ м}$$

Необхідний напір:

$$H_{н.с.} = 15,8 + 28,75 = 44,55 \text{ м}$$

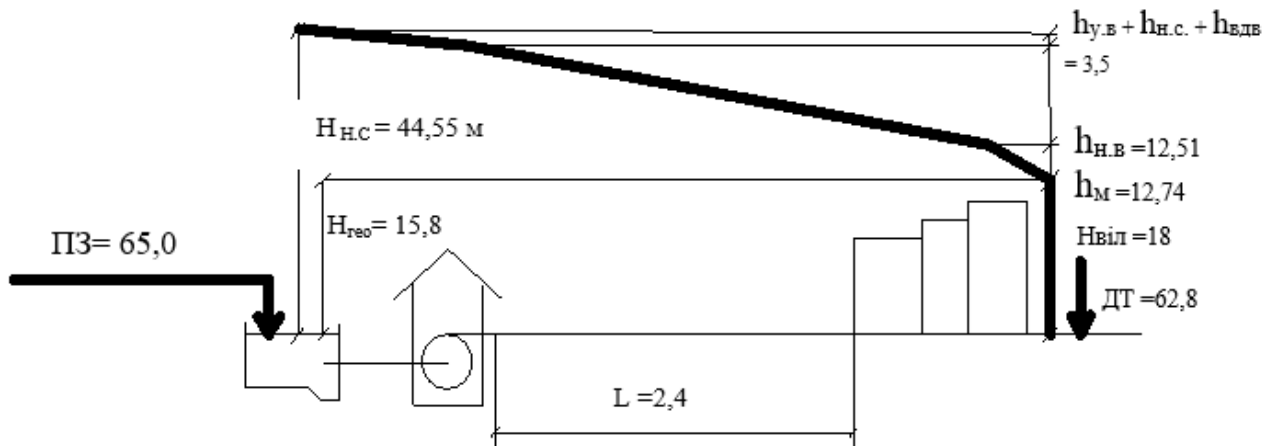


Рис. 3.1. Висотна схема

Таблиця 3.2. Розрахунок характеристик напірних трубопроводів

№ п/п	Напори	Витрати, м ³ /год				
		0	476,091	721,35	1442,70	1586,97
		Відношення Q/Q _{н.с.}				
		0	0,33	0,5	1	1,1
Два водовода						
1	H _{geo}	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
2	h _{у.в.}	0,00	0,05	0,13	0,50	0,61
3	h _{н.с.}	0,00	0,20	0,50	2,00	2,42
4	h _{вдв}	0,00	0,10	0,25	1,00	1,21
5	h _{н.в.}	0,00	1,25	3,13	12,51	15,14
6	h _м	0,00	1,27	3,19	12,74	15,42
7	H _{2d}	15,80	18,68	22,99	44,5536	50,59
Один водовод						
8	H _{geo}	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
9	h _{у.в.}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	h _{н.с.}	0,00	0,20	0,50	2,00	2,42
11	h _{вдв}	0,00	0,15	0,38	1,50	1,82
12	h _{н.в.}	0,00	4,01	10,02	40,07	48,48
13	h _м	0,00	1,27	3,19	12,74	15,42
14	H _d	15,80	21,43	29,88	72,1080	83,93
Два водовода. Одна перемичка. Аварія						
15	H _{geo}	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
16	h _{у.в.}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	h _{н.с.}	0,00	0,20	0,50	2,00	2,42
18	h _{вдв}	0,00	0,15	0,38	1,50	1,82
19	h _{н.в.}	0,00	2,63	6,57	26,29	31,81
20	h _м	0,00	1,27	3,19	12,74	15,42
21	H _d	15,80	20,05	26,43	58,3308	67,26

Вибір насосів

Залежно від $Q = 1656,67 \text{ м}^3/\text{год} = 460,19 \text{ л/с}$ та $H = 44,55 \text{ м}$ підбираємо насоси:

- при 2 насосах $Q = (1442,7 * 1,05) / 2 = 757,42 \text{ м}^3/\text{год}$
- при 3 насосах $Q = (1442,7 * 1,05) / 3 = 504,94 \text{ м}^3/\text{год}$
- при 4 насосах $Q = (1442,7 * 1,05) / 4 = 378,71 \text{ м}^3/\text{год}$

Таблиця 3.3. Варіанти для підбору насосів

Вар.	Марка насоса	n_H	η	P1	P2	Посилання	NPSH
a	NKG 300-250-400/385 AA2F2AESBAQE2W3	2	0,84	116,8	112,7		6.39
b	NBG 200-150-400/431 AAF3KESDAQF2W3	3	0,842	105,1	101,5		4,74
c	NBG 200-150-200/210 AAF3JESDAQFWW1	4	0,613	79,66	76,46		13,78

Посилання:

- <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/nkg-nkge-nkg-bare-shaft/nkg/nkg-300-250-400385-98319839?pumpsystemid=2821828631&tab=variant-curves>
- <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/nbg-nbge/nbg/nbg-200-150-400431-98798605?pumpsystemid=2821801716&tab=variant-curves>

За більшим ККД й показниками P1 та P2, приймаємо варіант «b» **NBG 200-150-400/431 AAF3KESDAQF2W3**.

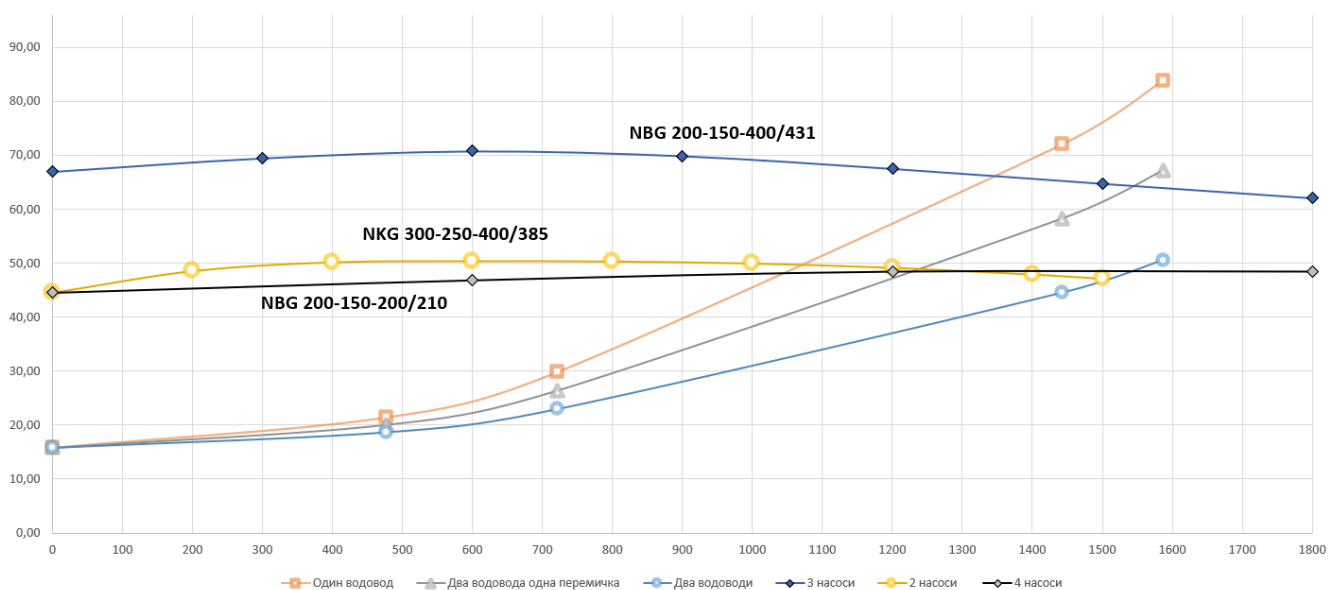


Рис. 3.2. Графік сумісної роботи насосів та водоводів

3.2. Розрахунок режиму роботи насосної станції при подачі води на пожежогасіння

За водоспоживанням міста приймаємо:

$$Q_{\text{нс}} = q_{\text{погод, макс}} + q^{\text{п}} = 1442,7 + 25 * 2 * 3,6 = 1622,7 \frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}} = 450,75 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Витрата напірного водовода:

$$Q_{\text{н.в}} = \frac{Q_{\text{н.с}}}{n} = \frac{450,75}{2} = 225,37 \text{ л/с.}$$

За [8] приймаємо руби сталеві, $d=450$ мм, $1000i = 5,81$ м/км, $v = 1,33$ м/с.

Необхідний напір насосної станції:

$$H_{\text{н.с.}} = H_{\text{гео}} + \Sigma h$$

Статичний напір:

$$H_{\text{гео}} = Z_{\text{д.т.}} - Z_{\text{рчв}} + H_{\Gamma} = 62,8 - 62,6 + 10 = 10,2 \text{ м}$$

Втрати напору в напірному водоводі:

$$h_{\text{н.в.}} = (1,05 \dots 1,1) * 1000i * L_{\text{н.в.}} = 1,1 * 5,81 * 2,4 = 15,34 \text{ м}$$

Необхідний напір:

$$H_{\text{н.с.}} = 10,2 + 15,34 + 0,5 + 2 + 1 + 16,03 = 45,07 \text{ м}$$

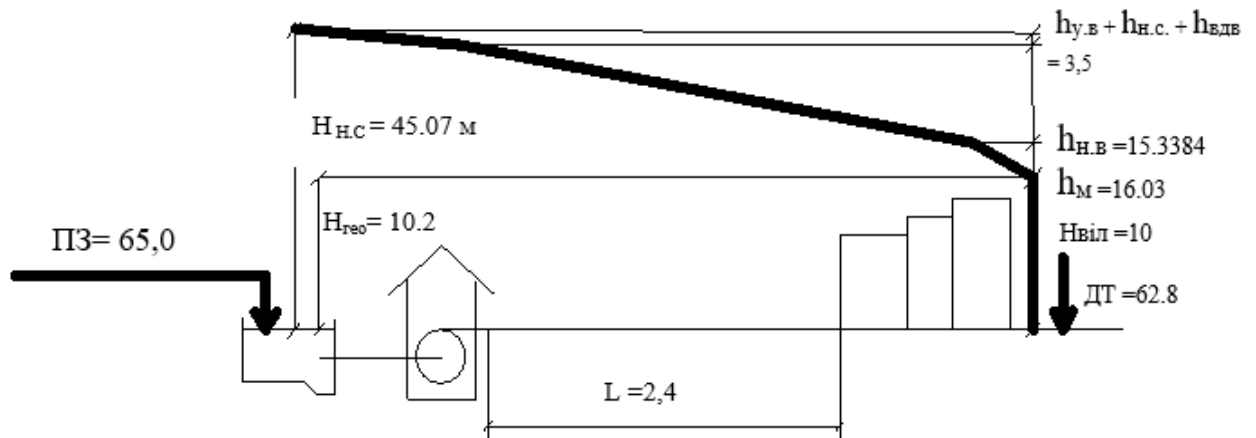


Рис. 3.3. Висотна схема

Таблиця 3.4. Розрахунок характеристик напірних трубопроводів для режиму пожежогасіння

№ П/П	Напори	Витрати, м ³ /год				
		0	476,091	721,35	1622,70	1784,97
		Відношення Q/Q _{н.с.}				
		0	0,33	0,5	1	1,1
Два водовода						
1	H _{гео}	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
2	h _{у.в.}	0,00	0,05	0,13	0,50	0,61
3	h _{н.с.}	0,00	0,20	0,50	2,00	2,42
4	h _{вдв}	0,00	0,10	0,25	1,00	1,21
5	h _{н.в.}	0,00	1,53	3,83	15,34	18,56
6	h _м	0,00	1,60	4,01	16,03	19,40
7	H _{2d}	10,20	13,69	18,92	45,0684	52,39

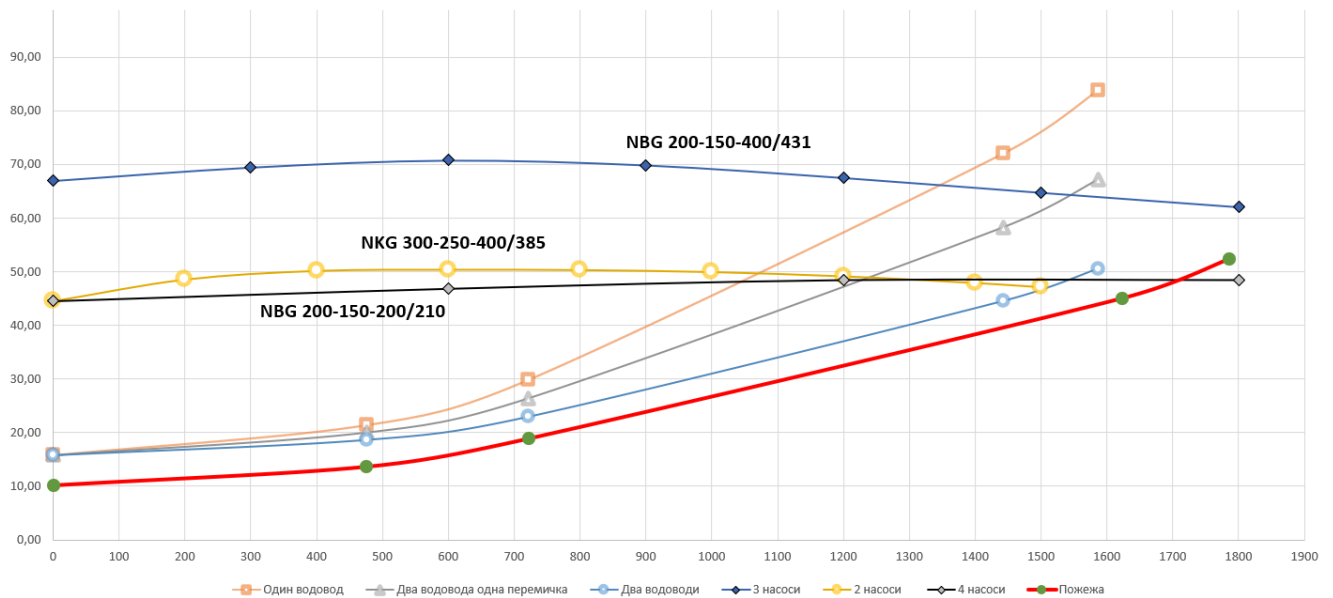


Рис. 3.4. Графік сумісної роботи насосів та водоводів для режиму пожежогасіння

Для режиму пожежогасіння нам достатньо прийнятих 3-х насосів NBG 200-150-400/431 (3 робочих, 2 резервний).

Таблиця 3.5. Характеристика насосу NBG 200-150-400/431

Розділ	Параметр	Значення
Основне	Найменування продукту	NBG 200-150-400/431 AAE2CESBQQE2W3
	Артикул	99803475
	Рідина	Вода
Рідина	Діапазон температур	-25...+120 °C
	Температура характеристик	20 °C
	Щільність	998.2 кг/м ³
Гідравліка	Номінальна витрата	560.2 м ³ /год
	Номінальний напір	60.94 м
	Швидкість	1485 об/хв
	Діаметр колеса (факт/номинал)	431 / 400 мм
	Тип колеса	Стандартне
	Допуск характеристик	ISO 9906:2021 3B
Вал та уцільнення	Тип уцільнення	BQQE
	Виконання уцільнення	Одиничне
	Діаметр вала	48 мм
Матеріали	Корпус насоса	Чавун EN-GJL-250
	Робоче колесо	Чавун EN-GJL-200 / ASTM class 30
	Компенсаційне кільце	ASTM class 35
	Уцільнювальне кільце	Bronze CuSn10-C
	Внутрішнє покриття	CED
	Вал	Нерж. сталь EN 1.4401 (AISI 316)
Монтаж	Макс. t довкілля	40 °C
	Макс. робочий тиск	16 бар
	Фланці	AS2129 table E
	Вхід / вихід	DN 200 / DN 150
	Номінальний тиск	PN 16
	Змащення підшипників	Консистентне
Електродвигун	Виробник	WEG
	Потужність P2	132 кВт
	Частота	50 Гц
	Напруга	3×380–415 / 660–690 В
	Номінальний струм	238/233–137/133 А
	Пусковий струм	830 %
	cos φ	0.88–0.87
	Швидкість	1485 об/хв
	ККД	95.7 %
	Клас енергоефективності	IE3
	Клас захисту	IP55
Клас ізоляції	F	
Керування	Монтаж	IM B35
	Перетворювач частоти	НІ
	Датчик тиску	НІ
Маса і габарити	Вага нетто	1350 кг
	Вага брутто	1460 кг
	Об'єм пакування	1.91 м ³
Додаткове	MEI ≥	0.70

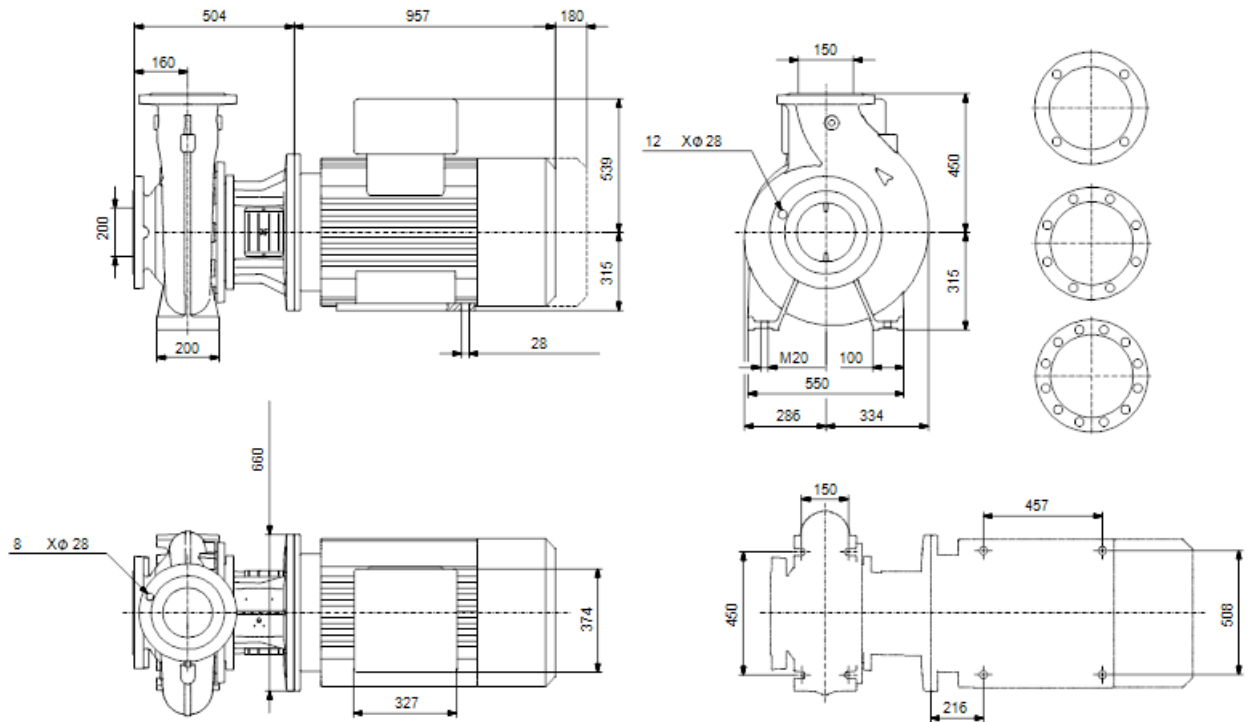


Рис. 3.5. Креслення насосного агрегата

3.3. Визначення діаметрів трубопроводів насосної станції

1. Діаметри всмоктувальних трубопроводів:

$$Q_H = \frac{Q_{н.с.}}{n} = \frac{1442,7}{3} = 490,9 \text{ м}^3/\text{год} = 136,36 \text{ л/с}$$

Приймаємо $d = 350$ мм для витрати $136,36$ л/с при $v = 1,31$ м/с.

2. Діаметри напірних трубопроводів:

Приймаємо $d = 300$ мм, $v = 1,80$ м/с (швидкості входять в рекомендований інтервал $v = 1,0 \div 3,0$ м/с для напірних трубопроводів).

3. Діаметр напірного колектора:

$$Q_{н.к.} = Q_{н.в.} = \frac{Q_{н.с.}}{2} = \frac{1442,7}{2} = 721,35 \text{ м}^3/\text{год} = 200,375 \text{ л/с}$$

Приймаємо $d = 350$ мм при $v = 1,94$ м/с (швидкості входять в рекомендований інтервал $v = 1,0 \div 3,0$ м/с для напірних трубопроводів).

4. Діаметри зовнішніх всмоктувальних водоводів:

$$Q_{В.В.} = \frac{Q_{Н.С.}}{n - 1} = \frac{1442,7}{1} = 1442,7 \text{ м}^3/\text{ГОД} = 400,75 \text{ л/с}$$

Приймаємо $d = 700$ мм для витрати $400,75$ л/с при $v = 1,02$ м/с.

Таблиця 3.6. Характеристики водоводів

	Призначення трубопроводу	Розрахункова витрата		D, мм	V, м/с	Рекомендована V, м/с	1000i
		формула	л/с				
а	Всмоктувальний колектор	$Q_{вк} = Q_{нс}$	400,75	700	1,02	0,8-1,5	1,8
б	Всмоктуючий водопровід насоса	$Q_n = \frac{Q_{нс}}{n_n}$	136,36	350	1,31	0,8-1,5	6,9
в	Напірний трубопровід від насоса	$Q_n = \frac{Q_{нс}}{n_n}$	136,36	300	1,80	1,0-3,0	15,9
г	Напірний колектор	$Q_n = \frac{Q_{нс}}{2}$	200,375	350	1,94	1,0-3,0	15,1

3.4. Визначення висоти фундаменту насоса

Згідно з рекомендаціями компанії Grundfos, насос слід монтувати на бетонний фундамент із достатньою несучою здатністю для забезпечення сталої та надійної опори насосного агрегату. Фундамент повинен сприймати вібрації, лінійні деформації та ударні навантаження. Практикою встановлено, що маса бетонної основи має бути щонайменше у 1,5 раза більшою за масу насосної установки.

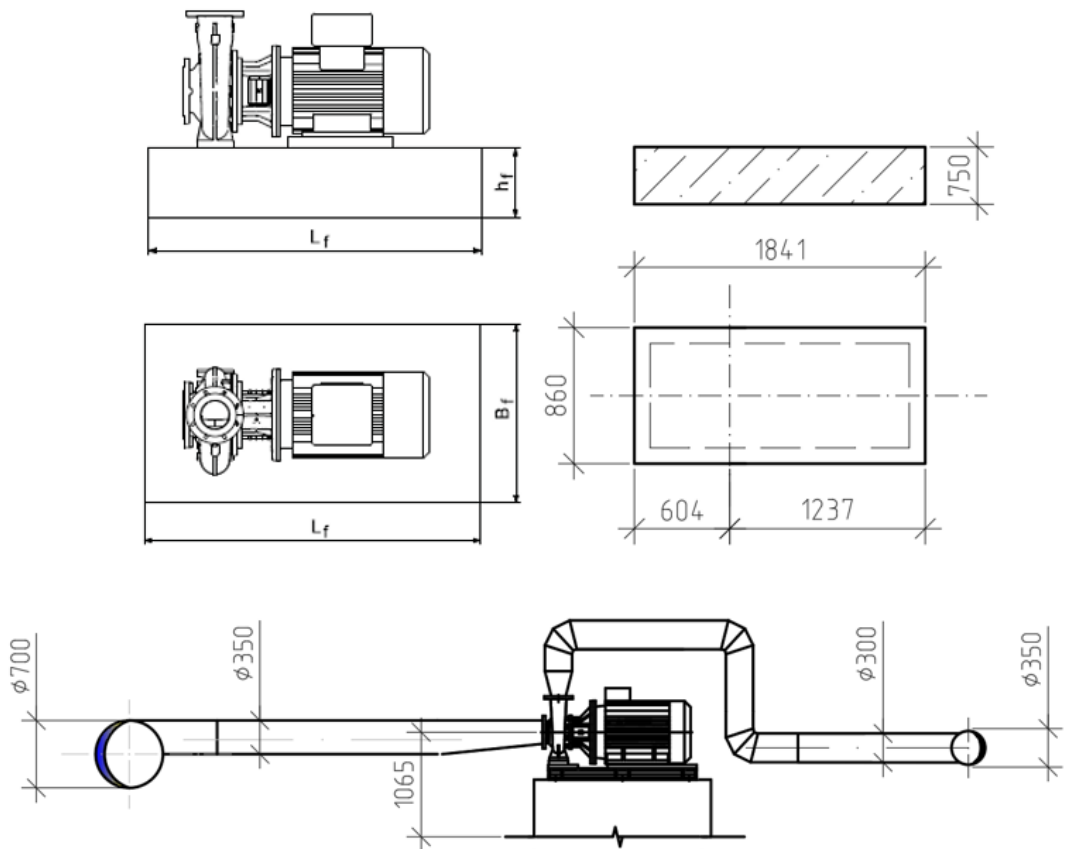
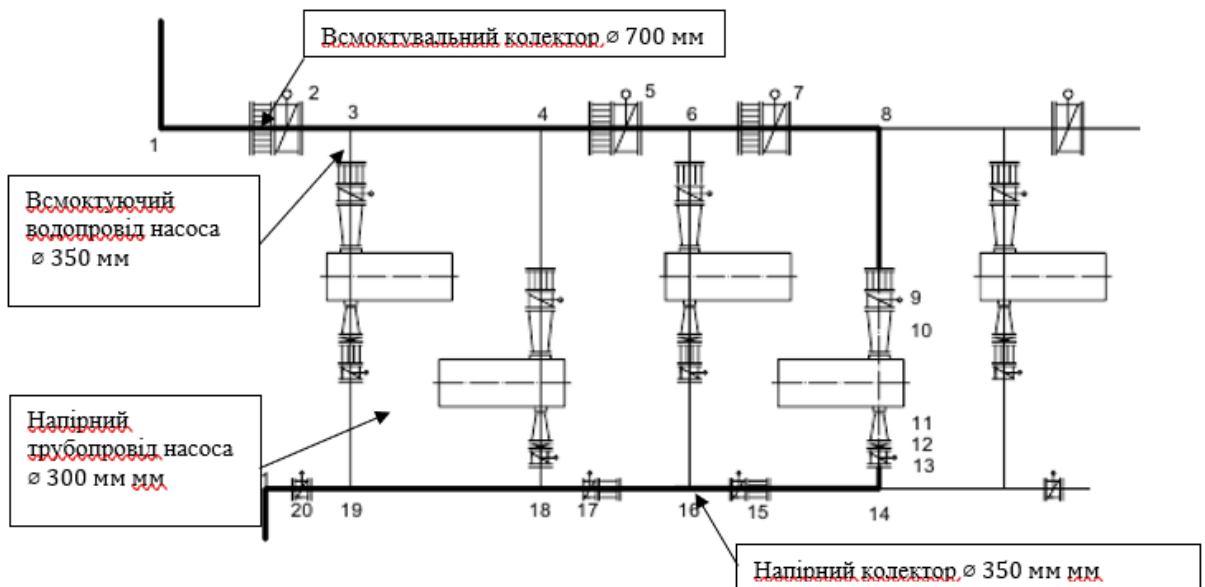


Рис. 3.6. Фундамент насоса. Габаритні розміри в плані.

Мінімальна висота фундаменту насоса:

$$h_f = \frac{1,460 \cdot 1,5}{1,55 \cdot 0,86 \cdot 2,200} = 0,75 \text{ м}$$



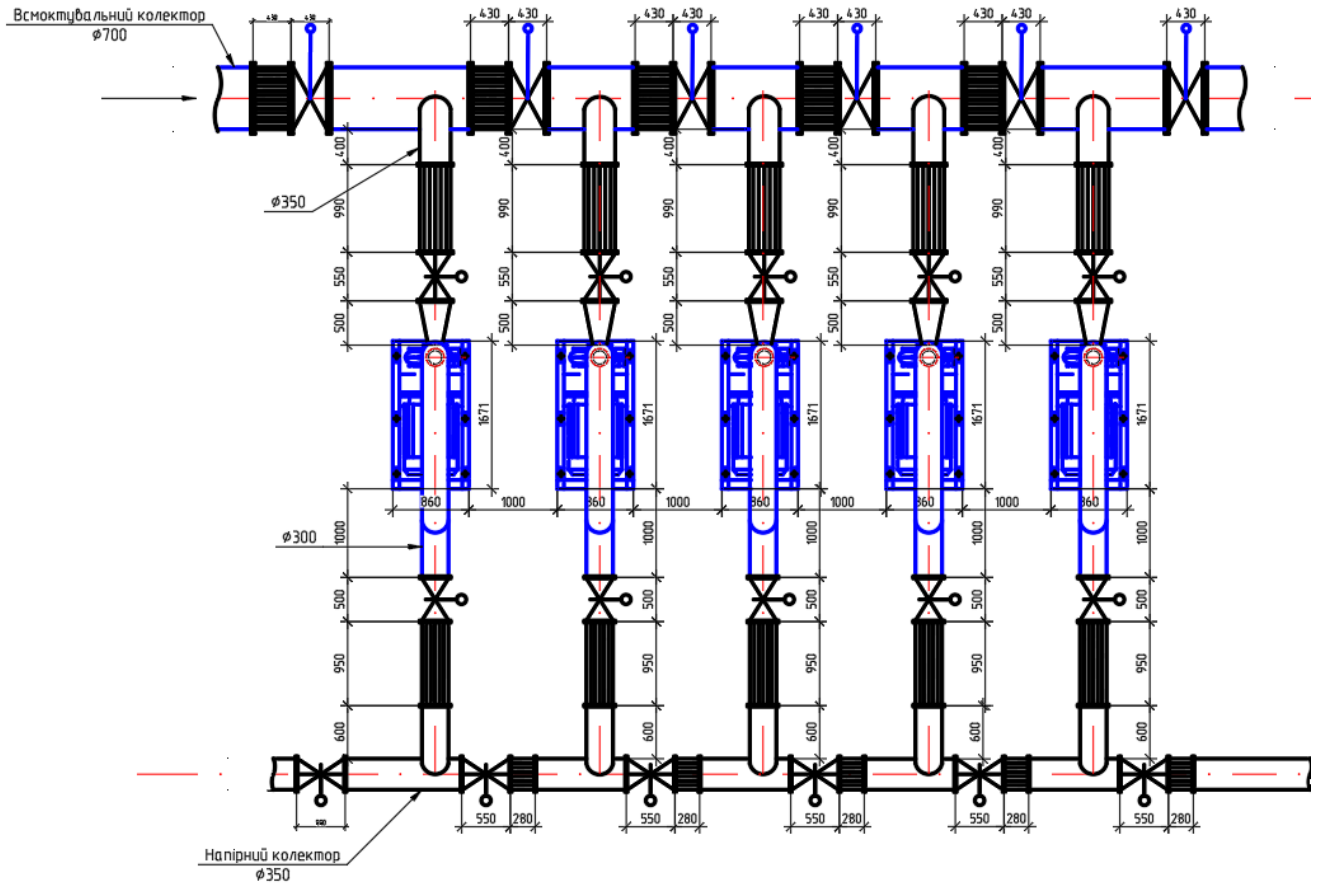


Рис. 3.7. Принципова схема розміщення арматури в середині НС-II

3.5. Визначення відмітки осі насоса

Приймаємо позначку пожежного рівня в РЧВ на 1 м нижче позначки землі біля НС-II:

$$z_{\text{пож}} = z_{\text{НС}}^3 - 1 = 65,0 - 1 = 64,0 \text{ м.}$$

$$z_{\text{насоса}}^{\text{верх}} = z_{\text{пож}} - 0,3 = 64,0 - 0,3 = 63,7 \text{ м.}$$

$$\text{Вісь насоса: } z_{\text{насоса}}^{\text{вісь}} = z_{\text{насоса}}^{\text{верх}} - h_{\text{конст}} = 63,7 - 0,475 = 63,225 \text{ м.}$$

Відмітка підлоги НС-II:

$$z_0 = z_{\text{насоса}}^{\text{верх}} - (h_{\text{насос}} + h_{\text{фунд}}) = 63,7 - (0,765 + 0,75) = 62,185 \text{ м.}$$

Заглиблення НС-II:

$$z_{\text{загл}} = z_{\text{НС}}^3 - z_0 = 65 - 62,185 = 2,815 \text{ м.}$$

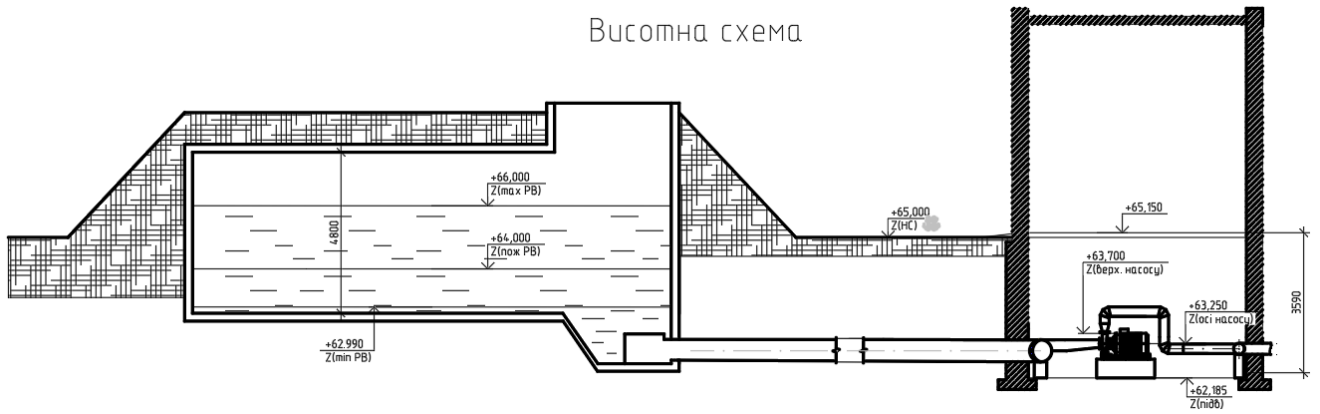


Рис. 3.8. Висотна схема НС-II

3.6. Підбір водовимірювача і визначення втрат напору у водомірі

Перепад напору у звужуючому пристрої:

$$h = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{1}{m^2} - 1 \right) = \frac{1,94^2}{2 \cdot 9,81} \left(\frac{1}{0,3^2} - 1 \right) = 1,94 \text{ м}$$

Зі зменшенням коефіцієнта m збільшується вимірювальний перепад і відповідно зростає точність вимірювання, проте при цьому підвищуються й втрати напору. Значення m встановлюють таким, щоб розраховані втрати не перевищували 1–2 м. За великого діапазону зміни витрат значення m слід зменшувати, що призводить до збільшення $h_{\text{вдм}}$.

При $m = 0,2$:

$$h_{\text{вдм}} = \frac{v}{2g} \left(\frac{1}{m^2} - 1 \right) (1 - m) = \frac{1,94^2}{2 \cdot 9,81} \left(\frac{1}{0,3^2} - 1 \right) (1 - 0,3) = 1,36 \text{ м}$$

3.7. Підйимально-транспортне обладнання

У якості монтажної одиниці приймаємо масу агрегату:

$$m_{\text{агрегату}} = 1460 \text{ кг} + 10\% = 1606 \text{ кг}$$

Визначаємо тип заглиблення:

$$H_{\text{загл}} \geq h_{\text{об}} + 0,5 + h_{\Gamma} + h_c + h_1 + H + H_N + H_{\text{п}}$$

$$1,29 + 0,5 + 0,70 + 0,5 + 0,590 + 0,360 + 0,1 = 4,04 > 2,6 = H_{\text{загл}}$$

Приймаємо напівзаглиблену НС.

Таблиця 3.7. Характеристики автомобіля УАЗ-451М

Марка автомобіля	Вантажопідйомність, т	Розміри автомобіля, мм			Розміри платформи, мм			Мін. розміри монтажної площадки, мм	
		довжина	ширина	висота	довжина	ширина	висота	довжина	ширина
УАЗ-451М	1	4360	1940	2070	2730	1820	700	3430	3220

У якості підйимально-транспортного обладнання приймаємо балки нерухомі з кішками і таями при масі до 1000 кг з розмірами:

$$h_1 + H = 590$$

$$l_1 = 900$$

$$l_2 = 150$$

$$C = 1000$$

$$B = 1300$$

маса крана: 274 кг.

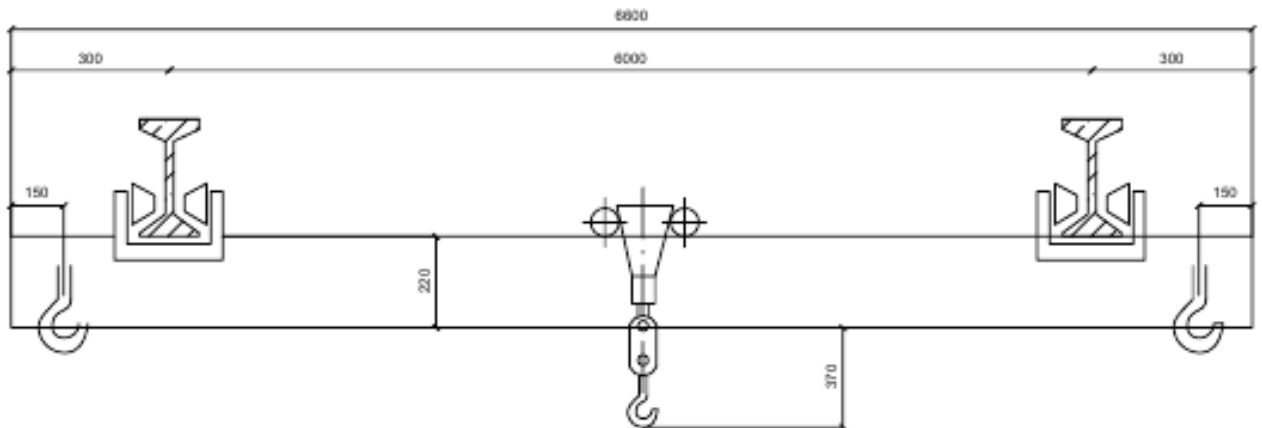


Рис. 3.9. Підвісний кран

3.8. Визначення висоти верхнього приміщення

Висота верхнього приміщення:

$$H_{\text{верх}} \geq h_{\text{тр}} + 0,3 + h_{\text{Г}} + h_{\text{с}} + H + 0,1$$

$$H_{\text{верх}} = 0,7 + 0,3 + 0,7 + 1,0 + 0,590 + 0,1 = 3,39 \text{ м} = 3,6 \text{ м.}$$

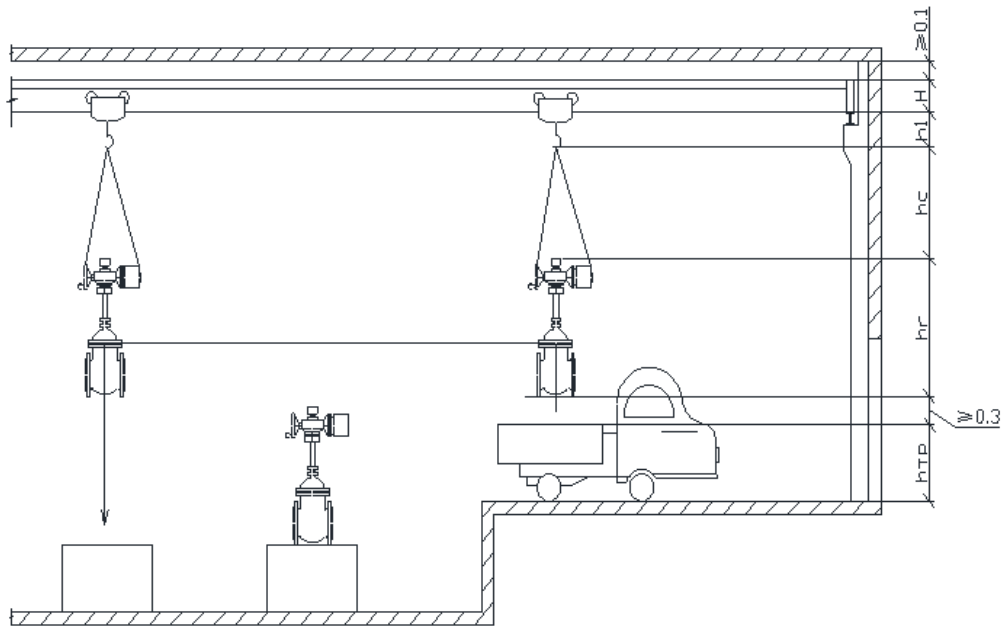


Рис. 3.10. Схема підйомно-транспортних операцій в напівзаглибленій насосній станції:

1 – грузова теліга крана; 2 – встановлений насос; 3 – автомобіль

3.9. Електрична частина насосної станції

Необхідна потужність трансформаторів:

$$S = k_{\Pi} \sum \frac{P_{\text{Н}}}{\eta_{\text{ДВ}} \cos \phi} = 1 \cdot 2 \cdot \frac{90}{0,9 \cdot 0,95} = 211 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Приймаємо два понижуючих трансформатори потужністю 220 кВ*А



Рис. 3.11. Принципова схема електричного з'єднання

3.10. Допоміжне обладнання

Подача дренажних насосів:

$$Q_d = (1,5 \dots 2)(\sum q_1 + q_2) = 2 \cdot (0,3 + 1,5 + 0,001 \cdot 216) = 4,03 \text{ л/с} = 14,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо два насоси (1роб., 1рез.) типу Grundfos Unilift AP.

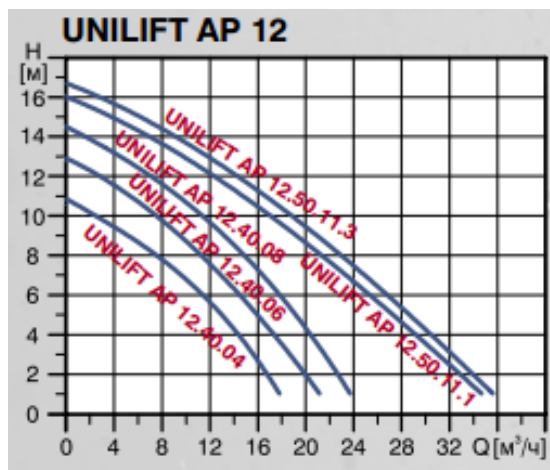


Рис. 3.12. Робочі характеристики насосів Unilift AP

Таблиця 3.8. Характеристики насосів Unilift AP

Тип насоса	Мощность P ₁ / P ₂ [кВт]	Напряжение (50 Гц)	Номиналь- ный ток I _H [А]	Напорный патрубок	Размеры [мм]		Длина кабеля [м]	Масса max [кг]
					A	B		
UNILIFT AP 12.40.04	0,7/0,4	1 x 230 В / 3 x 400 В	3,0/1,2	Rp 1½"	321	216	10	12,0

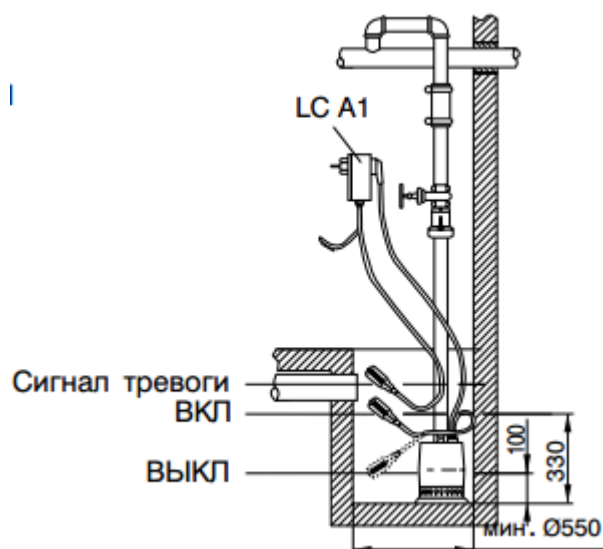


Рис. 3.13. Стационарна установка з одним насосом і обладнанням аварійної сигналізації

LC A1

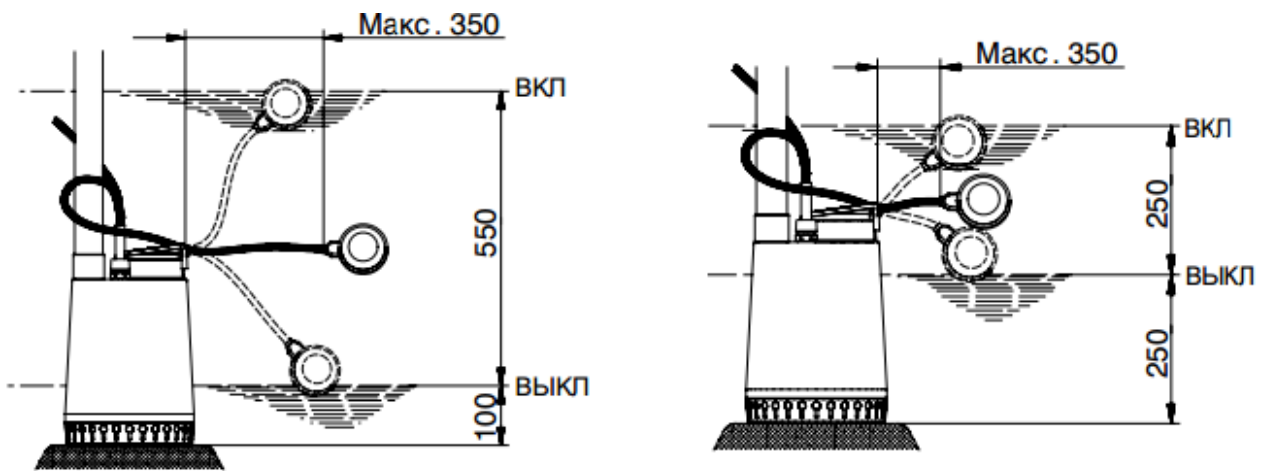


Рис. 3.14. Максимальний (зліва) та мінімальний рівень (справа)
Включення/Виключення

Продуктивність аварійних насосів:

$$Q_{ав} = \frac{0,5F}{3,6t} = \frac{0,5 \cdot 9 \cdot 12}{3,6 \cdot 6} = 2,5 \text{ л/с}$$

Приймаємо два робочі і один резервний насоси Unilift AP 12-40-04.

РОЗДІЛ 4
САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ
ОБЛАДНАННЯ ГУРТОЖИТКУ

Консультант: / доц. Аргатенко Т.В. /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							60
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.1. Технічна характеристика об'єкта

До проєктування прийнято типовий 4-поверховий гуртожиток з висотою поверху 2,75 м. До розрахунку взято 2 типовий поверх.

У якості розрахункового прийнято перший будинок. Кількість мешканців: для другого — 240 осіб, третього — 265 осіб, четвертого — 180 осіб, п'ятого — 375 осіб, шостого — 460 осіб і сьомого — 470 осіб.

Гарантований напір у міській водопровідній мережі становить 22 м. Глибина залягання міського водопроводу дорівнює 2,0 м, а міської каналізації — 4,5 м. На об'єкті передбачено наявність підвалу, тоді як технічне підпілля відсутній. Висота підвалу становить 2,5 м.

Гаряче водопостачання забезпечується за допомогою швидкісного водонагрівача. У кварталі наявна дощова каналізація.

Гуртожиток оснащений системами господарсько-питного водопроводу, протипожежного водопроводу (В1), централізованого гарячого водопостачання (Т3–Т4) та побутової каналізації (К1-1).

На кухнях встановлено мийки зі змішувачами, а в санвузлах — унітази зі зливними бачками, умивальники та ванни довжиною 1700 мм.

Будівля забезпечується холодною водою від міської водопровідної мережі. Подання гарячої води здійснюється шляхом надходження холодної води до індивідуального теплового пункту, розташованого в підвалі будинку, де вона нагрівається та циркулює по замкненій системі Т3–Т4.

Побутові та дощові стоки відводяться до міської каналізаційної мережі.



Рис. 4.1. Фасад гуртожитку

4.2. Основні розрахунки

Розміри гуртожитку в плані: 42,74x18,8 м, периметр – 123,08 м.

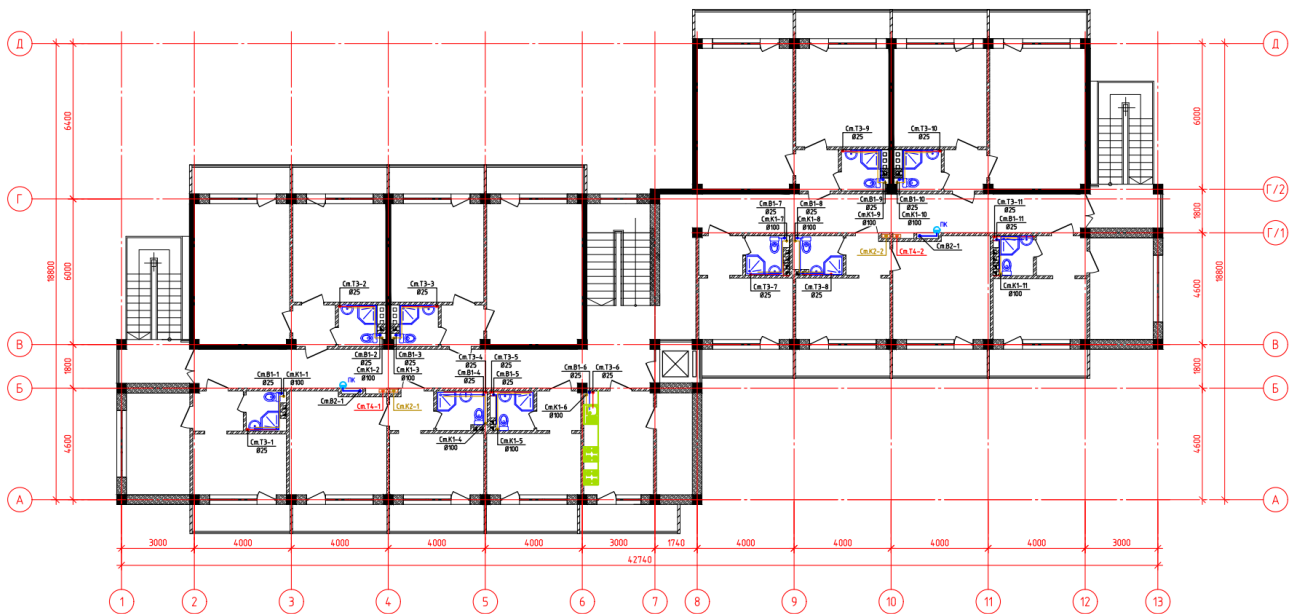


Рис. 4.2. План типового поверху гуртожитку

Таблиця 4.1. Кількість приладів у будівлі

	Прилади	К-сть сейкцій	К-сть поверхів	N
Загальна	31	1	4	124
Холодна	31	1	4	124
Гаряча	21	1	4	84

Таблиця 4.2. Розрахункове водоспоживання

Параметри	Загалом	Холодна вода	Гаряча вода
Q_T , л/добу	250	150	100
q_T , л/год	10,41	6,25	4,17
Q_{max} , л/добу	365	229,5	177
$Q_{max\text{ доб}}$, л/добу	45,26	28,46	14,87
$Q_{max\text{ доб}}^c$, л/добу (додаткові витрати на поливку прилеглої території)		30,958	

Таблиця 4.3. Гідравлічний розрахунок внутрішнього холодного водопроводу на режим максимального господарсько-питного водоспоживання

Номер ділянки	Довжина ділянки l, м	Кількість приладів ояких подається вода поданій розрахунковій ділянці N, шт.	Розрахункова витрата на ділянці q c, л/с	Діаметр d, мм	Швидкість V, м/с	Втрати напору за довжиною, мм	
						1000 i, мм	на ділянці H (l) = 1000i*l, м
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	0,5	1	0,22	15	1,246	174,106	0,09
2-3	2,5	3	0,24	15	1,358	203,166	0,51
3-4	2,75	6	0,29	20	0,924	71,97	0,20
4-5	2,75	9	0,33	20	1,05	90,52	0,25
5-6	1	12	0,36	20	1,146	105,62	0,11
6-7	8,3	36	0,549	25	0,734	36,402	0,30
7-8	0,4	48	0,638	40	0,508	16,24	0,01
8-9	3,95	60	0,723	40	0,576	13,301	0,05
9-10	14,4	64	0,749	40	0,596	14,162	0,20
10-11	0,54	76	0,824	40	0,656	15,932	0,01
11-12	8,25	88	0,907	40	0,722	19,028	0,16
						$\Sigma H (l) =$	1.75

Втрати напору в місцевих опорах:

$$\Sigma H_{l,tot} = (1 + k_1) * \Sigma H_l = (1 + 0.2) * 1.98 = 1.38$$

Таблиця 4.4. Гідравлічний розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу на режим максимального господарсько-питного водоспоживання + пожежогашіння

Номер ділянки	Довжина ділянки L, м	Витрата води q, л/с			Діаметр d, мм	Швидкість V, м/с	Втрати напору за довжиною, мм	
		Господарсько-питні потреби	Пожежні потреби	Розрахункова			1000 i, мм	на ділянці H (l) = 1000i*L, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1'-4'	8,25	0	2,5	2,5	40	1,99	120,151	0,99
4'-5'	1	0	2,5	2,5	40	1,99	120,151	0,12
5'-7	0,65	0,549	2,5	3,049	40	2,428	170,87	0,11
7-8	0,4	0,638	2,5	3,138	40	2,498	179,82	0,07
8-9	3,95	0,723	2,5	3,223	40	2,566	188,554	0,74
9-10	14,4	0,749	2,5	3,249	40	2,587	191,161	2,75
10-11	0,54	0,824	2,5	3,324	40	2,646	210,32	0,11
11-6'	4,9	0,907	2,5	3,407	40	2,713	220,139	1,08
6'-12	3,35	0,907	2,5	3,407	40	2,713	220,139	0,74
12-13	3,4	1,13	2,5	3,63	40	2,89	247,535	0,84
							$\Sigma H (l) =$	7.56

4.3. Лічильники для води

Для вимірювання обсягів споживання води в будівлях різного призначення застосовують спеціальні водолічильники. У житлових будинках їх монтують на вводах водопроводу, а в новобудовах та спорудах, що підлягають реконструкції, лічильники додатково встановлюють на вводі в кожен квартиру.

У нашому випадку, під час вибору лічильників для холодного водопроводу, розрахунок необхідно виконувати з урахуванням максимальної сумарної витрати води (холодної та гарячої), вираженої в л/с.

Залежно від умовного діаметра трубопроводу застосовують два типи водолічильників:

- крильчасті — для діаметрів 15–50 мм;
- турбінні — для діаметрів 50–250 мм.

Діаметр лічильника визначають за середньогодинною витратою води протягом доби максимального водоспоживання. Отримане значення не повинно перевищувати експлуатаційну витрату.

Обрані лічильники необхідно перевірити на відповідність двом умовам:

а) здатність пропускати розрахункову максимальну секундну витрату води при втраті напору не більше:

- 5,0 м — для крильчастих,
- 2,5 м — для турбінних;

б) можливість пропуску максимальної секундної витрати разом із витратою на внутрішнє пожежогасіння, при цьому допустимі втрати напору не повинні перевищувати 10 м.

Втрати напору в лічильнику при пропуску розрахункової секундної витрати води:

$$H_{\text{ліч}} = Sq^{\text{tot}^2}$$

$$H_{\text{ліч}} = Sq^{\text{tot}^2} = 0,5 * 1.13^2 = 0.64 \leq 5 \text{ м}; - 1 \text{ умова виконується};$$

$$H_{\text{ліч}} = Sq^{\text{tot}^2} = 0,5 * (1.13 + 2,5)^2 = 6.588 \leq 10 \text{ м}; - 2 \text{ умова виконується}.$$

Приймаємо лічильник діаметром 40, $S = 0.5 \text{ м}/(\text{л}/\text{с})^2$.

4.4. Гідравлічний розрахунок внутрішньоквартальної водопровідної мережі

Водопостачання внутрішніх систем холодної і гарячої води проектованого гуртожитку здійснюється від міської водопровідної мережі.

Внутрішньоквартальною вважається мережа від колодязя, що підключається до міської мережі, до вводу в будівлю.

Мережа прокладається з напірних поліетиленових труб діаметром 50-100 мм.

Таблиця 4.5. Гідравлічний розрахунок внутрішньоквартальної водопровідної мережі

Номер ділянки	Довжина ділянки $l, \text{м}$	Кількість приладів ояких подається вода поданій розрахунковій ділянки $N, \text{шт.}$	Розрахункова витрата на ділянці $q, \text{л/с}$	Діаметр $d, \text{мм}$	Швидкість $V, \text{м/с}$	Втрати напору за довжиною, мм	
						1000 $i, \text{мм}$	на ділянці $H(l) = 1000i \cdot l$, м
1	2	3	4	5	6	7	8
ВК-9-ВК-8	46,8	2048	20,68	150	1,171	9,651	0,45
ВК-8-ВК-2	106,1	1628	16,52	150	0,935	6,37	0,68
ВК-2-ВК-3	59,6	1188	12,22	125	0,996	8,894	0,53
ВК-3-ВК-4	46,6	918	9,21	100	1,173	15,595	0,73
ВК-4-ВК-5	8,9	830	8,24	100	1,05	12,775	0,11
ВК-5-ВК-6	42,7	400	4,01	80	0,798	10,037	0,43
						$\Sigma H (l) =$	2,93

Таблиця 4.6. Гідравлічний розрахунок внутрішньоквартальної водопровідної мережі

+пожежна витрата 2,5 л/с

Номер ділянки	Довжина ділянки $l, \text{м}$	Витрата води $q, \text{л/с}$			Діаметр $d, \text{мм}$	Швидкість $V, \text{м/с}$	Втрати напору за довжиною, мм	
		Господарсько- питні потреби	Пожежні потреби	Розрахункова			1000 $i, \text{мм}$	на ділянці $H(l) = 1000i \cdot l$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ВК-9-ВК-8	46,8	20,68	2,5	23,18	150	1,312	11,352	0,53
ВК-8-ВК-2	106,1	16,52	2,5	19,02	150	1,077	7,992	0,85
ВК-2-ВК-3	59,6	12,22	2,5	14,72	125	1,2	12,113	0,72
ВК-3-ВК-4	46,6	9,21	2,5	11,71	100	1,492	23,423	1,09
ВК-4-ВК-5	8,9	8,24	2,5	10,74	100	1,368	20,092	0,18
							$\Sigma H (l) =$	4,40

Втрати напору в місцевих опорах в системі:

$$\Sigma H_{l,tot} = (1 + k_1) * \Sigma H_l = (1 + 0.1) * 4,4 = 4,835$$

4.5. Визначення необхідного напору в мережі холодного водопроводу

Необхідний напір у точці підключення до міської водопровідної мережі:

$$H_{необх} = \pm H_{geod} + \Sigma H_{l,tot}^{30BH} + H_{geom} + \Sigma H_{l,tot}^{BH} + H_{ліч} + H_f$$

$$H_{необх} = 1.13 + 6,05 + 11.42 + 1.38 + 3,13 + 3 = 26.11 \text{ м}$$

$$\pm H_{geod} = 62.45 - 61.32 = 1.13 \text{ м}$$

$$\Sigma H_{l,tot}^{30BH} = (1 + 0,1) * 500 * \frac{11}{1000} = 6,05 \text{ м}$$

$$H_{geom} = 2 + 0,7 + 8.25 + 0.5 = 11.42 \text{ м}$$

$$\Sigma H_{l,tot}^{BH} = 1.38 \text{ м}$$

$$H_{ліч} = 3,13 \text{ м}$$

$$H_f = 3 \text{ м}$$

Необхідний напір у точці підключення до міської водопровідної мережі при пожежогасінні:

$$H_{необх} = 1.13 + 6,05 + 11.42 + 7.56 + 3,13 + 10 = 39.29 \text{ м}$$

$$H_f = 10 \text{ м}$$

$$\Sigma H_{l,tot}^{BH} = 7.56 \text{ м}$$

Оскільки гарантований напір $H_g = 22 \text{ м} \leq H_{необх}$ – застосування насосів необхідне.

4.6. Розрахунок насосної установки

Підвищувальні насосні установки застосовують у випадках постійної або періодичної нестачі напору в системах водопостачання. Зазвичай такі установки розміщують у приміщеннях теплових пунктів, бойлерних або котельних. У житлових будівлях їх не допускається встановлювати під квартирами, у робочих кімнатах адмінбудівель чи в будь-яких інших аналогічних приміщеннях (виняток — пожежні насоси).

Під час монтажу насосного обладнання в підвальних приміщеннях необхідно передбачити заходи щодо зменшення шуму та вібрацій, зокрема застосування вібропідставок і віброфундаментів.

Добір насосної установки виконують за двома основними параметрами:

- витратою води q , л/с;
- напором H , м.

При цьому установка має забезпечувати найвищий можливий коефіцієнт корисної дії η .

Залежно від режиму роботи внутрішньої водопровідної мережі будівлі можуть використовуватися насоси з регульовальним баком (напірним чи безнапірним), а також установки без бака. У рамках проекту допускається застосування варіанту без бака.

Потужність насосної установки:

$$N = \frac{\rho g q H_{\text{нас}}}{1000 \eta} K = \frac{1000 * 9,81 * 39,29}{1000 * 0,5} 1,3 = 1 \text{ кВт}$$

Напір насосної установки:

$$H_{\text{нас}} = 39,29 - 22 = 17,29 \text{ м}$$

4.7. Розрахунок системи гарячого водопостачання

Таблиця 4.7. Гідравлічний розрахунок внутрішнього гарячого водопроводу на режим максимального господарсько-питного водоспоживання

Номер ділянки	Довжина ділянки l , м	Кількість приладів ояких подається вода поданий розрахунковій ділянці	Розрахункова витрата на ділянці q с, л/с	Діаметр d , мм	Швидкість V , м/с	Втрати напору за довжиною, мм	
						1000 l , мм	на ділянці $H(l) = \frac{H(l)}{1000l} * 1$, м
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	1,3	2	0,18	15	1,019	121,958	0,16
2-3	2,75	2	0,18	15	1,019	121,958	0,34
3-4	2,75	4	0,21	15	1,189	160,315	0,44
4-5	2,75	6	0,24	15	1,359	203,166	0,56
5-6	6,23	8	0,26	15	1,472	234,163	1,46
6-7	4	16	0,34	20	1,083	95,443	0,38
7-8	2	24	0,378	20	1,204	115,178	0,23
8-9	0,26	32	0,44	20	1,401	150,794	0,04
9-10	4,18	40	0,496	25	1,011	64,274	0,27

10-11	13	44	0,522	25	1,064	70,372	0,91
11-12	3,3	52	0,575	25	1,172	83,541	0,28
12-13	0,485	60	0,627	25	1,278	97,41	0,05
13-14	4	68	0,674	25	1,374	110,737	0,44
14-15	1,32	76	0,72	25	1,468	124,497	0,16
15-16	2,875	84	0,767	25	1,563	139,276	0,40
$\Sigma H (l) =$							6,12

Циркуляційна витрата в системі:

$$q^{cir} = \frac{\sum Q^{ht}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_w} = \frac{3.3457}{1 \cdot 3.5 \cdot 5} = 0,318 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Сума теплових втрат подавальних трубопроводів гарячої води:

$$\sum Q^{ht} = \sum q_{w.k} \cdot l_{w.k} + q_{w.s} \cdot l_{w.s} = 11 \cdot 191.646 + 7 \cdot 176.8 = 3.3457 \text{ кВт}$$

При цьому питомі теплові втрати ізольованих трубопроводів повинні бути не більше ніж: $q_{w.k} = 11 \text{ Вт/м}$; $q_{w.s} = 7 \text{ Вт/м}$.

Таблиця 4.8. Довжини трубопроводів гарячого водопостачання

№ ділянки	які прокладаються в підвалах, техпідпіллях, на горищі	які прокладаються в шахтах, каналах, штрабах	L - ділянки
	l wk=	l ws=	
1-2	3,2	0	3,2
2-3	13,18	13,6	23,58
3-4	23,3	27,2	23,72
4-5	29,9	40,8	20,2
5-6	41,45	54,4	25,15
6-7	65,06	68	37,21
7-8	73,04	81,6	21,58
8-9	77,04	95,2	17,6
9-10	82,8	108,8	19,36
10-11	93,03	122,4	23,83
11-12	106,506	136	27,076
12-13	111,186	149,6	18,28
13-14	116,506	0	5,32
14-15	152,146	163,2	49,24

Таблиця 4.9. Гідравлічний розрахунок внутрішнього гарячого водопроводу на режим циркуляції

Номер ділянки	Теплові втрати, кВт			Циркуляційна витрата, л/с	Діаметр d, мм	Швидкість V, м/с	Втрати напору за довжиною, мм	
	$q(w.k) \cdot l(w.k)$	$q(w.s) \cdot l(w.s)$	Сумарна				1000 і, мм	на ділянці H (l) = 1000i*1, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	35,20	0,0	0,04	0,003	10	0,038	0,592	0,00
2-3	144,98	95,2	0,24	0,019	10	0,242	15,65	0,37
3-4	256,30	190,4	0,45	0,035	10	0,446	46,26	1,10
4-5	328,90	285,6	0,61	0,049	15	0,277	12,127	0,24
5-6	455,95	380,8	0,84	0,066	15	0,374	20,57	0,52
6-7	715,66	476,0	1,19	0,095	20	0,303	9,94	0,37
7-8	803,44	571,2	1,37	0,109	20	0,347	12,685	0,27
8-9	847,44	666,4	1,51	0,12	20	0,382	15,044	0,26
9-10	910,80	761,6	1,67	0,133	20	0,424	18,056	0,35
10-11	1023,33	856,8	1,88	0,149	20	0,475	22,087	0,53
11-12	1171,57	952,0	2,12	0,169	25	0,344	9,517	0,26
12-13	1223,05	1047,2	2,27	0,18	25	0,367	10,644	0,19
13-14	1281,57	0,0	1,28	0,102	25	0,208	3,886	0,02
14-15	1673,61	1142,4	2,82	0,223	25	0,455	15,565	0,77
15-16	2108,11	1237,6	3,35	0,266	32	0,331	6,549	0,35
							$\Sigma H (l) =$	5,60

У проєкті питомі втрати тепла приймаємо: для ізольованих труб – 5 Вт/м, для неізольованих труб – 18 Вт/м.

Витрата циркуляційної води:

Для відгалуження:

$$q_a^{cir} = q^{cir} \frac{Q_a^{ht}}{Q_a^{ht} + Q_d^{ht}} = 0.319 * \frac{0.15}{0.15 + 3.97} = 0.01 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$Q_a^{ht} = 20.5 * \frac{7}{1000} = 0.15 \text{ кВт}$$

Для прямого потоку:

$$q_d^{cir} = q^{cir} \frac{Q_b^{ht}}{Q_a^{ht} + Q_d^{ht}} = 0,319 * \frac{3,97}{0,15 + 3,97} = 0,31 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$Q_d^{ht} = (176,8 * 18 + 111,42 * 5) / 1000 = 3,97 \text{ кВт}$$

4.8. Розрахунок водонагрівальної установки

Для приготування гарячої води на потреби споживачів використовуємо пластинчатий водонагрівач, який розташовуємо в теплопункті у підвалі будинку.

Необхідний тепловий потік за годину максимального водоспоживання на потреби гарячого водоспоживання (враховуючи теплові втрати):

$$Q_{hr}^h = 1,16 q_{hr}^h (55 - t^c) + Q^{ht} = 1,16 * 0,627 * (55 - 2) + 3,345 = 41,89 \text{ кВт}$$

Загальна площа поверхні теплообміну в апараті:

$$F = \frac{Q_{hr}^h}{k * \Delta t_{max}} = \frac{41,89}{1,5 * 24,74} = 1,13 \text{ м}^2$$

Середньологарифмічний температурний напір:

$$\overline{\Delta t_{max}} = \frac{(t_1^1 - t_2^{11}) - (t_1^{11} - t_2^1)}{\ln \frac{(t_1^1 - t_2^{11})}{(t_1^{11} - t_2^1)}} = \frac{(90 - 75) - (40 - 2)}{\ln \frac{(90 - 75)}{(40 - 2)}} = \frac{-23}{\ln 0,394} = 24,74^\circ\text{C}$$

Кількість пластин у теплообміннику:

$$n = \frac{F}{f} + 2 = \frac{1,13}{0,6} + 2 = 3,88 \approx 4 \text{ шт}$$

4.9. Розрахунок і конструювання мережі внутрішньої господарсько-побутової системи водовідведення

Розрахункова витрата господарсько-побутових стічних для каналізаційного стояка:

$$q^s = q^{tot} + q_0^s = 1,13 + 1,6 = 2,73 \text{ л/с}$$

Конструктивно призначаємо діаметри каналізаційних трубопроводів для відводу стічних вод від окремих санітарно-технічних приладів, розводок на поверххах і стояків. Підключаємо ванну, умивальник, кухонну мийку трубою діаметром 50 мм, унітази – 100 мм.

На поверххах прокладаємо труби діаметром 50 мм прокладаються з ухилом $i = 0,03$, діаметром 100 мм – з ухилом $i = 0,02$.

Приймаємо каналізаційні стояки $d = 100$ мм, $i = 0,02$, $h/d = 0,512$, $v = 0,84$ м/с.

Перевірка:

$$V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$$

$$0.84\sqrt{0.512} = 0.6 = 0.6 - \text{підходить.}$$

4.10. Розрахунок внутрішньоквартальної (дворової) господарсько-побутової мережі водовідведення

У процесі проектування внутрішньої каналізаційної мережі спочатку встановлюють місця виходу трубопроводів із будівлі, визначають точки розміщення оглядових колодязів та фіксують їхні геодезичні відмітки.

Після цього виконують побудову траси всієї внутрішньоквартальної каналізації на території забудови. На схемі необхідно відобразити каналізаційні випуски від кожного будинку (як правило, по два) та об'єднати їх у спільний колектор, який у визначеній точці підключається до міської каналізаційної мережі.

Прокладання труб повинно забезпечувати самоплин стічних вод: рух має відбуватися від ділянок із вищими відмітками рельєфу до нижчих. Підключення ж до міського колектора раціонально виконувати у найнижчих точках природного ухилу. Перед точкою приєднання обов'язково передбачають встановлення контрольного оглядового колодязя.

Мінімальний діаметр труб внутрішньоквартальної каналізації приймають не менше 150 мм, а мінімальний ухил прокладання становить 0,008).

Кількість сантехнічних приладів у кожній будівлі визначають приблизно — пропорційно числу мешканців, використовуючи співвідношення, застосоване для вже проєктованого будинку.

На поздовжньому профілі трубопроводу слід відобразити всі точки перетину каналізаційної мережі з трубами інших інженерних систем.

Таблиця 4.10. Розрахунок витрати стічних вод для будинків внутрішньоквартальної мережі

№ буд	N приладів	q tot	q(s0)	q(s)
Буд 6	430	4,23	1,6	5,83
Буд 5	88	0,97	1,6	3,15
Буд 4	400	4,01	1,6	5,61
Буд 3	420	4,16	1,6	5,76
Буд 2	270	3,01	1,6	4,61
Буд 1	440	4,3	1,6	5,9
				30,86

ГЕНПЛАН М 1:1000

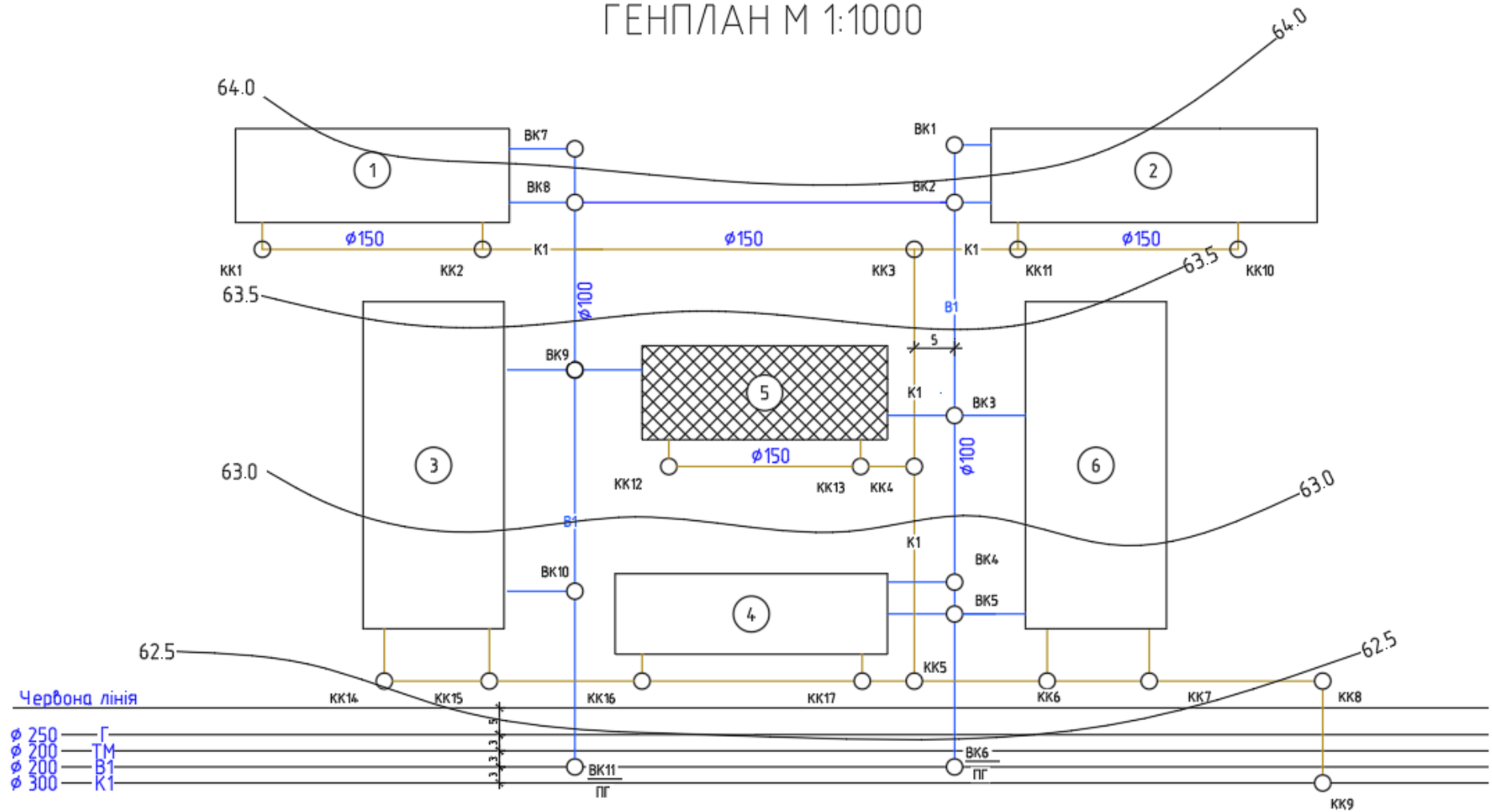


Рис. 4.3. Генплан внутрішньоквартальної мережі модовідведення

Таблиця 4.11. Гідравлічний розрахунок внутрішньоквартальної (дворової) мережі водовідведення

№№ ділянок	Довжина l, м	Розрахункова витрата Q_{cit} , л/с	Діаметр d, мм	Ухил		Наповнення h/d	Висота h, м	Швидкість V, м/с	Падіння $i_{гр}$, м	Відмітки, м						Глибина закладання лотка труби в м	
				Землі i_z	Труби $i_{тр}$					Поверхні землі		Лотка труби		Шелиги труби		На початку	В кінці
										На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	20
КК1-КК2	61,5	5,9	150	-0,0016	0,007	0,495	0,07	0,558	0,43	54,6	54,7	53,10	52,67	53,25	52,82	1,50	2,03
КК2-КК3	120,6	5,9	150	0,0002	0,007	0,495	0,07	0,816	0,84	54,7	54,68	52,67	51,83	52,82	51,98	2,03	2,85
КК3-КК4	61,4	10,51	200	0,0078	0,007	0,428	0,09	0,816	0,43	54,68	54,2	51,81	51,38	52,01	51,58	2,85	2,82
КК4-КК5	60	13,08	200	0,0092	0,007	0,514	0,10	0,728	0,42	54,2	53,65	51,37	50,95	51,57	51,15	2,82	2,70
КК5-КК6	31,1	24,45	200	0,0016	0,007	0,519	0,10	1,000	0,22	53,65	53,6	50,92	50,70	51,17	50,95	2,70	2,90
КК6-КК7	28,5	30,28	200	0,0018	0,008	0,568	0,11	1,000	0,23	53,6	53,55	50,69	50,46	50,94	50,71	2,90	3,09
КК7-КК8	48,5	30,28	250	0,0014	0,008	0,568	0,14	0,813	0,39	53,55	53,48	50,46	50,07	50,71	50,32	3,09	3,41
КК8-КК9	28	30,28	250	0,0100	0,008	0,568	0,14	0,972	0,22	53,48	53,2	50,07	49,85	50,32	50,10	3,41	3,35

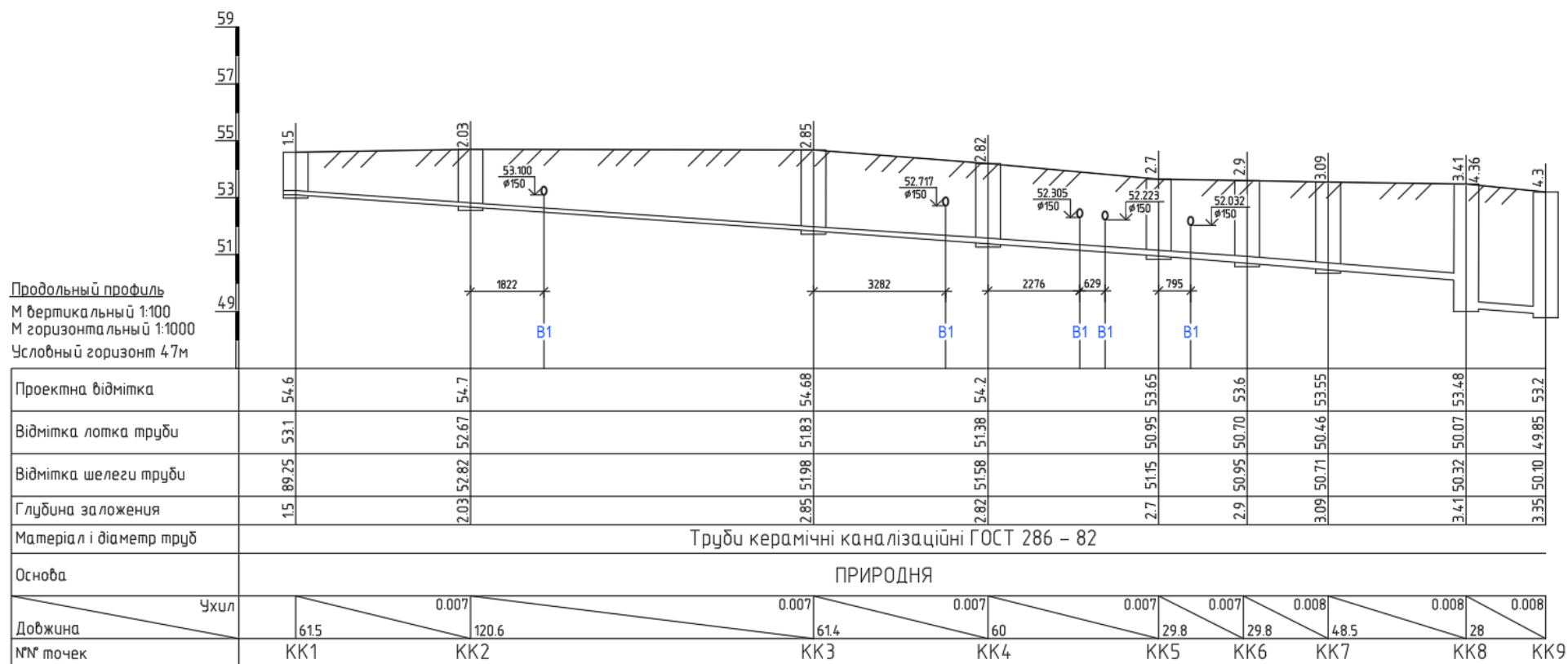


Рис. 4.4. Поздовжній профіль внутрішньоквартальної господарсько-питної мережі водовідведення

4.11. Розрахунок мережі внутрішньої системи дощового водовідведення

Схема розміщення водоприймальних воронок приведена на плані покрівлі, на плані горища розташовані водопровідні трубопроводи від водостічних воронок.

Витрата дощових вод з покрівлі для плоских покрівель:

$$Q = \frac{Fq_{20}}{10000} = \frac{821,974 * 127}{10000} = 10,43 \text{ л/с}$$

Розрахункова площа:

$$F = F_1 + 0,3F_2 = 803,512 + 0,3 * 123,08 * 0,5 = 821,974 \text{ м}^2$$

Діаметр внутрішніх водостічних стояків – 85 мм.

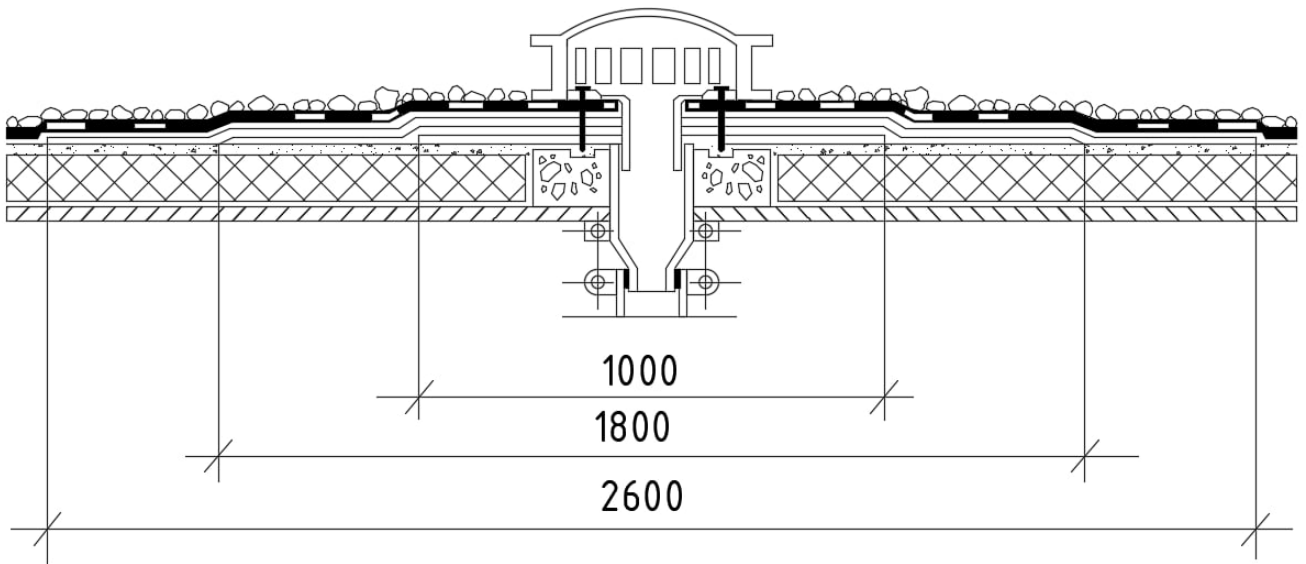


Рис. 4.5.

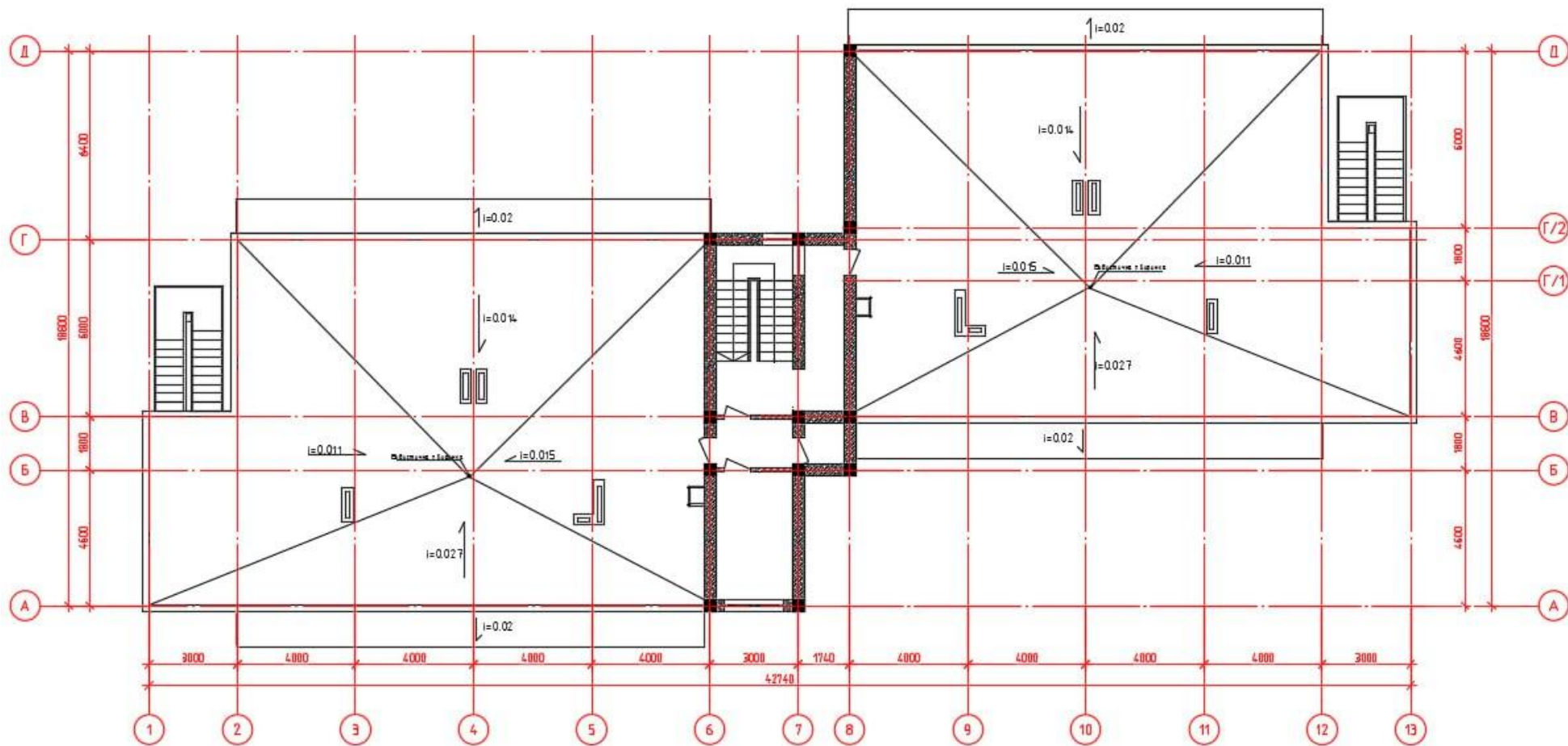


Рис. 4.6. План покрівлі

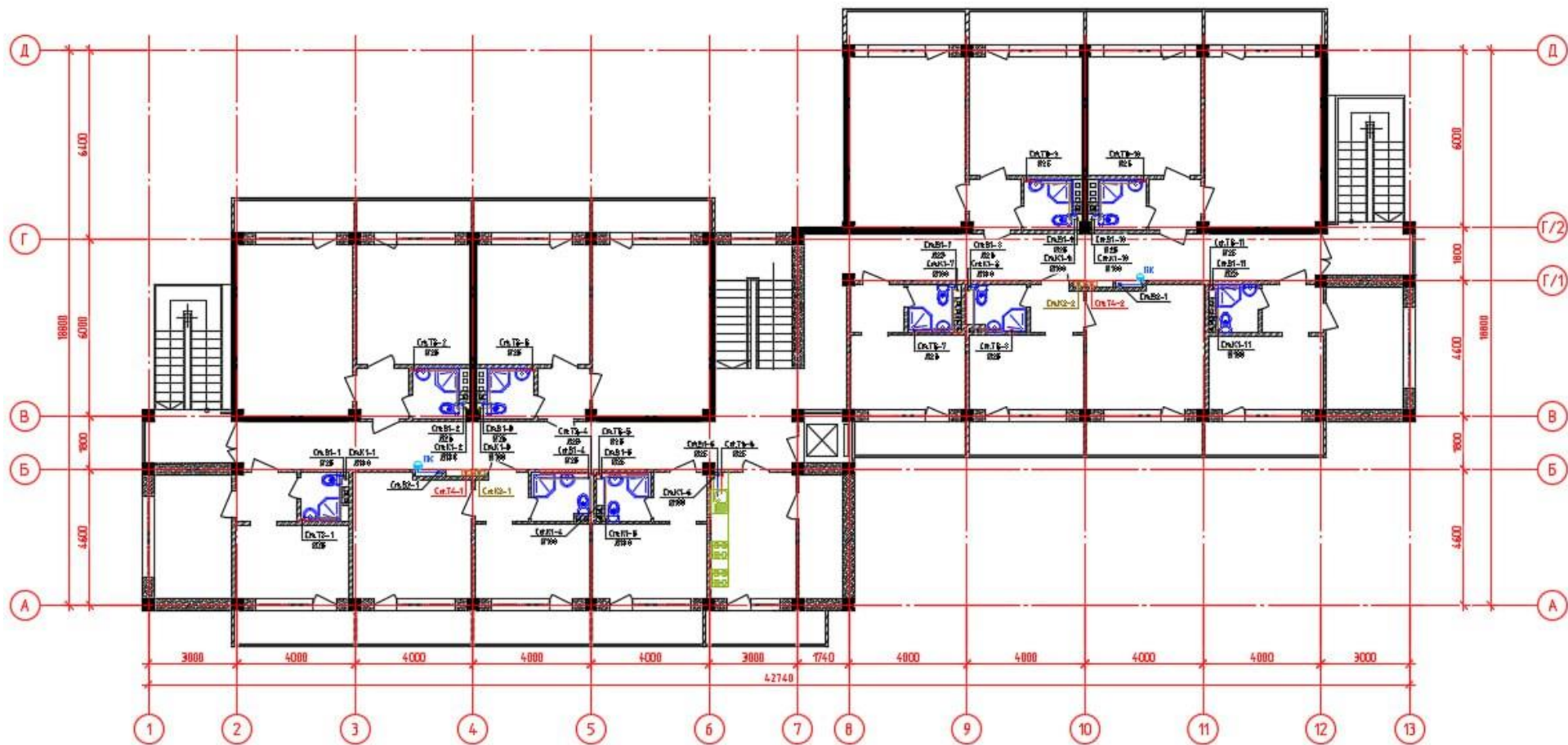


Рис. 4.7. План типового поверху

Таблиця 5.1. Вихідні дані до проектування

Номери точок, які визначають трасу на місцевості		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
Ширина елементів вулиці, м	Тротуару Т	5,5
	Газону Г	3,5
	Проїзної частини П	18
Місце прокладання трубопроводу		Дорога
Відмітка розрахункової горизонталі, m_1 , м		63
Глибина закладання труб в точці 1, м		1,7
Ґрунти		Суглинисті
Умовний діаметр труб, D_y , мм		250
Матеріал труб		Сталь
Назва труб		Напірні
Тип стикового з'єднання		Зварювання
Ухил трубопроводу, i		0,0020

Таблиця 5.2. Вихідні дані щодо трубопроводів

Вид труби	Тип труби	Марка сталі	Зовнішній діаметр	Довжина	Товщина стінки
шовна	електрозварна	Зпс	273 мм	6000 мм	8 мм

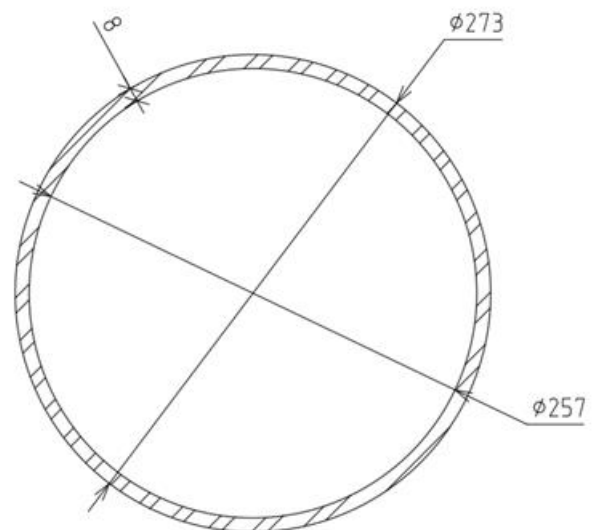


Рис. 5.1. Переріз труби

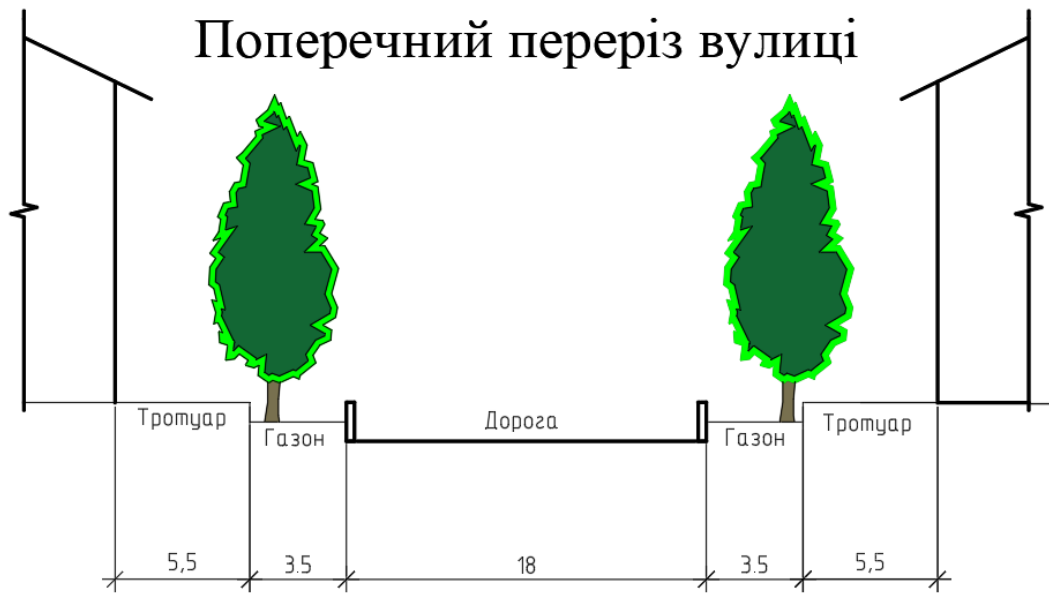


Рис. 5.2. Поперечний переріз вулиці

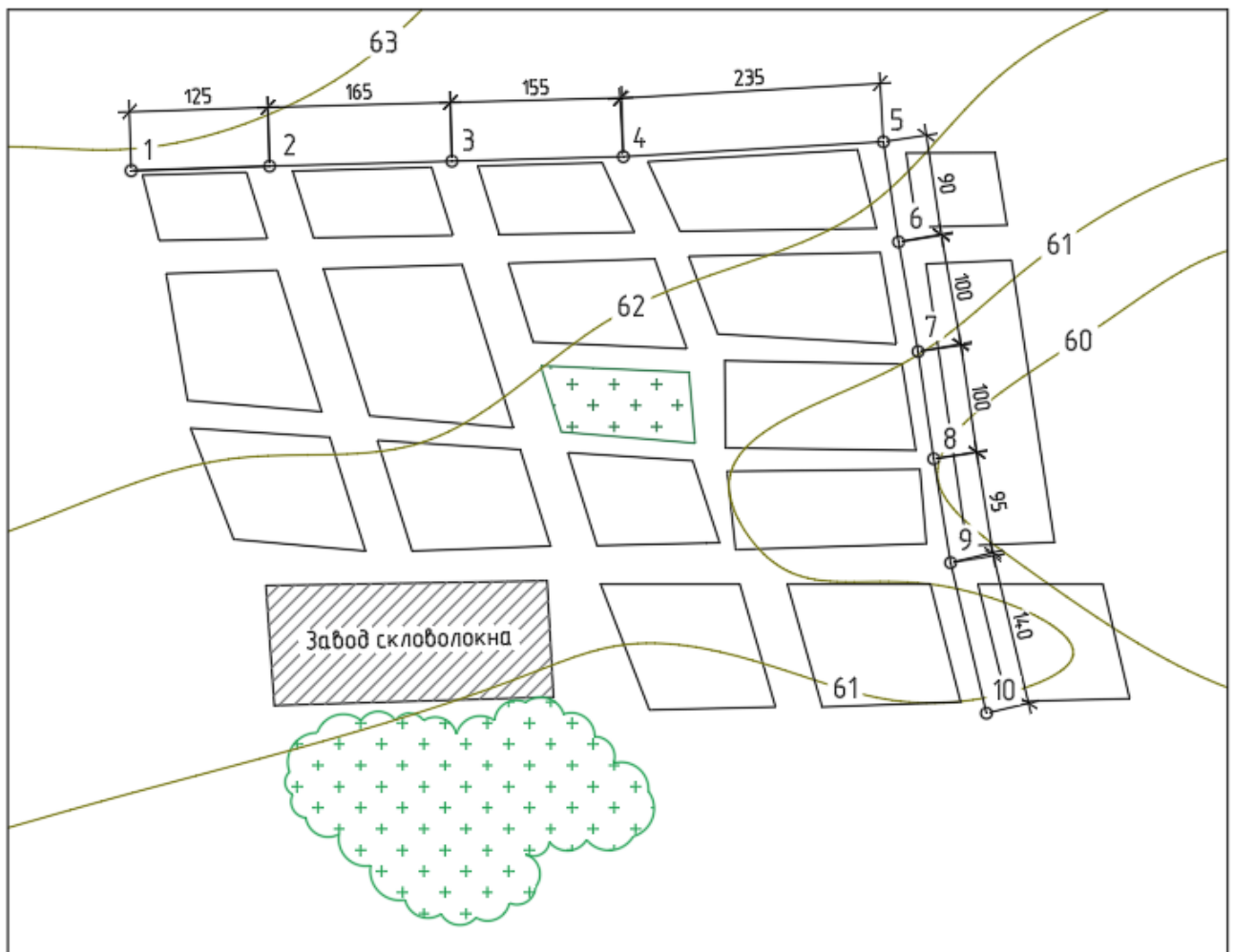


Рис. 5.3. План траси трубопроводів М 1:10000

Таблиця 5.3. Параметри прокладання водоводу

№№ ділянок	Довжина L, м	Діаметр d, мм	Землі і _з	Труби і _{тр}	Надіння	Поверхні землі		Шелиги труби		Глибина закладання лотка труби в м	
						На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці
1	2	4	5	6	10	11	12	17	18	19	20
Головний колектор побутової мережі 1 -НС											
1-2	125	250	0,0008	0,005	0,63	62,9	62,8	61,20	60,58	1,70	2,23
2-3	165	250	0,0012	0,004	0,66	62,8	62,6	60,58	59,92	2,23	2,69
3-4	155	250	0,0013	0,002	0,31	62,6	62,4	59,92	59,61	2,69	2,80
4-5	235	250	0,0013	0,002	0,47	62,4	62,1	59,61	59,14	2,80	2,97
5-6	90	250	0,0044	0,002	0,18	62,1	61,7	59,14	58,96	2,97	2,75
6-7	10	250	0,0700	0,005	0,05	61,7	61	58,96	58,91	2,75	2,10
7-8	100	250	0,0100	0,007	0,70	61	60	58,91	58,21	2,10	1,80
8-9	100	250	-0,0020	0,002	0,20	60	60,2	58,21	58,01	1,80	2,20
9-10	140	250	-0,0064	0,002	0,28	60,2	61,1	58,01	57,73	2,20	3,37

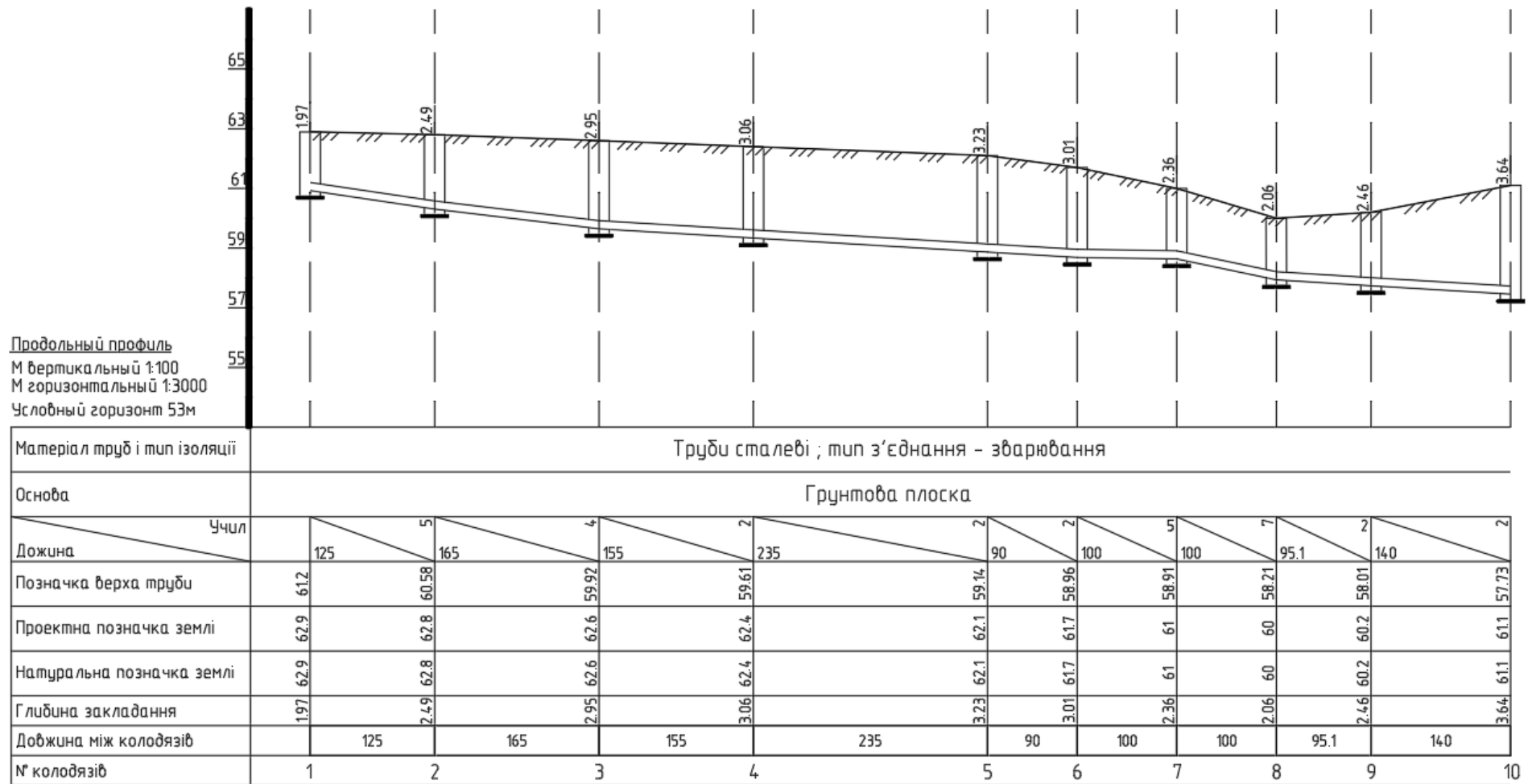


Рис. 5.4. Профіль водопровідної мережі

5.1. Визначення розмірів траншеї

Ширину траншеї приймаємо відповідно до [9].

Найбільша глибина траншеї, зважаючи на рис. 5.4:

$H=3,38$ м. ($3,37+0,273=3,64$ м) вузлова точка №10.

Найменша ширина траншеї (не враховуючи кріплення):

$$B = D + 0,5 = 0,273 + 0,5 = 0,773 \text{ м, приймаємо } B = 1 \text{ м.}$$

Ширина траншеї:

$$b_{\text{тр}} = B + 2mh = 1 + 2 \cdot 3,64 \cdot 0,5 = 4,64 \text{ м}$$

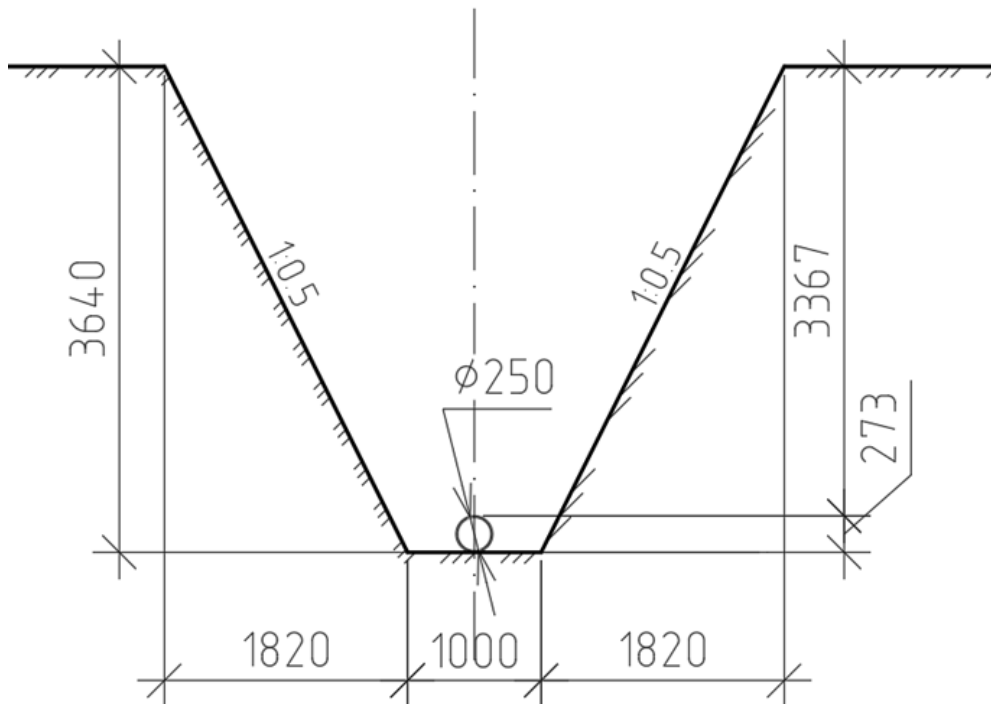


Рис. 5.5. Схема траншеї

Відповідно до [9] приймаємо розміри прямиків:

- довжина 1 м;
- ширина $D+1,2 = 0,273 + 1,2 = 1,473$
- глибина 0,7 м.

5.2. Вибір транспортного засобу для перевезення труб і визначення кількості одночасно перевезених труб

Для перевезення труб з заводу-виробника на будівельний майданчик (маса однієї труби довжиною 5 м — 260 кг) передбачаємо автомобіль КРАЗ-257.

Таблиця 5.4. Характеристики автомобіля КРАЗ-257

Вантажопідйомність, т	12
Маса причепа, т	16,6
Число осей всього	3
- ведучих	3
База, мм	5050
Ширина колії коліс: передніх, мм	1950
Задніх, мм	1920
Двигун: тип	Дизель
Марка	ЯМЗ-238
Потужність, к.с.	240
Розміри шин, дюйм	12-20
Розміри платформи (внутрішні): довжина	5770
Ширина, мм	2480
Висота, мм	825
Погрузочна висота, мм	1495
Найбільша швидкість руху, км/год	55
Витрата пального на 100 км, л	36
Основні розміри автомобіля: Довжина, мм	9660
Ширина, мм	2650
Висота, мм	2620
Маса (в заправленому стані), т	11,3

Кількість перевезених одночасно труб в транспортному засобі:

$$N_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot n_{\text{р}}$$

Кількість труб на транспортному засобі в один ряд:

$$n_{\text{тр}} = \frac{B_{\text{к}}}{d_{\text{н}} + \sum \delta_{\text{пр}}} = \frac{2480}{273 + 100} = 8,05 \approx 8$$

Припустима кількість рядів труб:

$$n_{\text{р}} = \frac{H_{\text{к}}}{d_{\text{н}} + \sum \delta_{\text{пр}}} = \frac{1495}{273 + 100} = 4,01 \approx 4$$

$$N_{\text{тр}} = 8 * 4 = 32$$

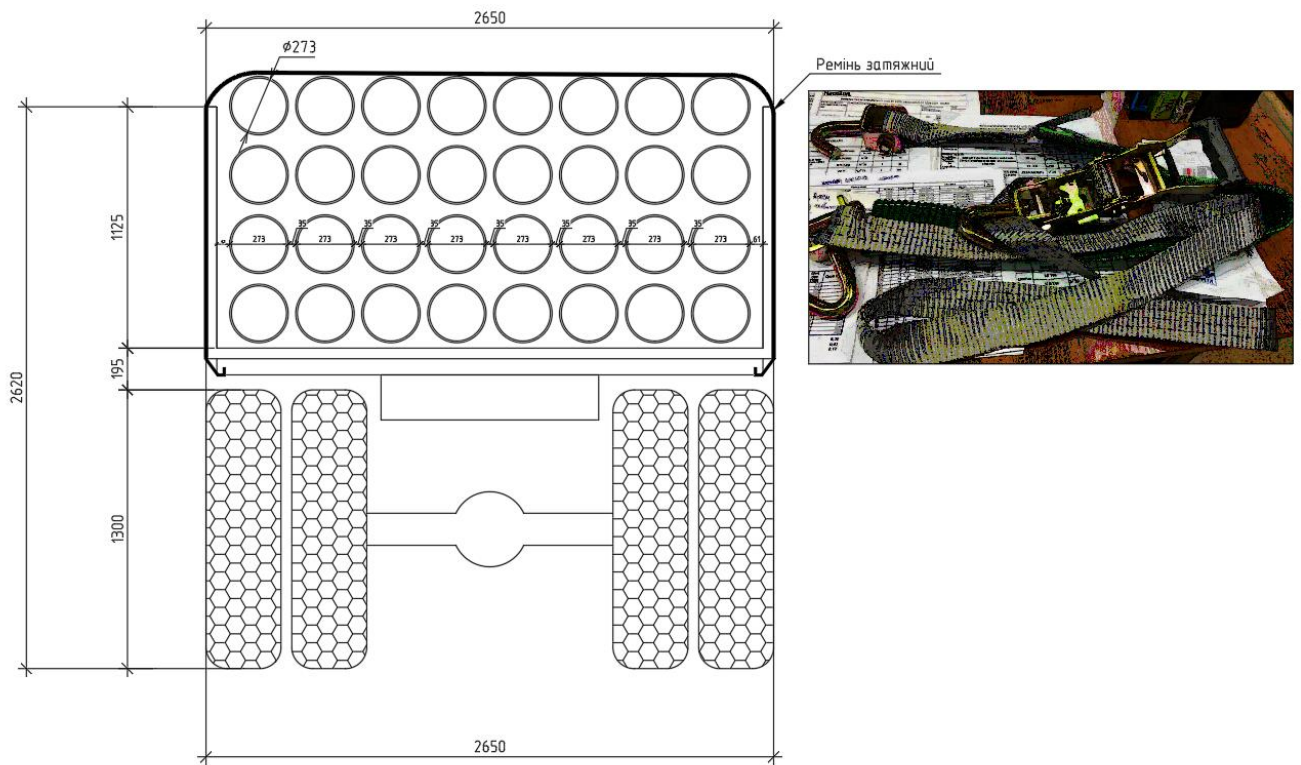


Рис. 5.6. Схема розміщення і закріплення металевих труб при перевезенні їх на автомобілі марки КрАЗ 257

5.3. Вибір строповочного обладнання, крану та схеми розвантаження, складування і монтажу

Приймаємо для сталевих труб строповку з використанням м'яких рушників марки ПМ 321 та строп універсальний двогілковий УСК-2.

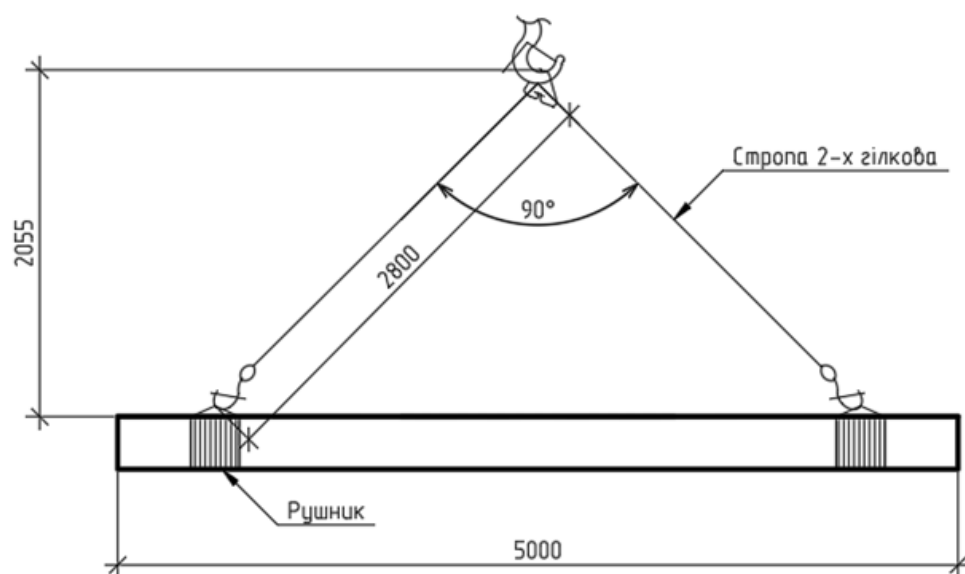


Рис. 5.7. Схема стропування труб

Потрібна монтажна маса для підбору крана:

$$Q_M = Q_3 + \sum q_{\text{пр}} = 0,26 + 0,28 = 0,54 \text{ т}$$

Потрібна висота крюка при захваті збірних елементів з автомобіля:

$$H_B = H_{\text{ГС}} + 0,5 + d_3 + h_{\text{пр}} + h_{\text{п}} = 2,245 + 0,5 + 0,325 + 2,05 + 1,5 = 6,62 \text{ м}$$

Потрібний монтажний виліт стріли крана (при прокладанні трубопроводів з коротких трубних заготовок):

$$l_c = 0,5b + 1,2mh + 0,5B_{\text{кр}} = 0,5 * 1 + 1,2 * 0,5 * 3,64 + 0,5 * 2,45 = 3,91 \text{ м}$$

Відстань від осі пересування крана до осі руху транспортного засобу, який підвозить труби та займає позицію для їх розвантаження:

$$l_{\text{тр}} = D + 0,5 + 0,5B_a = 1,9 + 0,5 + 0,5 * 2,65 = 3,73 \text{ м}$$

Для розвантаження труб із транспортного засобу, їх складування та укладання в траншею (монтажу) обираємо автомобільний стріловий кран марки КС-2561.

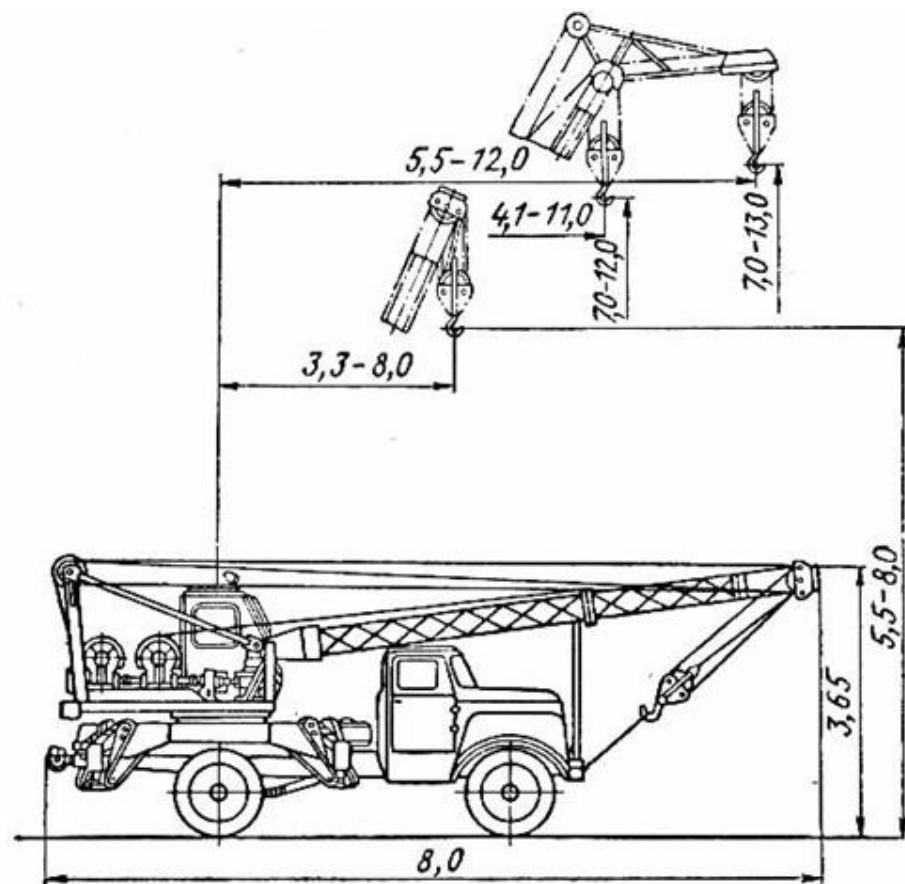


Рис. 5.8. Схема автомобільного стрілового крана марки КС-2561

Таблиця 5.5. Технічні характеристики автокрана КС-2561

Базовий транспортний засіб	ЗиЛ-130
Потужність шасі базового автомобіля, кВт	110
Стрілкове обладнання:	
основне :	Невисувна / Висувна стріла
змінне :	З подовженою стрілою; с гіськом
Довжина основної стріли, м	8
Виліт стріли (найменший - найбільший), м	3,3-7
Максимальний підйом крюка, м	7-13 м
Вантажопідйомність при вильоті (найменший - найбільший), т:	
на виносних опорах	6,3-1,9
без виносних опор	1-0,3
Вантажопідйомність при русі, т	1,6
Швидкість підйому (опускання) вантажу, м/хв:	
Найбільша	13
найменша	0,4
Швидкість, об/хв	0,1-2,5
Швидкість зміни вильоту, м/хв	11
Габаритні розміри в транспортному положенні, м:	
Довжина	8,35
Ширина	2,45
Висота	3,33
Вага крана, т	9,25

5.4. Монтаж трубопроводу

Монтаж труб із дотриманням необхідного ухилу забезпечується за допомогою обрешітки, оснащеної нерухомими і рухомими прицілами.

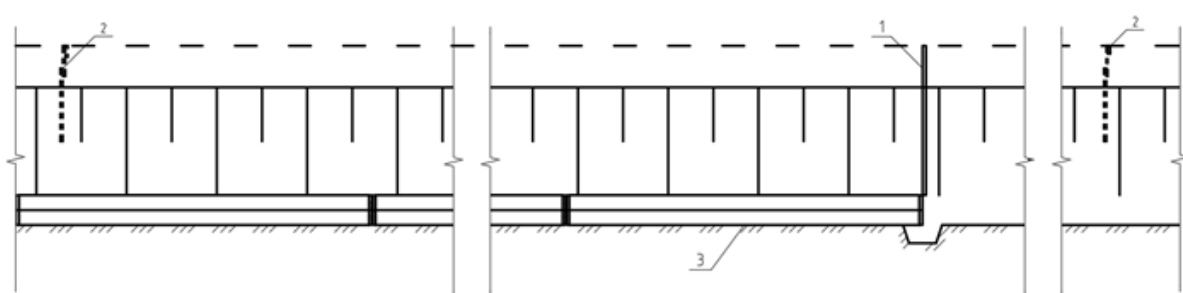


Рис. 5.9. Схема укладання труб за допомогою ходових і нерухомих візірок
1 – Ходова візірка 2 – Нерухома візірка 3 - Прокладання трубопроводів

Підземні комунікації та споруди наносять на робочі креслення із зазначенням висотних відміток та відстаней у плані до осі трубопроводу. Перед початком робіт будівельники уточнюють їхнє фактичне розташування та закріплюють це спеціальними знаками.

Розроблення траншей і котлованів поблизу або нижче рівня фундаментів існуючих споруд, а також діючих підземних комунікацій виконується лише за умови забезпечення заходів проти можливого осідання цих об'єктів.

При перетині траншей із чинними підземними комунікаціями механізоване розроблення ґрунту дозволяється вести не ближче ніж 2 м від бокової поверхні та не менш ніж 1 м над верхом труби. Залишок ґрунту розробляють вручну.

Водопровідні трубопроводи при перетині з каналізаційними прокладають на 0,4 м вище останніх. Водопровід виконується зі сталевих труб; якщо труби чавунні, вони повинні бути прокладені у сталевому кожусі. Перетин виконують під прямим кутом.

За паралельного прокладання водопровідних і каналізаційних мереж на одному рівні відстань між стінками труб повинна становити не менше 3 м для діаметрів понад 200 мм.

Дворові каналізаційні мережі розміщують вище водопровідних без застосування кожухів, за умови забезпечення вертикального проміжку між трубами не менше 0,5 м.

При прокладанні кількох каналізаційних трубопроводів в одній траншеї відстань між їхніми стінками приймається не менше 0,4 м. Для паралельного прокладання водопровідних ліній відстань визначається відповідно до діаметра труб (до 300 мм).

Операції з монтажу окремих труб у траншеї виконуються в такій послідовності:

1. Стропування труби та її подача в траншею повноповоротним краном.
2. З'єднання труби з раніше укладеним трубопроводом, центрування стику та виконання прихваток.

При складанні стику кількість прихваток має бути:

- 1–2 шт. для труб діаметром до 100 мм;
- 3–4 шт. для труб діаметром 100–426 мм.

Для труби діаметром 325 мм приймаємо 4 прихватки, рівномірно розміщені по периметру стику. Довжина однієї прихватки для труб діаметром 100–426 мм становить 20–40 мм.

3. Перевірка проектного положення труби у вертикальній та горизонтальній площинах, розстропування та ущільнення ґрунту біля укладеної труби.
4. Виконання зварювання нерухомого з'єднання.

Вимоги до складання та центрування труб:

- Стиснення труб під час складання виконується за допомогою центраторів (зовнішніх ручних або внутрішніх гідравлічних), домкратів, роликів опор та інших пристроїв, що забезпечують співвісність кромки.
- При складанні труб без опорного кільця зміщення кромки не повинно перевищувати 20% товщини стінки труби, але не більше 3 мм.
- Труби діаметром понад 100 мм, виготовлені поздовжнім або спіральним зварюванням, слід збирати зі зміщенням зварних швів суміжних труб не менше ніж на 100 мм.

Загальні вимоги до монтажу сталевих трубопроводів:

1. Зварні шви повинні бути розташовані на відстані не менше 0,3 м від зовнішніх і внутрішніх поверхонь камер, через які проходить трубопровід, а також від краю обсадної труби.
2. Якщо зазор між кінцями труб або ланками більший за допустимий, їхнє з'єднання виконується шляхом вставки “змійовика” довжиною не менше 200 мм.
3. Відстань між окружним зварним швом трубопроводу та швом підвідних труб повинна становити не менше 100 мм.

5.5. Визначення будівельно монтажних елементів колодязя

Загальна висота колодязя:

$$H_k = h + h_z + h_{пл} = 3,64 + 0,35 + 0,1 = 4,09 \text{ м}$$

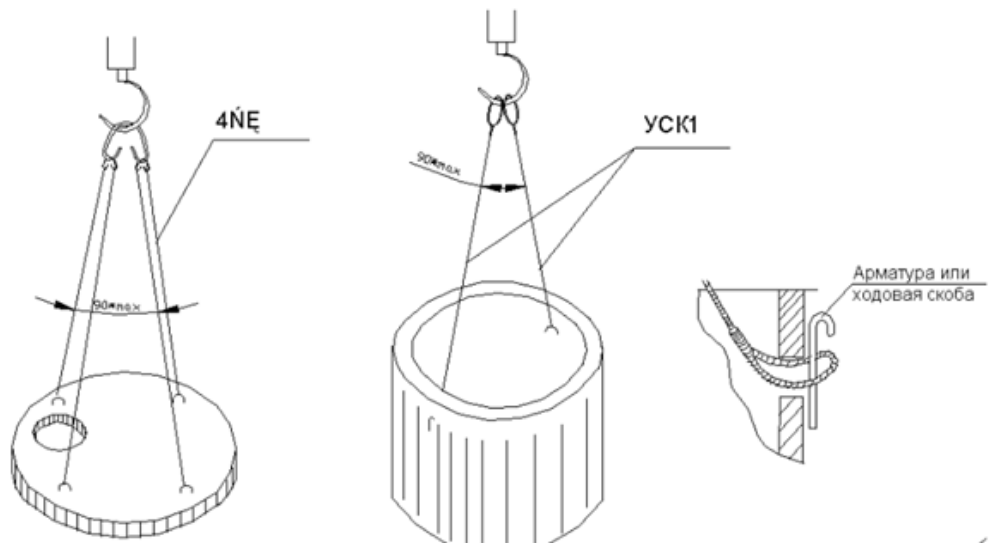


Рис. 5.10. Схема стропування колодязя

Таблиця 5.6. Розміри елементів колодязя

Назва виробу	Марка виробу	Внутрішній діаметр виробу, мм	Зовнішній діаметр виробу, мм	Висота стінок кільця, мм	Товщина виробів, мм	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	8
Плита днища	ПД-10	-	1500	100	-	450
Дорожня плита	КЦО-1	580	840	70	-	50
Кільце стінове	КЦ10-9	1000	1160	890	80	600
	КЦ10-9	1000	1160	890	80	600
	КЦ-10-9	1000	1160	890	80	600
	КЦ-10-6	1000	1160	590	80	320
	КЦ-7-3	700	860	300	80	130
Плита перекриття	КЦП1-15	700	1680	150	80	680

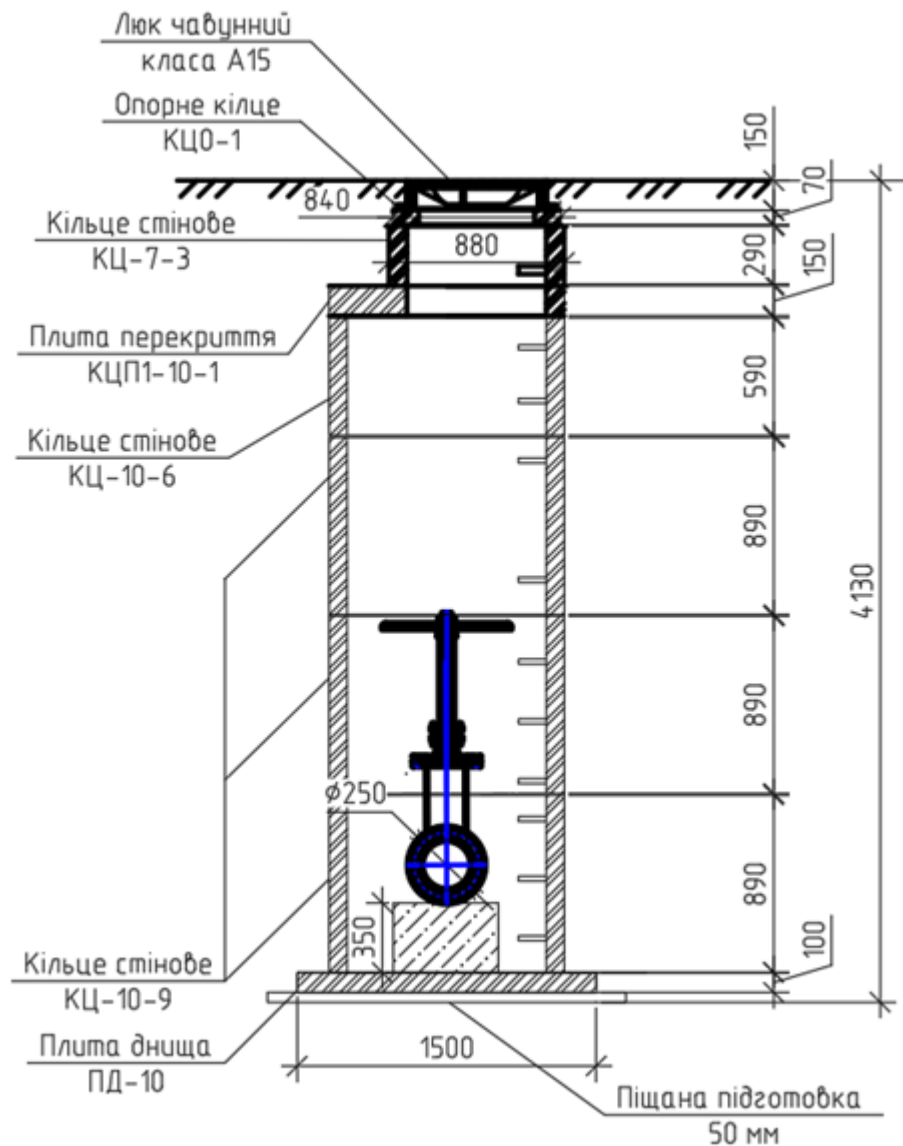


Рис. 5.11. Схема елементів колодязя і трубопроводів.

Вузлова точка №10 (найглибша)

5.6. Вибір крану для монтажу колодязів

Монтажна маса елемента:

$$Q_m = Q_e + \sum q_{пр} = 0,95 + 0,15 = 1,1 \text{ т}$$

Висота підйому крюка:

$$H_B = H_{гс} + 0,5 + h_e + h_{пр} + h_{п} = 1,495 + 0,5 + 1,0 + 1,5 + 1,5 = 5,995 \text{ м}$$

Монтажний виліт стріли крану:

$$l_c = \frac{B_k}{2} + 1,2mh + \frac{B_{кр}}{2} = \frac{3,5}{2} + 1,2 * 0,5 * 3,83 + \frac{2}{2} = 5,1 \text{ м}$$

5.7. Розрахунок нормативів виконання робіт

Довжина захватки при виконанні земляних робіт:

$$l_{зз} = \frac{L}{N_{зз}} = \frac{1120}{9} \approx 124 \text{ м}$$

Довжина захватки при виконанні монтажних робіт:

$$l_{зз} = \frac{L}{N_{з.м}} = \frac{1120}{9} \approx 124 \text{ м}$$

Нормативна трудомісткість:

$$Q_{Hi} = \frac{H_{вpi} \cdot V_i}{8,2}$$

- монтаж металевих трубопроводів:

$$Q_{H1} = \frac{0,3 * 1120}{8,2} \approx 40,9756 \text{ чол} - \text{днів}$$

- монтаж колодязів:

$$Q_{H2} = \frac{9,1 * 10}{8,2} \approx 10,09 = 11 \text{ чол} - \text{днів}$$

- гідравлічне випробування:

$$Q_{H3} = \frac{0,14 * 1120}{8,2} \approx 19,122 \text{ чол} - \text{днів}$$

Нормативна тривалість виконання робіт:

$$t_{H1} = \frac{41}{5} = 8,2 \text{ чол} - \text{змін}$$

$$t_{H2} = \frac{11}{5} = 2,2 \text{ чол} - \text{змін}$$

$$t_{H3} = \frac{19,122}{4} = 4,78 = 5 \text{ чол} - \text{змін}$$

Таблиця 5.7. Калькуляція трудових витрат

№ пор.	Найменування процесів	Об'єм робіт		Обґрунтування за ЕНиР	Норма часу <u>люд.-год.</u> <u>маш.-год.</u>	Трудомісткість <u>люд.-год.</u> <u>маш.-год.</u>	Склад ланки	
		Одиниця виміру	Кількість одиниць				Професія /розряд/	К-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Земляні роботи	м3	-					
2	Монтаж сталевих трубопроводів у траншеї зі зварюванням стиків	м	1120	Е §9-2-1, табл. 1, п. 2	<u>0,3</u>	<u>336</u>	Монтажник 5р., 4р 2р	2 2 1
3	Монтаж колодязів з окремих кілець	1 шт	10	Е §9-2-29, табл. 1, п. 4	<u>9,1</u>	<u>91</u>	Монтажник 5р., 3р 2р	1 3 1
4	Гідравлічне випробування трубопроводів	м	1120	Е §9-2-9, табл. 2 п.5	<u>0,14</u>	<u>156,8</u>	Монтажник 5р., 3 р.	1 1

Таблиця 5.8. Технологічні розрахунки монтажу мережі водопостачання

№	Найменування процесів і посилання на пункти калькуляції	Об'єм робіт		Трудомісткість люд.-зм. / маш.-зм.		Прийнятий склад ланок та бригади		Тривалість робіт, змін		Виконання норм, %
		Одиниця вимірювання	Кількість одиниць	за нормою	прийнята	Професія /розряд/	К-ть			
1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
1	Земляні роботи	м3	-		-					-
2	Монтаж металевих трубопроводів у траншеї зі зварюванням стиків	м	1120	<u>40,98</u> -	<u>40,00</u> -	Монтажник 5р., 4р., 3р.,	1 2 2	140:5=	8	102,44
3	Монтаж колодязів з окремих кілець	1 шт	10	<u>11,10</u> -	<u>11,00</u> -	Монтажник 5р., 3р., 2р.,	1 3 1	12:5=	2,2	100,89
4	Гідраелічне випробування трубопроводів	м	1120	<u>19,12</u>	<u>19,00</u>	Монтажник 5р., 3р.,	2 2	19:4= 140:5=	4,75 8	100,64 102,44
Всього:				<u>71,20</u>	<u>70,00</u>					

6.1. Загальні положення

У системах водопостачання автоматизації підлягають:

- робота тих елементів, що беруть участь у зміні технологічного процесу під час нормальної експлуатації споруд відповідно до заданої програми (зокрема, регулювання продуктивності насосів, промивання фільтрів, робота вентиляторів градирень тощо);
- функціонування обладнання, яке забезпечує швидке локалізування аварійних ситуацій та виконання оперативних перемикачів (наприклад, автоматичний запуск резервних насосів, відключення окремих ділянок мережі та ін.);
- допоміжні операції, що гарантують стабільну роботу установки без участі чергового персоналу (заповнення насосів, відведення дренажних вод, обігрів та інші процеси).

Насоси на станціях будь-якого призначення у більшості випадків повинні мати автоматичне керування, яке ґрунтується на контролі різноманітних технологічних показників. На станціях зі змінним режимом роботи агрегати запускаються автоматично залежно від рівня води в резервуарі або від тиску та витрати в мережі — ці параметри фіксуються спеціальними датчиками.

На станціях зі сталим режимом роботи запуск і зупинка робочих насосів зазвичай виконуються персоналом вручну — на місці або з централізованого пункту керування, тоді як усі допоміжні операції, пов'язані з запуском, зупинкою чи введенням резервних агрегатів, відбуваються автоматично у встановленій послідовності.

У всіх випадках застосовується блочна система агрегатного пуску: після подачі команди на ввімкнення насоса процеси заповнення, взаємодії із засувками та контролю параметрів здійснюються автоматично.

Під час автоматизації необхідно забезпечити виконання всіх умов, передбачених схемою, точну послідовність дій при запуску й зупинці агрегату, а також аварійне вимкнення й автоматичне вмикання резервного насоса. Резервний

агрегат має запускатися також у разі тривалого припинення живлення. Якщо живлення зникає короткочасно і відновлюється за допомогою АВР або АПВ, повинно забезпечуватися автоматичне відновлення роботи насосів, які працювали до відключення.

Схема керування повинна приводити агрегат у стан готовності після його штатної зупинки. Проте за аварійного вимкнення повторний автоматичний запуск до усунення причини несправності має бути неможливим.

Пуск насосів може здійснюватися як при відкритій, так і при закритій напірній засувці. Пуск за відкритої засувки є простішим та економічнішим, тому під час проектування спочатку перевіряють можливість роботи саме в такому режимі, враховуючи ризики перевантаження двигунів і виникнення гідроударів.

Під час пуску на закриту засувку момент подання сигналів на ввімкнення насоса та відкриття засувки визначають так, щоб виключити можливість її заклинювання від одностороннього тиску. Для насосів із синхронними двигунами також потрібно гарантувати їхнє входження в синхронізм. Зупинка насоса за такої схеми допускається лише після повного закриття засувки. Якщо двигун вимикається захистом, автоматика повинна забезпечити подальше закриття напірної засувки.

Насосні агрегати повинні мати технологічний та електричний захист. Електричний захист реагує на перевантаження, перегрів обмоток, падіння напруги, вихід синхронних двигунів із синхронізму тощо. Технологічний — на перегрів підшипників, втрату напору, незавершений пуск та інші несправності. На необслуговуваних станціях значення таких захистів особливо велике, адже будь-яка з цих подій може спричинити серйозні аварії. Наприклад, якщо під час пуску насоса на закриту засувку вона не відкриється, вода швидко нагріється і насос може вийти з ладу — допустимий час такої роботи становить лише 2–3 хвилини.

Засувки можуть захищатися максимальними струмовими реле або муфтами граничного моменту. Якщо засувка заклинює, насос відключається відповідними захисними пристроями.

Автоматизація системи заливання насосів залежить від обраної схеми:

- при індивідуальній схемі з вакуум-насосами: після команди на запуск вмикається вакуум-насос, контролюється заливка, потім запускається основний насос і вакуум-насос вимикається; контроль здійснюється із часовою затримкою;
- при загальній вакуумній системі: вмикається вакуум-насос, відкриваються вентиля, виконується контроль заливки, далі — запуск насоса та зворотне вимкнення вакуум-насоса і закриття вентилів.

У разі втрати вакууму передбачається повторний автоматичний запуск вакуум-насоса або запуск резервного. У схемах з вакуум-котлом робота вакуум-насосів визначається рівнем води в котлі; контроль заливки виконується без часової затримки. Найзручнішим варіантом є забезпечення постійної заливки насосів.

Дренажні насоси працюють автоматично залежно від рівня дренажних вод. Якщо їх декілька, вони вмикаються послідовно за різними рівнями, а вимикаються одночасно при досягненні мінімального рівня.

Комутаційні засувки на автоматизованих необслуговуваних станціях повинні мати електричні приводи і керуватися з диспетчерського пункту; на інших засувках достатньо місцевого керування.

Регулювання витрати й тиску води виконують зміною продуктивності насосів або за допомогою спеціальних регулювальних пристроїв (направляючих апаратів, заслінок, поворотних затворів тощо). Напірні засувки не рекомендується використовувати для регулювання, оскільки вони призначені лише для відкриття й закриття потоку.

Автоматичне промивання обертових сіток зазвичай здійснюється залежно від ступеня їхнього забруднення, який визначають прилади контролю перепаду рівнів. Тривалість промивання встановлюють за результатами експлуатаційних спостережень та задають реле часу. Іноді також застосовують періодичне промивання за програмою.

Для насосів артезіанських свердловин здебільшого передбачене автоматичне керування: для водозабірних — за рівнем води в приймальному резервуарі чи тиском у магістралі, для водовідливних — за рівнем води в самій свердловині.

На станціях оборотного водопостачання з постійною витратою води автоматизують подачу гарячої води на охолоджувальні установки залежно від рівня в резервуарі та дозування свіжої води. За змінної витрати охолодженої води автоматично регулюють продуктивність насосів.

Керування вентиляторами градирень здійснюється автоматично за температурою охолодженої води. У секційних градирнях охолодження регулюється поетапним вимкненням або вмиканням вентиляторів окремих секцій за певною послідовністю для рівномірного зносу. В одно-вентиляторних градирнях температуру регулюють зміною частоти обертання вентилятора.

Через особливу відповідальність насосних станцій протипожежного водогону способи їхнього керування визначаються індивідуально:

- на станціях зі спеціальними пожежними насосами високого тиску керування може здійснюватися з диспетчерського пункту або з приміщення пожежної охорони; при вмиканні цих насосів повинні автоматично вимикатися інші насосні агрегати та водонапірна башта;
- на станціях низького тиску додаткові насоси під час пожежі мають вмикатися автоматично або диспетчером;
- необхідно запобігати використанню пожежного запасу води для інших потреб.

Значний рівень автоматизації також передбачається на очисних спорудах водопостачання: підготовка реагентних розчинів, дозування коагулянтів і вапна, хлорування води, робота фільтрів, видалення осаду та шламу з відстійників і освітлювачів та інші операції.

6.2. Розробка структурної схеми автоматичного керування насосними агрегатами

Ключовим елементом водопровідного вузла, який забезпечує транспортування води до житлових масивів та промислових зон, є підсистема підкачування — комплекс відцентрових насосів, що працюють від трифазних асинхронних електродвигунів. Основна функція цієї підсистеми полягає в забезпеченні подачі води в магістраль із заданим об'ємом та тиском, що не повинен опускатися нижче мінімально допустимого. Цей мінімум зазвичай визначається умовами у найвищій точці водопровідної мережі.

Досягти потрібних витрат і напору можна двома основними методами: регулюючи ступінь відкриття засувки на виході насоса або змінюючи частоту обертання насосного агрегату. Однак перший спосіб є малоефективним — він знижує коефіцієнт корисної дії, прискорює зношування запірної арматури та самого насоса. Натомість керування за рахунок зміни швидкості обертання позбавлене цих недоліків. Оскільки насоси здебільшого з'єднані з двигунами без редукторів, єдиним практичним способом змінити їхній режим роботи є регулювання швидкості обертання ротора двигуна. У цьому плані асинхронні електродвигуни забезпечують простіше та надійніше управління.

Розглянемо підсистему підкачування докладніше, щоб побудувати структурну схему автоматизованої системи керування. Живлення електродвигунів надходить від місцевої підстанції, яка подає напругу сталої частоти та фіксованого рівня. Двигуни приводять у рух відцентрові насоси, забезпечуючи їхню здатність створювати максимальний необхідний напір та змінну витрату води. У нинішній системі зменшення витрати реалізується за допомогою засувки, встановлених на вихідних трубопроводах.

Для підвищення енергоефективності та зменшення експлуатаційних витрат доцільно відмовитися від регулювання за допомогою засувки і розробити таку систему, у якій потужність насосів змінюватиметься відповідно до потреб у реальному часі.

На основі аналізу наявного обладнання можна зробити висновок, що за умови забезпечення сталого напору на виході необхідно керувати лише витратою води. Це означає, що регулювання має здійснюватися через зміну частоти обертання робочого колеса насоса, а отже — шляхом зміни частоти обертання ротора приводного електродвигуна.

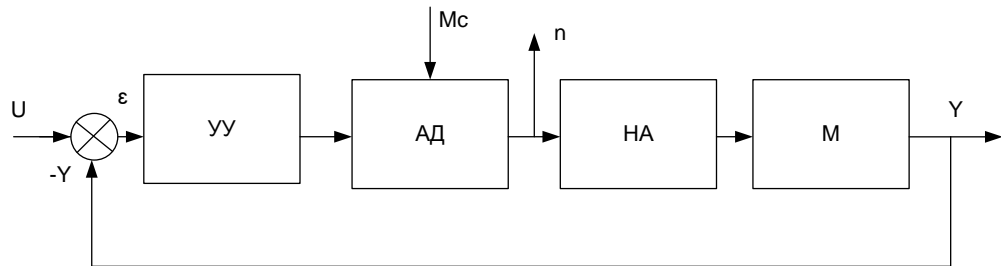


Рис. 6.1. Структурна схема автоматичного керування насосними агрегатами

Уся система складається з керуючого блока (УУ), який отримує вхідний сигнал керування U та формує вплив на швидкість обертання ротора асинхронного двигуна (АД), а отже — і на роботу крильчатки відцентрового насоса (ЦН). Об'єм води, який перекачує насос, проходить певну ділянку магістралі (М), після чого його значення фіксується вимірювальним датчиком. Отримана інформація повертається до вузла порівняння як сигнал зворотного зв'язку, де формується сигнал розузгодження.

При побудові такої системи необхідно враховувати момент опору на валу двигуна — він виступає збурюючим фактором, що впливає на динаміку керування. Крім цього, з метою підвищення надійності доцільно контролювати швидкість обертання ротора або, принаймні, наявність його заклинювання, щоб своєчасно виявляти аварійні стани та запобігати пошкодженню обладнання.

6.3. Структура системи автоматичного керування

Структуру системи можна умовно поділити на три функціональні рівні:

- Нижній рівень — це рівень первинних перетворювачів: датчики, вимірювальні пристрої та виконавчі механізми, які безпосередньо взаємодіють з технологічним обладнанням.

- Середній рівень — рівень програмованих логічних контролерів (ПЛК), що здійснюють обробку сигналів, виконують логіку керування та координують роботу нижніх пристроїв.
- Верхній рівень — рівень операторських станцій, програмно-технічних комплексів та SCADA-систем, призначених для моніторингу, оперативного керування та візуалізації технологічного процесу.

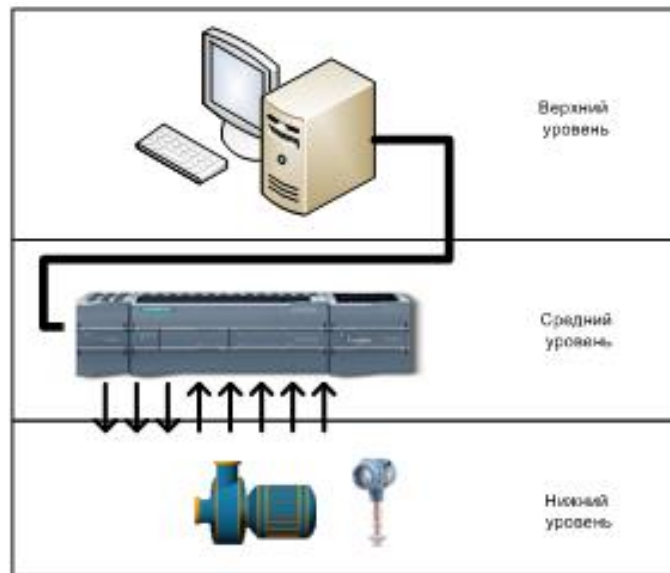


Рис. 6.2. Структура системи автоматичного керування

7.1. Загальна інформація

Розташування та спорудження укриттів повинно здійснюватися відповідно до вимог ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту». Проектування таких об'єктів має забезпечувати оперативну можливість укриття людей і водночас мінімізувати будівельні витрати.

Щоб досягти цих цілей, необхідно дотримуватися таких принципів:

- захисні споруди слід планувати у районах найбільшої концентрації персоналу;
- найраціональніше розміщувати сховища у підземній частині будівель — у підвальних та цокольних поверхах; окремо розташовані укриття передбачають лише у випадках, коли інтеграція вбудованого варіанту неможлива;
- вбудовані сховища бажано проектувати під будівлями з невеликою поверховістю, а окремо споруджені — на відстані від найближчих будівель, яка щонайменше дорівнює їхній висоті;
- розташування вбудованих сховищ і ПРУ допускається в будівлях I та II ступеня вогнестійкості, переважно з виробництвами категорій В і Г за пожежною небезпекою;
- укриття повинні знаходитися не ближче 15 м від основних інженерних комунікацій (водопровід, тепломережа, каналізація) діаметром понад 200 мм, а також мають бути надійно захищені від можливого підтоплення ґрунтовими чи атмосферними водами та від аварійного витоку рідин із ємностей, що розташовані наземно або всередині будівель.

Оцінювання захисних характеристик сховищ цивільного захисту можна виконувати шляхом моделювання їхньої стійкості до впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, використовуючи розрахункові параметри та методи аналізу уразливості об'єкта.

Таблиця 7.1. Вихідні дані для розрахунку

Потужність ядерного вибуху, кт	Віддаль об'єкту від центру вибуху, км	Швидкість середнього вітру, км/год	Примітка
220	5	50	1. Сховища ЦЗ вбудованого типу і окремо стоячі мають перекриття товщиною: - бетон - 40 см - гідроізоляційний шар - 30 см глина Гранично допустима доза опромінення протягом 4 діб не більше 10 рентген і не більше 100 рентген за 30 діб Всі вибухи наземні

Таблиця 7.2. Умови для розрахунку сховища цивільного захисту

У сховищі чоловік		Тип будівлі	Число поверхів; висота будівлі	Тип укриття	Місце розміщення	Передбачити у сховищі
всього	жінок					
220	150	Адм.	3; 9м	Сховище вбудованого типу	Підвал, h=2,5	Пункт керування

7.2. Визначення захисних властивостей сховища ЦЗ від дії ударної хвилі, ядерного вибуху і радіації

Оцінювання стійкості функціонування об'єкта народного господарства у воєнний період може здійснюватися шляхом моделювання його уразливості під дією вражаючих чинників ядерного вибуху з використанням результатів відповідних розрахунків.

До основних факторів, що формують ураження під час ядерного вибуху, належать: ударна повітряна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація, радіоактивне забруднення та електромагнітний імпульс. Кожен із цих чинників по-

своєму впливає на здатність об'єкта продовжувати роботу після завдання ядерного удару, тому оцінювання його стійкості необхідно проводити окремо щодо кожного фактора.

Окрім основних, при ядерному вибуху виникають і вторинні фактори ураження: пожежі, повторні вибухи, хімічне зараження територій та водних об'єктів токсичними чи сильно діючими речовинами, а також затоплення у районах, що розташовані нижче гідроспоруд. У низці випадків саме вторинні наслідки можуть завдати найбільшої шкоди роботі об'єкта, тому вони також мають бути включені до загальної оцінки його стійкості.

7.2.1. Визначення максимальних значень параметрів факторів ураження ядерного вибуху, які очікуються на об'єкті

Максимальний надлишковий тиск ударної хвилі, що очікується на об'єкті:

$$\Delta P_{\text{ф треб}} = \Delta P_{\text{ф max}}$$

За додатком 1[10] для ядерного вибуху 220 кт на відстані 5 км від центра надлишковий тиск дорівнює 8,11 кПа і буде максимальним.

Отже, об'єкт може опинитися на периферії осередку ядерного ураження, у зоні слабких руйнувань. У цих умовах будівлі та інженерні конструкції зазнають незначних пошкоджень, а на території можуть виникати поодинокі осередки загорянь.

7.2.2. Оцінка стійкості об'єкта до дії проникаючої радіації та радіоактивного забруднення

Максимальне значення рівня радіоактивного зараження та дозу проникаючої радіації, які очікуються над сховищем:

- Для $q = 220$ кт. та $V \text{ с.в.} = 50$ км/год за додатком 12[10] $P_{1 \text{ max}} = 6640$ Р/год.
- Доза проникаючої радіації становить $D_{\text{пр. max}} = 3,07$ Р

Коефіцієнт послаблення дози радіації сховищем:

- За додатком 11[10] знаходимо шари половинного послаблення: від радіаційного зараження для бетону $d1 = 5,7$ см: для глини $d2 = 6,3$ см
- Коефіцієнт, який враховує умови розташування сховища $K_p = 4$

$$K_{\text{посл.уб.РЗ}} = K_{\text{р}} \Pi^{h_i/d_i} = 4 \cdot 240/5,7 \cdot 230/6,3 = 4 \cdot 129,566 \cdot 27,13 = 14061,53$$

Доза радіації, яку можуть отримати робітники та службовці (мешканці), у разі перебування у сховищі при максимальному рівні радіації:

$$D_{\text{РЗ.сх.}} = D_{\text{РЗ.мах}} + D_{\text{ос.уб РЗ}}$$

$$D_{\text{уб. РЗ}} = D_{\text{рз.мах}} / K_{\text{осл.уб рз}} = 13110 / 14061,53 = 1,86 \text{ Р}$$

Найбільша доза на відкритій місцевості, у разі перебування протягом 4 діб:

$$D_{\text{рз.мах}} = 5 \text{ Р}_1 \cdot (t_{\text{н}}^{-0,2} - t_{\text{к}}^{-0,2})$$

$$D_{\text{рз.мах}} = 5 \cdot 6640 \cdot (1,1^{-0,2} - 97,1^{-0,2}) = 33200 \cdot (0,9811 - 0,4004) = 19279,24 \text{ Р}$$

Коефіцієнт послаблення радіації захисної споруди від радіоактивного забруднення:

$$K_{\text{посл рз треб}} = D_{\text{рз.мах}} / 50 = 19279,24 / 50 = 385,5848$$

Доза опромінення у сховищі:

$$D_{\text{схв.РЗ}} = D_{\text{РЗ.мах}} + K_{\text{осл.схв.РЗ}} = 19279,24 / 14061,53 = 1,371$$

$D_{\text{схв.РЗ}} < D_{\text{вст}}$; $1,371 \text{ Р} < 50 \text{ Р}$ – умова виконується.

7.3. Розрахунок основних приміщень сховища

- Приміщення для укриття людей

Площа: $220 \cdot 0,5 = 110 \text{ м}^2$

Передбачаємо встановлення двоярусних лав-нар.

Число лежачих місць складає 20%, а для садіння - 80% місткості сховища при двоярусному розташуванні лав-нар.

Тоді:

- лежачих $M_{\text{леж}} = 220 \cdot 0,2 = 44$ місць

- для сидіння $M_{\text{сид}} = 220 \cdot 0,8 = 176$ місць

Приймаємо встановлення у сховищі 44 двоярусних лав-нар довжиною 1,8 м.

- Пункт управління

Площа: $S_{\text{пу}} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м}^2$

- Медичний пункт:

Площа: 9 м^2 передбачається у сховищах при чисельності людей 900-1200 чол.

- Санітарний пост

Площа: 2 м^2 на кожні 500 чоловік.

Приймаємо 1 санітарний пост площею 2 м^2 .

7.4. Розрахунок допоміжних приміщень сховища

Площа приміщень: $S_{\text{доп.прим}} = 220 \cdot 0,15 = 33 \text{ м}^2$.

- Фільтровентиляційні камери розміщують уздовж зовнішніх стін сховища, як правило, поряд із основними або аварійними входами. Площа таких приміщень визначається габаритами встановлюваного обладнання та простором, необхідним для його технічного обслуговування. Сховище належить до II кліматичної зони житлової забудови, тому система повітропостачання працюватиме у двох режимах:
 - I режим — чиста вентиляція,
 - II режим — фільтрація повітря.
- Санітарні вузли проектуються окремо для чоловіків і жінок. Нормативи передбачають:
 - для жінок — 1 унітаз на 75 осіб (для 150 жінок потрібно 2 унітази);
 - для чоловіків — 1 унітаз + 1 пісуар на 70 осіб (для 150 чоловіків — один комплект).

Умивальники передбачаються з розрахунку *1 на 200 осіб*, але мінімум один у кожному санвузлі (для 220 осіб потрібно 2 умивальники).

Згідно з ДБН В.2.2-9:2018, мінімальна площа однієї санітарної кабінки становить $1,2 \times 0,85 \text{ м}$.

Ширина проходів повинна бути:

- 1,3 м від стіни до ряду кабінки,
- 1,6 м між двома рядами кабінки.

Розрахунки:

- ширина санвузла для чоловіків: $1,2 + 0,3 \text{ (пісуар)} = 1,5 \text{ м}$,
- площа: $1,5 \times 0,85 = 1,275 \text{ м}^2$;
- ширина санвузла для жінок: $1,2 + 1,3 = 2,5 \text{ м}$,
- площа: $2,5 \times (0,85 \times 2) = 4,25 \text{ м}^2$;

- площа під умивальники — 1 м² на один умивальник.

Отже:

- $S_{\text{св жін}} = 4,25 + 1 = 5,25 \text{ м}^2$;
- $S_{\text{св чол}} = 1,275 + 1 = 2,275 \text{ м}^2$.

- Електрощитове приміщення повинно бути ізольованим від дизель-електростанції (ДЕС) і мати достатньо місця для встановлення ввідних пристроїв, розподільних щитів та обладнання керування дизель-генератором.
- Приміщення для зберігання продуктів

Площа продовольчого складу становить 5 м² на перші 150 осіб.

Для кожних наступних 150 осіб додається 3 м².

Для місткості 220 осіб:

$$S^{\text{пзп}} = 5 + (220 - 150) / 150 \times 3 = 6,4 \text{ м}^2.$$

- Сховище має містити не менше двох захисних входів, розташованих з протилежних боків будівлі.

Нормативи місткості:

- 1 вхід 0,8 × 1,8 м на 200 осіб,
- або 1 вхід 1,2 × 2 м на 300 осіб.

Прийнято рішення влаштувати два входи 0,8 × 1,8 м, один із яких виконуватиме функцію аварійного.

- Для вбудованих сховищ ємністю до 600 осіб допускається аварійний вихід у вигляді вертикальної шахти, сполученої зі сховищем горизонтальним ходом розміром **0,9 × 1,3 м**.

Вихід обладнують:

- зовнішнім захисно-герметичним тамбуром,
- внутрішньою герметичною передкамерою,
- бетонним оголовком на верхівці шахти.

- Тамбур-шлюз влаштовується при одному з основних входів.

Для місткості до 600 осіб застосовується однокамерний варіант.

Мінімальна площа — 8 м² для дверей шириною 0,8 м.

Усі двері тамбур-шлюзу повинні бути захисно-герметичними.

- Звичайні тамбури передбачаються на всіх інших входах, окрім тих, де встановлено тамбур-шлюз.

7.5. Визначення складу санітарно-технічного обладнання й систем енергопостачання

- Повітропостачання

Система подачі повітря в сховище має забезпечувати очищення зовнішнього повітря, підтримання необхідного повітрообміну та відведення тепла й вологи. Робота повітропостачання передбачається в трьох режимах:

- Режим I — чиста вентиляція

Кількість зовнішнього повітря визначається за нормами, які залежать від кліматичної зони (за середньою температурою найтеплішого місяця):

- до 20 °С — зона I: 8 м³/год на людину
- 20–25 °С — зона II: 10 м³/год на людину
- 25–30 °С — зона III: 11 м³/год на людину
- понад 30 °С — зона IV: 13 м³/год на людину

Об'єкт розташований у II кліматичній зоні, отже потреба в режимі I становить:

$$220 \cdot 10 = 2200 \text{ м}^3/\text{год}$$

Один комплект ФВК-2 забезпечує 1200 м³/год у режимі чистої вентиляції.

Два комплекти сумарно дають:

$V = 1200 \cdot 2 = 2400 \text{ м}^3/\text{год}$, що на 200 м³/год перевищує мінімальну потребу.

- Режим II — фільтровентиляція

Норматив подачі очищеного повітря:

- для укритих осіб — 2 м³/год на людину
- для персоналу ПУ — 5 м³/год на людину

Розрахунок подачі:

- для 220 укритих: $220 \cdot 2 = 440 \text{ м}^3/\text{год}$

- для 10 працівників ПУ: $10 \cdot 5 = 50 \text{ м}^3/\text{год}$

Загалом:

$$V = 440 + 50 = 490 \text{ м}^3/\text{год}$$

Один ФВК-2 забезпечує $300 \text{ м}^3/\text{год}$, тому потрібно:

$$П = 490 / 300 = 1,63 \rightarrow \text{приймаємо 2 комплекти ФВК-2}$$

- Режим III — регенерація повітря

Режим підтримується штатним обладнанням комплексу ФВК-2 — регенеративними установками РУ-150/6 та фільтрами ФГ-70.

Нормативна площа для розміщення одного ФВК-2 з РУ-150/6 — 20 м^2 .

Отже, для двох комплектів потрібно: $S = 2 \cdot 20 = 40 \text{ м}^2$

- Водопостачання

Вода подається із зовнішнього водогону з резервуванням у проточних ємностях.

Норми води на 1 особу на добу:

питна — 3 л, технічна (для санвузлів) — 2 л.

Запас води формується на 4 доби:

- питна вода: $220 \cdot 3 \cdot 4 = 2640 \text{ л}$

- технічна вода: $220 \cdot 2 \cdot 4 = 1760 \text{ л}$

Загальний об'єм запасу: 4400 л

- Каналізація

Стічні води від санвузлів відводяться до зовнішньої каналізації.

Додатково влаштовується резервуар накопичення стоків за нормою 2 л технічної води на людину на добу.

На 4 доби: $V_{\text{канал}} = 220 \cdot 2 \cdot 4 = 1760 \text{ л}$

- Опалення

Обігрів приміщень сховища здійснюється від системи опалення будівлі, у якій воно розташоване.

- Електропостачання

Живлення передбачається від дизель-електростанції, розташованої у приміщенні сховища (до 45 м²).

Кабелі прокладаються у траншеях глибиною не менше 0,7 м.

- Освітлення

Основне освітлення — від міської електромережі.

За необхідності можуть застосовуватися знижувальні трансформатори до 36В.

Аварійне освітлення допускає використання: акумуляторних ламп, ліхтарів, свічок тощо.

7.6. Графічна частина

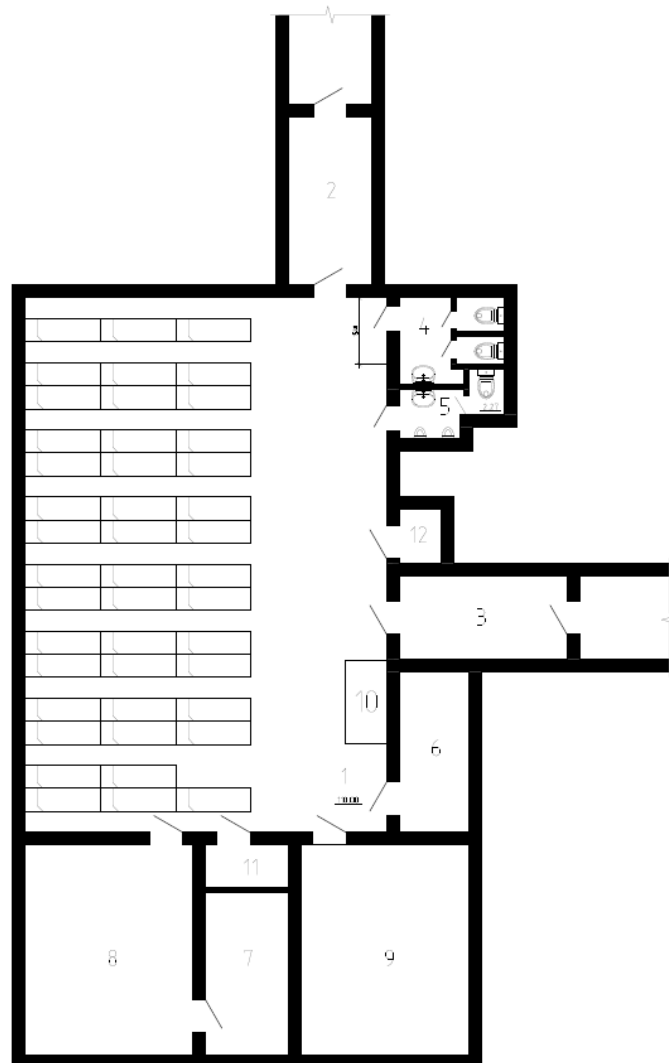


Рис. 7.1. План-схема сховища цивільного захисту

Таблиця 7.3. Експлікація споруд

№	Найменування	К-сть	Площа м ²
	Лави-нари	44	
1	Приміщення для укриття людей	1	110
2	Тамбур-шлюз	1	8
3	Тамбур	1	8
4	с/в жіночий	1	5,25
5	с/в чоловічий	1	2,275
6	Приміщення для зберігання продовольства	1	6,4
7	балонна	1	8
8	Пункт управління	1	20
9	Фільтровентиляційне приміщення	1	20
10	Санітарний пункт	1	2
11	Електрощитова	1	2
12	Шахта аварійного виходу	1	1,3

ВИСНОВКИ

У ході виконання проєкту було комплексно опрацьовано систему водопостачання населеного пункту з чисельністю населення 39 тис. осіб. Проведені гідравлічні розрахунки для різних експлуатаційних режимів дозволили визначити оптимальні параметри роботи мережі та забезпечити її надійність як у звичайних умовах, так і під час пожежогасіння. Побудовані графіки п'єзометричних напорів та розроблена схема підземного водозабору створюють основу для стабільної та ефективної подачі води.

Запроектована насосна станція II підйому, підібране обладнання та визначений режим її роботи під час пожежних навантажень забезпечують необхідний рівень резервування та стійкості системи. Окрему увагу приділено внутрішнім інженерним системам 4-поверхового гуртожитку: виконано розрахунки холодного водопостачання, побутової та дощової каналізації, а також підібрано насосне обладнання для забезпечення нормативного напору.

Розглянуті питання монтажу водоводу та автоматизації системи водопостачання сприяють підвищенню надійності та енергоефективності експлуатації. Додатково проаналізовано стійкість сховища цивільного захисту до дії вражаючих факторів ядерного вибуху, що забезпечує оцінку рівня безпеки об'єкта в надзвичайних ситуаціях.

Загалом, проєкт охоплює всі основні аспекти проєктування систем водопостачання та водовідведення, а також безпекові елементи, забезпечуючи комплексний і технічно обґрунтований підхід до інженерного облаштування об'єкта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 180 с.
2. ДБН В.2.5:75-2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 180 с.
3. ДБН В.2.2-5-2023 «Захисні споруди цивільного захисту»
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»
5. ДСТУ-Н Б.В.1.1-27 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія
6. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
7. Водозабір підземних вод: методичні вказівки до виконання курсового проекту / уклад.: А.М. Тугай, Є.В. Юрков, Я.А. Тугай, Ю.М. Пікуль. – К.: КНУБА, 2011.– 48с
8. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. М., Стройиздат, 1984. – 116 с.
9. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів
10. Демиденко Г. П. і ін. - Довідник "Захист об'єктів народного господарства від зброї масового знищення" вид. 1989р. м. Київ
11. А.М.Тугай, В.О.Орлов, В.О.Шадура, С.Ю.Мартинов. Міські інженерні мережі та споруди. Підручник. – Київ: Укртеліотех, 2010. – 256с.
12. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання: Навчальний посібник. – КНУБА, 2001. – 256с.
13. Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. – К: Аграрна наука, 2008 – 534 с.
14. Хоружий П.Д., Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1993. – 230 с.: іл.

15. Зоря О.В, Копаниця Ю.Д. Технологія монтажу систем водопостачання та водовідведення - Методичні вказівки до курсового проекту – 2007
16. Литвиненко П. Л. - Методичні вказівки і вихідні дані до розрахунково-графічної роботи по Цивільній обороні. Будівництво захисних споруд Цивільної оборони. К.: КНУБІА 1999.-15с.
17. ДБН В.2.2-5-2023 «Захисні споруди цивільного захисту»
18. Кравчук А.М., Ільїна І.В., Чупрунова Н.А. Альбом завдань по санітарно-технічному обладнанню будівель. – К.; КНУБА, 2002. – 40 с.
19. Кравчук А.М., Кравчук О.Я. Водопостачання і каналізація: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2012. – 180 с.