

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему Водопостачання міста з розробкою схеми очистки води від кальцію

Галузь знань:

19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність:

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітньо-професійна програма:

«Водопостачання та водовідведення»

IV курс, група ВВ-21

Здобувач:

Кострич Б. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Аргатенко Т. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(підпис)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем та екології

Кафедра: водопостачання та водовідведення

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Рівень вищої освіти: перший (бакалавр)

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: «Водопостачання та водовідведення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

водопостачання та водовідведення

_____ Віктор ХОРУЖИЙ

« ____ » _____ 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
Здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»**

Здобувачка: Кострич Богдан ...

1. Тема кваліфікаційної роботи: водопостачання міста з розробкою схеми очистки води від кальцію

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

Затверджені наказом КНУБА № 424/24/25 від «24» _____ 03 _____ 2025 року

2. Термін подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані: Водопостачання населеного пункту з чисельністю населення 45 000 осіб здійснюється за допомогою руслового водозабору, розташованого в межах кліматичного району Полісся. З метою забезпечення санітарної безпеки та збереження екосистем передбачено комплекс природоохоронних заходів у зоні водозабору, що спрямовані на запобігання антропогенному впливу та забрудненню джерела водопостачання. Станція оснащена комплексом санітарно-технічного обладнання, що забезпечує ефективну підготовку води до подачі у водопровідну мережу. Зберігання очищеної води здійснюється у двох резервуарах чистої води, об'ємом 4 000 м³ кожен. Технологія будівництва цих резервуарів включає підготовку майданчика, бетонування, гідроізоляцію та монтаж контрольно-виміральної апаратури.

4. Перелік розділів основної частини кваліфікаційної роботи:

- P.1. Водопостачання населеного пункту
- P.2. Очистка води від іонів кальцію з використанням технології Crystalactor
- P.3. Внутрішнє санітарно-технічне обладнання будівлі
- P.4. Розрахунок собівартості води та послуг водопостачання
- P.5. Технологія будівельного виробництва
- P.6. Охорона навколишнього середовища

5. Графічний матеріал за розділами

- P.1. План водопровідної мережі, графік п'єзометричних напорів, схема та креслення елементів водозабірної вузла, технологічна схема водопідготовки
- P.2. Плани типового поверху та підпілля, аксонометрична схема В1, В2 та Т3
- P.3. Схема розробки будівлі та руху кранів під час монтажу,
- P.4. Зони санітарної охорони водозабірних споруд
- P.5. -

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1	25.05.2025
Розділ 2	30.05.2025
Розділ 3	05.06.2025
Розділ 4	06.06.2025
Розділ 5	10.06.2025
Остаточне оформлення роботи	15.06.2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	16.06.2025
Попередній захист роботи на кафедрі	-
Направлення роботи на рецензування	19.06.2025

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи:

Розділ	ПІБ та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1			
Розділ 2			
Розділ 3	Чебанов Т. Л.		
Розділ 4			
Розділ 5			

8. Дата видачі завдання 10.05.2025

Керівник _____ Тетяна АРГАТЕНКО

Здобувач _____ Богдан КОСТРИЧ

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до атестаційної випускної роботи здобувача:	(ПІБ здобувача українською та англійською) Кострич Богдан Олексійович Bohdan Kostrych		
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Водопостачання міста з розробкою схеми очистки води від кальцію		
Освітній ступінь	бакалавр		
Факультет	інженерних систем та екології		
Випускова кафедра	водопостачання та водовідведення		
Спеціальність	192 – Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Водопостачання та водовідведення		
Керівник	Аргатенко Тетяна Вікторівна		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	123	6	5
Розділ 1	Розрахунок водопостачання в місто, водозабірної та очисної споруд, розрахунок насосної станції II підйому		
Розділ 2	Очистка води від іонів кальцію з використанням технології Crystalactor		
Розділ 3	Розрахунок санітарно технічного обладнання в типовому будинку		
Розділ 4	Собівартість постачання одного метра кубічного води		
Розділ 5	Технологія будівельного виробництва двох резервуарів чистої води ємністю 4 000 м ³		
Розділ 6	Охорона навколишнього середовища для водозабірної споруди		
Висновки по роботі:	У межах даної дипломної роботи було здійснено проектування комплексу споруд для забезпечення водопостачання, зокрема: водозабірної і очисної станцій, насосної станції, а також розраховано обсяги водоспоживання. Проведено трасування трубопровідної мережі та визначено економічні показники, зокрема собівартість подачі води.		
Ключові слова: Keywords:	Система водопостачання, елементи руслового водозабору, технологія будівництва, собівартість води, кристалактор		

Керівник _____

_____ Тетяна АРГАТЕНКО

Здобувач _____ Богдан КОСТРИЧ _____

“ ___ ” _____ 2025 р.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	6
Розділ 1. ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ.....	7
Визначення розрахункових добових витрат води.....	8
Водозабірні споруди.....	35
Насосна станція II підйому.....	61
Розділ 2. ОЧИСТКА ВОДИ ВІД ІОНІВ КАЛЬЦІЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ CRYSTALACTOR.....	71
Розділ 3. ВНУТРІШНЄ САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ БУДІВЛІ.....	73
Розділ 4. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВОДИ ТА ПОСЛУГ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	85
Розділ 5. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦВА.....	97
Розділ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	119
Висновки.....	121
Література.....	122

Вступ

У даній роботі представлено проєкт комплексної системи водопостачання для міста з населенням 45 тисяч осіб, що ґрунтується на використанні підземного джерела водозабору. Проєктом передбачено детальне моделювання розподільчої водопровідної мережі із проведенням гідравлічного розрахунку та побудовою графіка п'єзометричних напорів. Запроєктовано споруди водозабору, станцію водопідготовки, а також підібрано насосне обладнання другого підйому. Однією з ключових технологій очищення стала система пом'якшення води за допомогою кристалактора, яка забезпечує ефективне зниження вмісту кальцію шляхом керованої кристалізації. У межах роботи також здійснено техніко-економічне обґрунтування, зокрема розраховано собівартість подачі води та послуг водопостачання. Додатково розроблено технологічну схему будівництва двох резервуарів чистої води об'ємом по 2000 м³ кожен, розглянуто санітарно-захисні зони водопровідних споруд і визначено вимоги до їх експлуатації.

Розділ 1. ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Вихідні дані для проектування:

1. Кількість населення:

І район - 27000 осіб

ІІ район - 18000 осіб

2. Кількість поверхів забудови міста:

І район - 6

ІІ район - 4

3. Ступінь благоустрою житлової забудови (ДБН В.2.5-74:2013, табл.1):

І район - з централізованим гарячим водопостачанням

ІІ район - з ваннами та місцевими водонагрівачами

4. Кліматичний район населеного пункту (ДСТУ-Н Б.В.1.1-27) – І Полісся

5. Промислові підприємства:

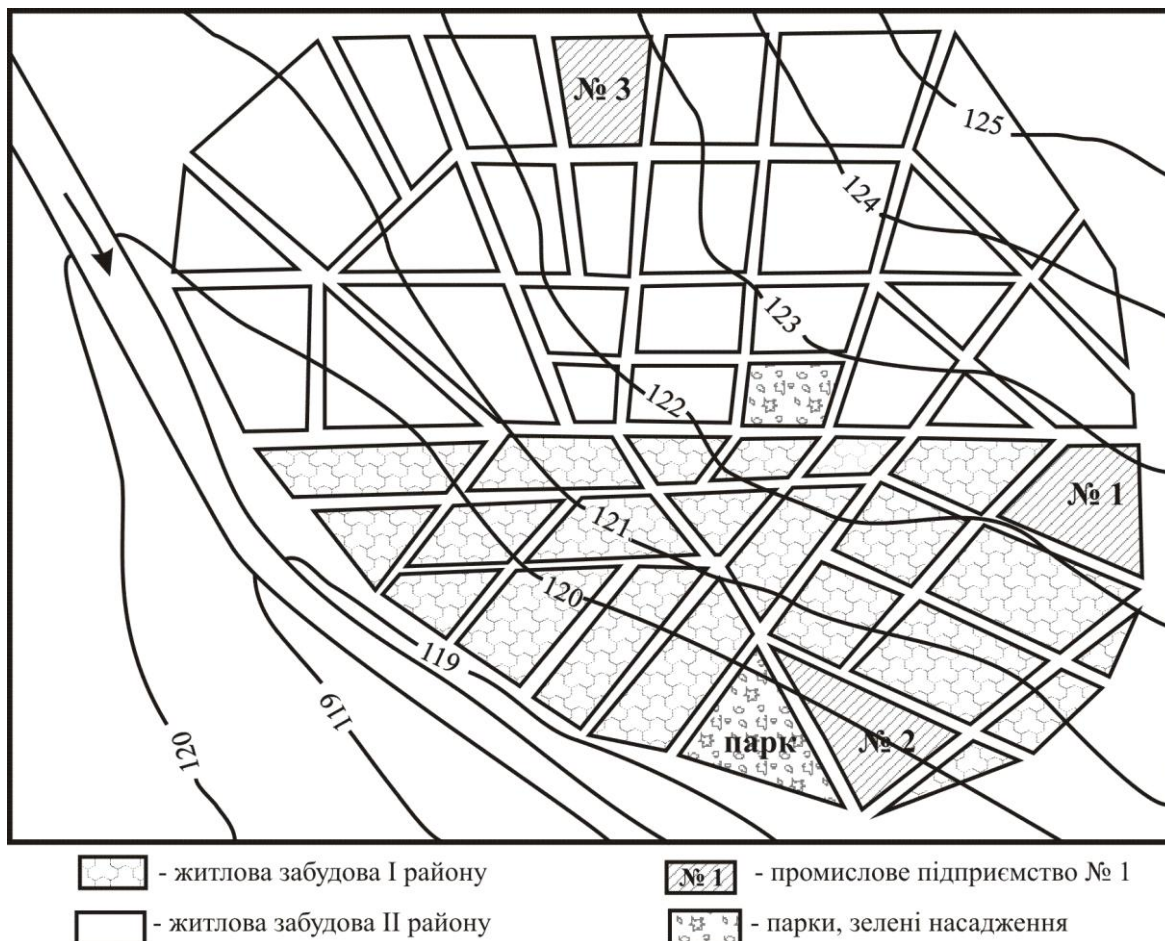
Таблиця 1.1

№	Назва	К-сть змін роботи	Одиниця виміру продукції	Кількість продукції, що випускається		Норма витрати води на одиницю продукції м ³	Кількість працівників		% працівників у гарячих цехах	% працівників, що приймають душ
				за добу	за макс. зміну		за добу	за макс. зміну		
1	Маслозавод	1	т	50	50	16	100	100	10	25
2	Дріжджовий завод	2	т	50	30	27	60	30	30	40
3	Кормових фосфатів	3	т	200	70	4,3	1550	550	50	80

6. Довжина напірних водоводів - 2,0 км

7. Відмітка поверхні землі біля насосної станції ІІ підйому - 123,0 м

8. Генплан міста (М 1:20000)



1.1 Визначення розрахункових добових витрат води

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на господарсько-питні потреби населення кожного житлового району міста обчислюємо за формулою:

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

де N – кількість населення, що мешкає у даному районі (за завданням), осіб; $q_{\text{ж}}$ – питоме господарсько-питне водоспоживання населення, л/ос·добу.

Розрахункові витрати води на господарсько-питні потреби населення в добу найбільшого і найменшого водоспоживання визначаємо:

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

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

де $K_{\text{доб.мах}} = 1,1-1,3$ і $K_{\text{доб.мін}} = 0,7-0,9$ – коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання.

Таблица 1.2

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	27000	240	6480	1,1	7128	0,7	4536
II	18000	160	2880	1,1	3168	0,7	2016
Разом	45000	-	9360	-	10296	-	6552

Розраховуємо водоспоживання на виробничі та господарсько-питні потреби промислових підприємств:

Таблиця 1.3

Водоспоживання на виробничі потреби підприємств

Назва підприємства	№ зміни	Одиниця продукції	q _в , м ³ /од	N _{прод} , од./зміну	Q _в , м ³ /зміну
Маслозавод	1	т	16	50	800
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	Всього			50	800
Дріжджовий завод	1	т	27	30	810
	2	т	27	20	540
	3	-	-	-	-
	Всього			50	1350
Кормових фосфатів	1	т	4,3	70	301
	2	т	4,3	65	279,5
	3	т	4,3	65	279,5
	Всього			200	860
Разом	-	-	-	-	3010

Таблиця 1.4

Водоспоживання на господарсько-питні потреби підприємств та прийняття душу

№ підприємства	№ зміни	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	100	10	45	0,45	90	25	2,25	2,7	25	53,5	1,3375
	2	-	-		-	-		-	-	-		-
	3	-	-		-	-		-	-	-		-
	Σ	100	10		0,45	90		-	2,25	2,7		25
2	1	30	9	45	0,405	21	25	0,525	0,93	12	53,5	0,642
	2	30	9		0,405	21		0,525	0,93	12		0,642
	3	-	-		-	-		-	-	-		-

	Σ	60	18	-	0,81	42	-	1,05	1,86	24	-	1,284
3	1	550	275	45	12,375	275	25	6,875	19,25	440	53,5	23,54
	2	500	250		11,25	250		6,25	17,5	400		21,4
	3	500	250		11,25	250		6,25	17,5	400		21,4
	Σ	1550	775		-	34,875		775	-	19,375		54,25
Разом	-	1710	803	-	36,135	907	-	22,675	58,81	1289	-	68,96

Таблиця 1.5

Витрати води на полив вулиць та зелених насаджень

Райони міста	Кількість населення, осіб	Питомі витрати води, л/ос.добу	Витрата води, м ³ /добу
I	27000	40	1080
II	18000	40	720
Разом	45000	-	1800

За отриманими даними складаємо таблицю 1.6 балансу у добу середнього, максимального і мінімального водоспоживання міста.

Таблиця 1.6

Баланс добового водоспоживання міста

№	Споживачі	Витрата води, м ³ /добу		
		середньодобове водоспоживання	доба максимального водоспоживання	доба мінімального водоспоживання
1	Населення I району	6480	7128	4536
	Невраховані витрати	648	712,8	453,6
	Разом	7128	7840,8	4989,6
2	Населення II району	2880	3168	2016
	Невраховані витрати	288	316,8	201,6
	Разом	3168	3484,8	2217,6
3	Підприємство 1			
	Виробничі потреби	800	800	800
	Господарсько-питні	2,7	2,7	2,7
	Душові	1,3375	1,3375	1,34
	Разом	804,038	804,04	804,04
4	Підприємство 2			
	Виробничі потреби	1350	1350	1350
	Господарсько-питні	1,86	1,86	1,86
	Душові	1,284	1,284	1,28
	Разом	1353,14	1353,14	1353,14
5	Підприємство 3			
	Виробничі потреби	860	860	860
	Господарсько-питні	54,25	54,25	54,25
	Душові	66,34	66,34	66,34
Разом	980,59	980,59	980,59	
6	Полив			

I район	540	1080	0
II район	360	720	0
Разом	900	1800	0
Всього по місту	14333,8	16263,4	10344,97

1.2. Визначення погодинних витрат води

Для кожного із районів міста обчислюємо максимальний коефіцієнт погодинної нерівномірності водоспоживання населенням:

$$K_{г.маx} = \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx} ;$$

де $\alpha_{маx}$ – коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови;

β – коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті

I район:

$$K_{г.маx.I} = 1,2 \cdot 1,18 = 1,42;$$

II район:

$$K_{г.маx.II} = 1,3 \cdot 1,22 = 1,59.$$

Таблиця 1.7

Визначення погодинних витрат у місті

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	ви-роб-ничі	госп-питні	ду-шові	разом	ви-роб-ничі	госп-питні	ду-шові	разом		I ра-йон	II ра-йон	
0-1	2,5	196,02	1,5	52,27	248,29	0	0	0	0	0	0	0,642	0,642	34,94	2,19	21,4	58,53	307,46	135	120	562,46
1-2	2,65	207,78	1,5	52,27	260,05	0	0	0	0	0	0		0	34,94	2,19		37,13	297,18	135	120	552,18
2-3	2,2	172,50	1,5	52,27	224,77	0	0	0	0	0	0		0	34,94	2,19		37,13	261,90	135	120	516,90
3-4	2,25	176,42	1,5	52,27	228,69	0	0	0	0	0	0		0	34,94	2,19		37,13	265,82	135	120	520,82
4-5	3,2	250,91	2,5	87,12	338,03	0	0	0	0	0	0		0	34,94	2,19		37,13	375,16	135	120	630,16
5-6	3,9	305,79	3,5	121,97	427,76	0	0	0	0	0	0		0	34,94	2,19		37,13	464,89	135		599,89
6-7	4,5	352,84	4,5	156,82	509,65	0	0	0	0	0	0		0	34,94	2,19		37,13	546,78			546,78
7-8	5,1	399,88	5,5	191,66	591,54	0	0	0	0	0	0		0	34,94	2,19		37,13	628,67			628,67
8-9	5,35	419,48	6,25	217,80	637,28	100	0,3	0	100,34	101,25	0,12	0	101,37	37,625	2,41	21,4	61,435	900,43			900,43
9-10	5,85	458,69	6,25	217,80	676,49	100	0,3		100,34	101,25	0,12		101,37	37,63	2,41		40,035	918,23			918,23
10-11	5,35	419,48	6,25	217,80	637,28	100	0,3		100,34	101,25	0,12		101,37	37,625	2,41		40,035	879,03			879,03
11-12	5,25	411,64	6,25	217,80	629,44	100	0,3		100,34	101,25	0,12		101,37	37,625	2,41		40,035	871,19			871,19
12-13	4,6	360,68	5	174,24	534,92	100	0,3		100,34	101,25	0,12		101,37	37,625	2,41		40,035	776,66			776,66
13-14	4,4	345,00	5	174,24	519,24	100	0,3		100,34	101,25	0,12		101,37	37,625	2,41		40,035	760,98			760,98
14-15	4,6	360,68	5,5	191,66	552,34	100	0,3		100,34	101,25	0,12		101,37	37,625	2,41		40,035	794,09			794,09
15-16	4,6	360,68	6	209,09	569,76	100	0,3		100,34	101,25	0,12		101,37	37,625	2,41		40,035	811,51			811,51
16-17	4,9	384,20	6	209,09	593,29	0	0	1,338	1,3375	67,5	0,12	0,64	68,262	34,94	2,19	23,54	60,67	723,56			723,56
17-18	4,6	360,68	5,5	191,66	552,34	0	0	0	0	67,5	0,12		67,62	34,94	2,19		37,13	657,09			657,09
18-19	4,7	368,52	5	174,24	542,76	0	0	0	0	67,5	0,12		67,62	34,94	2,19		37,13	647,51			647,51
19-20	4,5	352,84	4,5	156,82	509,65	0	0	0	0	67,5	0,12		67,62	34,94	2,19		37,13	614,40			614,40
20-21	4,4	345,00	4	139,39	484,39	0	0	0	0	67,5	0,12		67,62	34,94	2,19		37,13	589,14			589,14
21-22	4,2	329,31	3	104,54	433,86	0	0	0	0	67,5	0,12		67,62	34,94	2,19		37,13	538,61			538,61
22-23	3,7	290,11	2	69,70	359,81	0	0	0	0	67,5	0,12		67,62	34,94	2,19		37,13	464,56	135		599,56
23-24	2,7	211,70	1,5	52,27	263,97	0	0	0	0	67,5	0,12		67,62	34,94	2,19		37,13	368,72	135	120	623,72
Всього	100	7840,8	100	3484,8	11325,60	800	2,7	1,338	804,038	1350	1,86	1,28	1353,14	860	54,25	66,34	980,59	14463,37	1080	720	16263,37

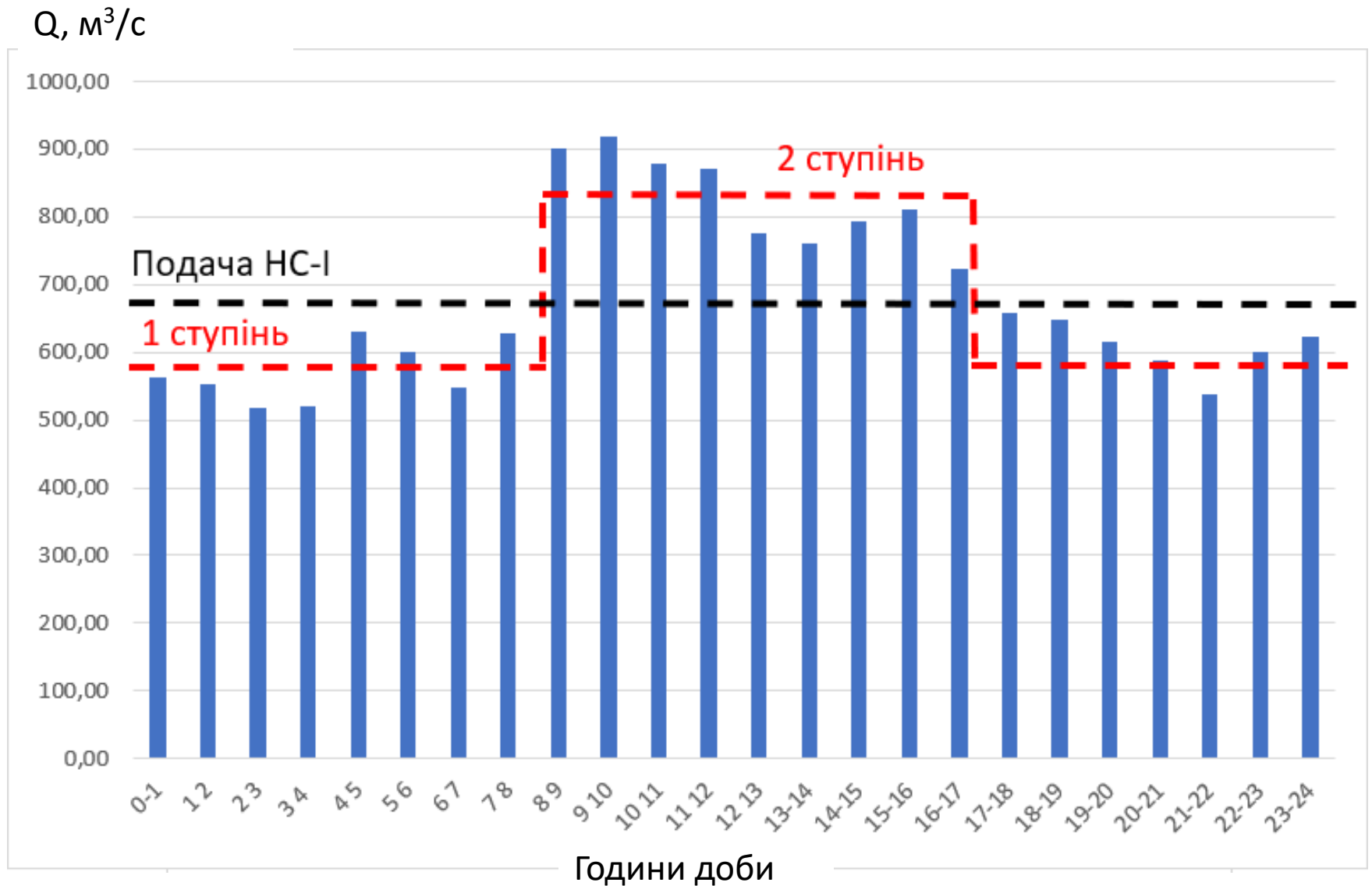


Рис.1.1 Добові графіки водоспоживання міста і подачі води насосними станціями

Для зменшення об'єму водонапірної башти графік роботи насосів, що живлять водопровідну мережу, приймаємо триступінчатим (рис.1.1)

Таблиця 1.8

Визначення подачі насосів на насосних станціях

	Тривалість роботи насосів, год.	Витрата, м ³ /год	Подача, м ³ /добу
1 ступінь	15	588,53	8827,89
2 ступінь	9	826,19	7435,67
3 ступінь			
НС - I	24	677,65	16263,56

1.3. Трасування водопровідної мережі

На плані міста визначаємо точки підключення водоводів від НС-II, місце встановлення водонапірної башти та виконуємо трасування магістральної водопровідної мережі.

Водоводи від НС-II до магістральної водопровідної мережі проектуємо у дві паралельні нитки, що підключені до вузла 9 (рис.1.2).

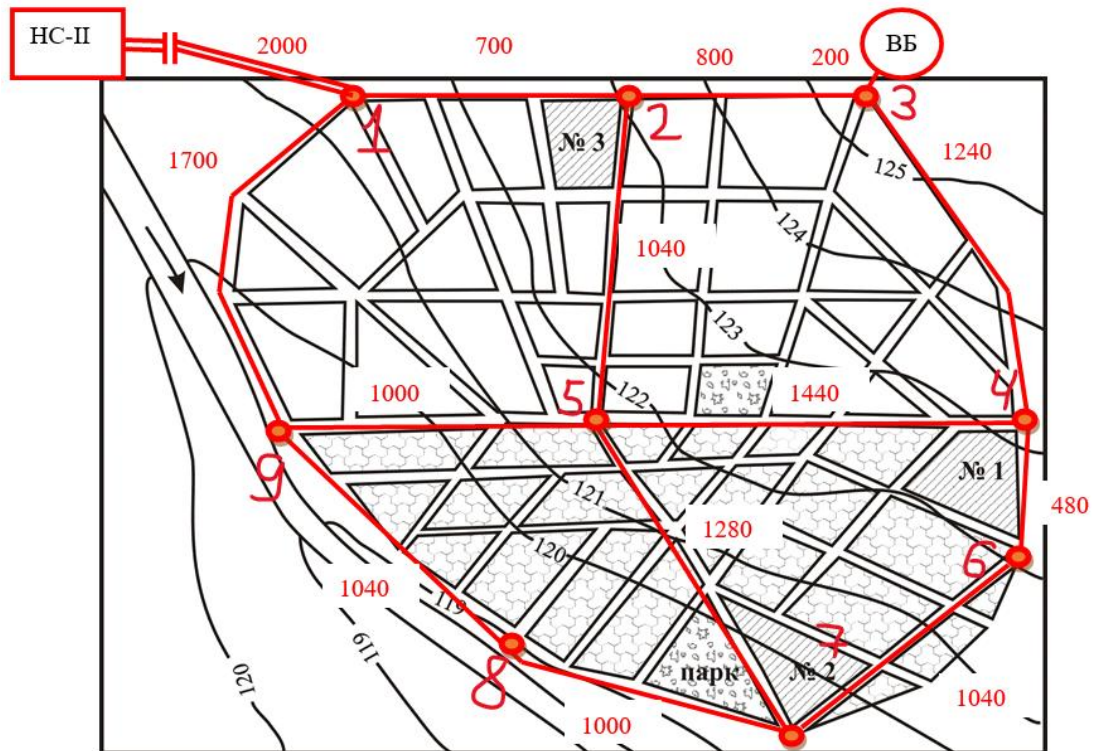


Рис.1.2. Траса магістральної водопровідної мережі і водоводів

1.4. Визначення місткості регулюючих споруд

Об'єм, який виконує регулюючу функцію у водонапірній башті, розраховується на основі поєднання графіків подачі води насосами другого підйому та графіків споживання води.

Таблиця 1.9

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	562,46	588,53	26,06	0	26,06
1 2	552,18	588,53	36,34	0	62,40
2 3	516,90	588,53	71,63	0	134,03
3 4	520,82	588,53	67,71	0	201,74
4 5	630,16	588,53	0,00	41,63	160,11
5 6	599,89	588,53	0,00	11,36	148,74
6 7	546,78	588,53	41,74	0,00	190,49
7 8	628,67	588,53	0,00	40,15	150,34
8 9	900,43	826,19	0,00	74,24	76,10
9 10	918,23	826,19	0,00	92,05	-15,95
10 11	879,03	826,19	0,00	52,84	-68,79
11 12	871,19	826,19	0,00	45,00	-113,79
12 13	776,66	826,19	49,52	0,00	-64,27
13-14	760,98	826,19	65,21	0,00	0,93
14-15	794,09	826,19	32,10	0,00	33,03
15-16	811,51	826,19	14,68	0,00	47,71
16-17	723,56	826,19	102,63	0,00	150,34
17-18	657,09	588,53	0,00	68,56	81,77
18-19	647,51	588,53	0,00	58,98	22,79
19-20	614,40	588,53	0,00	25,88	-3,08
20-21	589,14	588,53	0,00	0,61	-3,69
21-22	538,61	588,53	49,92	0,00	46,22
22-23	599,56	588,53	0,00	11,03	35,20
23-24	623,72	588,53	0,00	35,20	0,00
Всього	16263,56	16263,56	557,53	557,53	

Регулюючий об'єм резервуара водонапірної башти визначається як сума найбільшого додатного (201,74) і від'ємного (-113,79) значень залишку води в баку. Отже $W_{\text{рег.б}} = 315,53 \text{ м}^3$.

Для подальших обчислень отриманий регулюючий об'єм водонапірної башти зменшуємо на 40% (тобто на 126,21 м³), оскільки розраховуємо водопровідну мережу з контррезервуаром. Отже $W_{\text{рег.б}} = 189,32 \text{ м}^3$.

Об'єм протипожежного запасу води:

$$W_{\text{пож.б}} = 0,6(q_{\text{п.з}} + q_{\text{п.в}} + q_{\text{б.мак}}) \cdot \text{м}$$

де $q_{\text{п.з}}$ і $q_{\text{п.в}}$ – розрахункові витрати води відповідно на гасіння однієї зовнішньої ($q_{\text{п.з}} = 25 \text{ л/с}$) і однієї внутрішньої ($q_{\text{п.в}} = 5 \text{ л/с}$) пожеж; $q_{\text{б.мак}}$ – витрата води з бака башти в годину максимального водоспоживання, л/с.

$$W_{\text{пож.б}} = 0,6(25 + 5 + 92,05/3,6) = 33,34 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм бака водонапірної башти:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег.б}} + W_{\text{пож.б}} = 189,32 + 33,34 = 222,66 \text{ м}^3.$$

Обираємо водонапірну башту з об'ємом бака $W_{\text{б}} = 300 \text{ м}^3$. Отже, діаметр бака становитиме:

$$D_{\text{б}} = \sqrt[3]{\frac{300}{0,785}} = 7,26 \text{ м};$$

Висота регулюючого об'єму:

$$h_{\text{рег.б}} = \frac{1,27 \cdot 189,32}{7,26^2} = 4,56 \text{ м},$$

Протипожежного:

$$h_{\text{пож.б}} = \frac{1,27 \cdot 33,34}{7,26^2} = 0,80 \text{ м}.$$

Регулюючий об'єм РЧВ визначаємо шляхом суміщення графіків подачі насосами 1-го і 2-го підйомів.

Таблиця 1.10

Визначення регулюючого об'єму РЧВ

Години доби	Qнс-І, м³/год	Qнс-ІІ, м³/год	q до РЧВ, м³/год	q із РЧВ, м³/год	W у РЧВ, м³
1	2	3	4	5	6
0-1	677,65	588,53	89,12	0,00	89,12
1 2	677,65	588,53	89,12	0,00	178,24
2 3	677,65	588,53	89,12	0,00	267,37
3 4	677,65	588,53	89,12	0,00	356,49
4 5	677,65	588,53	89,12	0,00	445,61
5 6	677,65	588,53	89,12	0,00	534,73
6 7	677,65	588,53	89,12	0,00	623,86
7 8	677,65	588,53	89,12	0,00	712,98
8 9	677,65	826,19	0,00	148,54	564,44
9 10	677,65	826,19	0,00	148,54	415,90
10 11	677,65	826,19	0,00	148,54	267,37
11 12	677,65	826,19	0,00	148,54	118,83
12 13	677,65	826,19	0,00	148,54	-29,71
13-14	677,65	826,19	0,00	148,54	-178,24
14-15	677,65	826,19	0,00	148,54	-326,78
15-16	677,65	826,19	0,00	148,54	-475,32
16-17	677,65	826,19	0,00	148,54	-623,86
17-18	677,65	588,53	89,12	0,00	-534,73
18-19	677,65	588,53	89,12	0,00	-445,61
19-20	677,65	588,53	89,12	0,00	-356,49
20-21	677,65	588,53	89,12	0,00	-267,37
21-22	677,65	588,53	89,12	0,00	-178,24
22-23	677,65	588,53	89,12	0,00	-89,12
23-24	677,65	588,53	89,12	0,00	0,00
Всього	16263,56	16263,56			

$$W_{\text{рег.р}} = 712,98 + 623,86 = 1336,84 \text{ м}^3.$$

Для подальшого розрахунку регулюючий об'єм води в РЧВ збільшуємо на величину зменшеного регулюючого об'єму башти (131,61 м³), тобто:

$$W_{\text{рег.р}} = 1336,84 + 126,21 = 1463,05 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм РЧВ:

$$W_{\text{рчв}} = W_{\text{рег.р}} + W_{\text{пож.р}} + W_{\text{в.п}},$$

де $W_{\text{в.п}}$ – запас води на власні потреби станцій підготовки води (приймаємо

$$W_{\text{в.п}} = 0,06 \cdot Q_{\text{доб.мах}} = 0,06 \cdot 16263,56 = 975,81 \text{ м}^3); W_{\text{пож.р}} – \text{пожежний запас води:}$$

$$W_{\text{пож.р}} = T_{\text{п}} (3,6q_{\text{п}} - Q_1) + W_{\text{госп}},$$

де $T_{\text{п}} = 3$ – час гасіння пожежі в системах водопостачання I категорії; $q_{\text{п}}$ – витрати води на гасіння розрахункової кількості пожеж у населеному пункті, ($q_{\text{п}} = 2 \cdot 25 =$

50 л/с); $Q_1 = 677,65 \text{ м}^3/\text{год}$ – подача води НС-I в РЧВ; 3,6 – коефіцієнт переведення л/с у $\text{м}^3/\text{год}$;

$W_{\text{госп}} = 900,43 + 918,23 + 879,03 = 2697,69 \text{ м}^3$ – об'єм води, що споживається за три суміжні години найбільшого водоспоживання.

$$W_{\text{пож.р}} = 3 \cdot (3,6 \cdot 50 - 677,65) + 2697,69 = 1204,74 \text{ м}^3.$$

$$W_{\text{рчв}} = 1463,05 + 1204,74 + 975,81 = 3643,6 \text{ м}^3.$$

Приймаємо два прямокутні РЧВ місткістю 2000 м^3 кожний і розмірами: довжина – 24 м; ширина – 18 м; глибина води – $h_p = 4,84 \text{ м}$.

Глибини об'ємів води:

– регулюючого $h_{\text{рег.р}} = W_{\text{р.р}} / nF_{\text{рчв}} = 1463,05 / 2 \cdot 24 \cdot 18 = 1,69 \text{ м}$;

– пожежного $h_{\text{пож.р}} = 1204,74 / 2 \cdot 24 \cdot 18 = 1,39 \text{ м}$;

– на власні потреби $h_{\text{в.п}} = 975,81 / 2 \cdot 24 \cdot 18 = 1,13 \text{ м}$.

Відмітка максимального рівня води в резервуарі:

$$Z_{\text{max.р}} = Z_{\text{з.р}} + \Delta h_p = 123,0 + 1,0 = 124,0 \text{ м},$$

де $Z_{\text{з.р}}$ – відмітка поверхні землі в місці знаходження майданчика РЧВ і НС-II, м;

Δh_p – перевищення максимального рівня води над поверхнею землі, м.

Відмітка дна РЧВ:

$$Z_{\text{д.р}} = Z_{\text{max.р}} - h_p = 124,0 - 4,84 = 119,16 \text{ м},$$

Відмітка мінімального рівня води в РЧВ:

$$Z_{\text{min.р}} = Z_{\text{max.р}} - h_{\text{рег.р}} - h_{\text{в.п}} = 124,0 - 1,69 - 1,13 = 121,18 \text{ м}.$$

1.5. Визначення розрахункових режимів роботи водопровідних мереж та секундних витрат води

Таблиця 1.11

Визначення розрахункових секундних витрат води

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								
$\text{м}^3/\text{год}$	458,69	217,80	100,34	101,37	40,04	0,00	0,00	918,23
л/с	127,41	60,50	27,87	28,16	11,12	0,00	0,00	255,06
година максимального транзиту води в башту								
$\text{м}^3/\text{год}$	384,20	209,09	1,34	68,26	60,67	0,00	0,00	723,56
л/с	106,72	58,08	0,37	18,96	16,85	0,00	0,00	200,99

При пожежі башту вважаємо відключеною.

Таблиця 1.12

Визначення секундних витрат живлення мережі

Одиниця	Режим	Водоспоживання	Подача насосів	Надходження води із башти	Подача води в башту
м ³ /год	max	918,23	826,19	92,05	0,00
л/с		255,06	229,50	25,57	0,00
м ³ /год	транзит	723,56	826,19	0,00	102,63
л/с		200,99	229,50	0,00	28,51
м ³ /год	max+пож	1098,23	1098,23	0	0
л/с		305,06	305,06	0	0

1.6. Визначення дорожніх витрат та вузлових відборів

Для кожного з районів визначаємо питому витрату води:

- при максимальному водоспоживанні

$$q_{пит.I} = \frac{q_{нас.I} + q_{пол.I}}{L_I} = \frac{127,413 + 0}{4280} = 0,0297 \text{ л/с} \cdot \text{м} ;$$

$$q_{пит.II} = \frac{q_{нас.II} + q_{пол.II}}{L_{II}} = \frac{60,50 + 0}{4480} = 0,0135 \text{ л/с} \cdot \text{м} ;$$

- при максимальному транзиті води в башту

$$q_{пит.I} = \frac{106,72 + 0}{4280} = 0,0249 \text{ л/с} \cdot \text{м} ;$$

$$q_{пит.II} = \frac{58,08 + 0}{4480} = 0,01296 \text{ л/с} \cdot \text{м} ;$$

Визначаємо дорожні витрати q_d на всіх розрахункових ділянках (окремо для кожного району), як добуток питомої витрати води $q_{пит}$ при певному режимі і розрахункової довжини ділянки.

Таблиця 1.13

Визначення дорожніх витрат води

Ділянка	Фактична довжина, м	Розрахункова довжина, м	$q_{d,max}$, л/с	$q_{d,транз}$, л/с
Район I				
9 5	1000	500	14,88	12,47
5 4	1440	720	21,43	17,95
9 8	1040	520	15,48	12,97
8 7	1000	500	14,88	12,47
5 7	1280	1280	38,10	31,92
4 6	480	240	7,14	5,98
6 7	1040	520	15,48	12,97
Разом	7280	$L_I = 4280$	127,41	106,72
Район II				
1 2	700	350	4,73	4,54

2 3	800	400	5,40	5,19
1 9	1700	850	11,48	11,02
2 5	1040	1040	14,04	13,48
3 4	1240	620	8,37	8,04
9 5	1000	500	6,75	6,48
5 4	1440	720	9,72	9,33
Разом	7920	L_{II} = 4480	60,50	58,08
Всього	15200	8760	187,91	164,80

Визначаємо вузлові витрати $q_{\text{вузл}}$, що обчислюються як половина суми всіх дорожніх витрат, що прилягають до даного вузла, л/с:

$$q_{\text{вузл}} = \frac{\sum q_{\text{д}}}{2}.$$

Таблиця 1.14

Визначення вузлових відборів

№ вузла	max			max+пож		транзит		
	$q_{\text{вузл}}$, л/с	$q_{\text{зос}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с	$q_{\text{пож}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с	$q_{\text{вузл}}$, л/с	$q_{\text{зос}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
1	8,10		8,10		8,10	7,78		7,78
2	12,09	11,12	23,21		23,21	11,60	16,85	28,46
3	6,89		6,89		6,89	6,61		6,61
4	23,34	27,87	51,21		51,21	20,65	0,37	21,03
5	52,47		52,47		52,47	45,82		45,82
6	11,31		11,31	25	36,31	9,48		9,48
7	34,23	28,16	62,39	25	87,39	28,68	18,96	47,64
8	15,18		15,18		15,18	12,72		12,72
9	24,30		24,30		24,30	21,47		21,47
Разом	187,91	67,15	255,06	50	305,06	164,80	36,19	200,99

1.7. Попередній розподіл витрат води по ділянкам мережі

Для кожного із розрахункових режимів складаємо окрему розрахункову схему мережі з нанесенням: номерів вузлів і вузлових відборів, витрат водоводів від НС-II до мережі, номерів кілець. Намічаємо напрямки потоків води магістральною мережею і обчислюємо розрахункові витрати на окремих лініях.

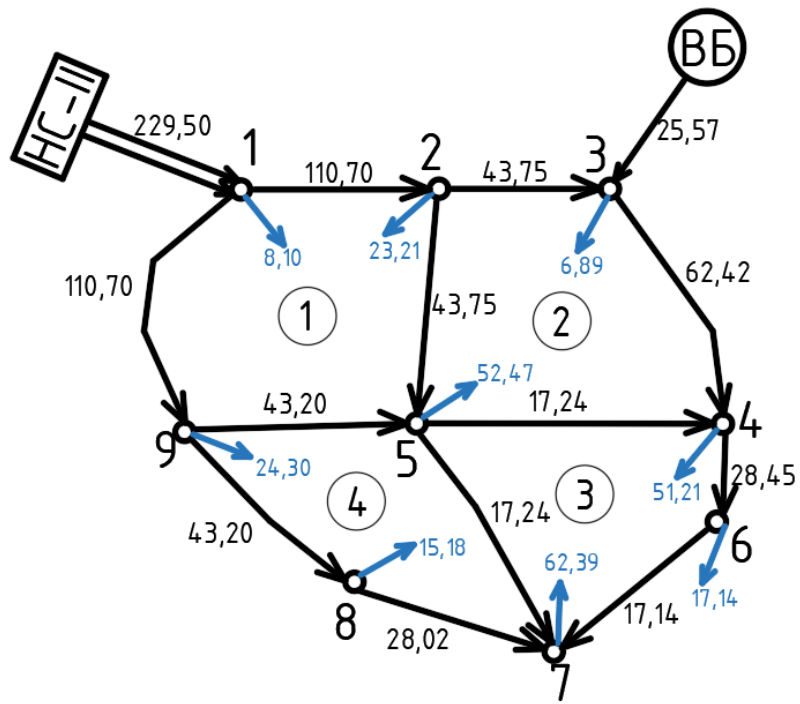


Рис. 1.3. Попередній розподіл витрат води для режиму макс. водоспоживання

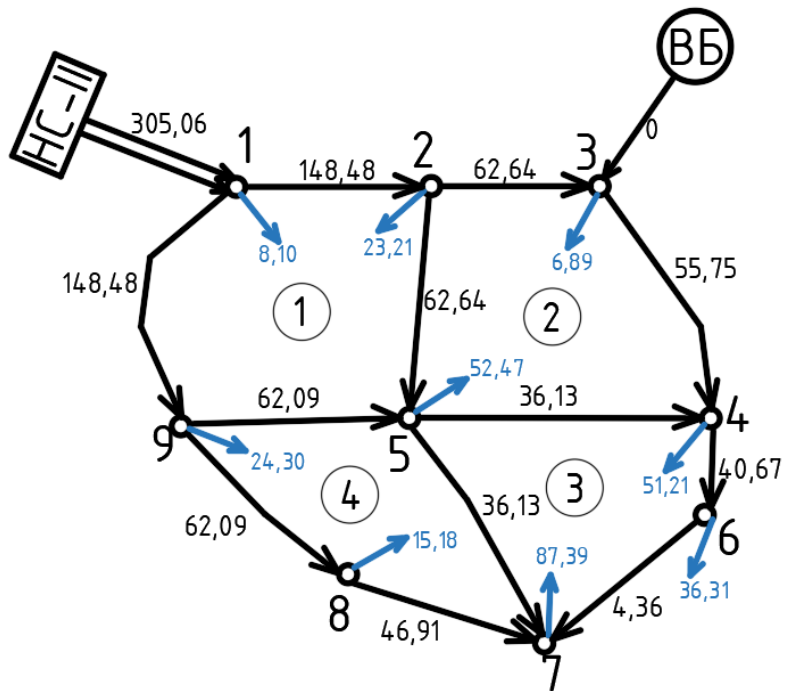


Рис. 1.4. Попередній розподіл витрат води для режиму пожежогасіння під час максимального водоспоживання

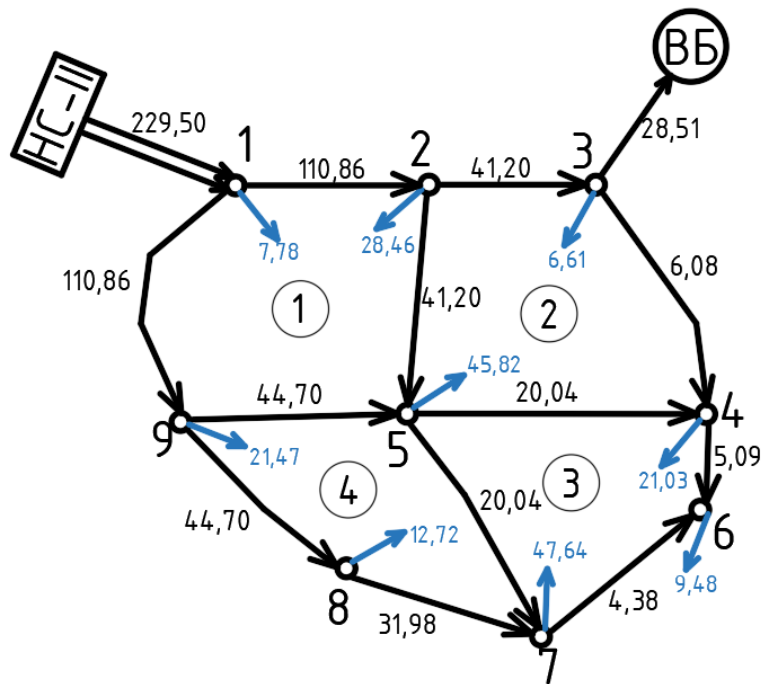


Рис. 1.5. Попередній розподіл витрат води для режиму макс. транзити води в башту

1.8. Вибір матеріалу і діаметрів труб ділянок мережі

Для водопровідної мережі міста призначаємо чавунні труби.

Виходячи з найбільших витрат води, визначених на окремих ділянках мережі в умовах максимального водоспоживання та найінтенсивнішого транзити до водонапірної башти, підбираються оптимальні діаметри основних магістральних трубопроводів за допомогою гідравлічних розрахункових таблиць. Після цього перевіряється їхня пропускна здатність у режимі пожежогасіння. Діаметри перемичок встановлюються на один типорозмір меншими порівняно з діаметрами суміжних магістралей.

1.9. Визначення втрат напору в трубах та ув'язка кілець

Втрати напору на ділянках водопровідної мережі визначаємо за формулою:

$$h = S \cdot q^2 = A \cdot K_1 \cdot l \cdot q^2, \quad \text{м},$$

де q – витрата води на ділянці, л/с; S – опір ділянки, що дорівнює

$$S_i = A \cdot K_1 \cdot l, \quad (\text{с/л})^2\text{м},$$

де A – питомий гідравлічний опір трубопроводу, $(\text{с/л})^2$ (додаток 9 методичних вказівок); K_1 – коефіцієнт поправки до A залежно від швидкості руху води V ; l – довжина ділянки трубопроводу, м.

Так, як питомий гідравлічний опір трубопроводу A і опір ділянки S наведено для q в $\text{м}^3/\text{с}$, а значення ділянок мережі q дано в л/с , то при обчисленнях опір ділянки S потрібно ділити на 1000000.

Поправочну витрату кільця Δq_k визначаємо за формулою:

$$\Delta q_k = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \Sigma(Sq)} = \frac{|\Delta h|}{2 \Sigma \left(\frac{h}{q} \right)} \quad \text{л/с,}$$

де Δh – нев'язка кільця, м.

Таблиця 1.15. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму максимального водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній поточкорозподіл									перше наближення										
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _n	S	знак	h = S*q ²	h/q	Δqкільця	Δqсум.кільця	Δq	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q	
1	1-9	1700	350	110,7	1,15	0,437	1,008	0,440	747,62	-1	-9,16	0,08	-7,23		-7,23	103,47	1,08	1,020	756,52	-1	-8,10	0,08	
	1-2	700	350	110,70	1,15	0,437	1,008	0,440	307,84	1	3,77	0,03	7,23		7,23	117,93	1,23	1,000	305,55	1	4,25	0,04	
	2-5	1040	250	43,75	0,89	2,528	1,042	2,634	2739,54	1	5,24	0,12	7,23	5,57	12,80	56,55	1,15	1,008	2648,84	1	8,47	0,15	
	5-9	1000	250	43,20	0,88	2,528	1,044	2,639	2639,23	-1	-4,93	0,11	-7,23	2,48	-4,75	38,45	0,78	1,064	2689,79	-1	-3,98	0,10	
											Δh кільця	-5,07	0,35								Δh кільця =	0,64	0,37
										Δq кільця	7,23										Δq кільця =	0,88	
2	2-3	800	250	43,75	0,89	2,528	1,042	2,634	2107,34	1	4,03	0,09	-5,57		-5,57	38,18	0,78	1,066	2155,88	1	3,14	0,08	
	3-4	1240	250	62,42	1,27	2,528	1	2,528	3134,72	1	12,21	0,20	-5,57		-5,57	56,85	1,16	1,008	3158,23	1	10,21	0,18	
	4-5	1440	200	17,24	0,55	8,092	1,134	9,176	13213,91	-1	-3,93	0,23	5,57	-6,27	-0,71	16,53	0,53	1,142	13307,13	-1	-3,64	0,22	
	2-5	1040	250	43,75	0,89	2,528	1,042	2,634	2739,54	-1	-5,24	0,12	5,57	7,23	12,80	56,55	1,15	1,008	2648,84	-1	-8,47	0,15	
											Δh кільця	7,08	0,64								Δh кільця =	1,24	0,63
										Δq кільця	5,57										Δq кільця =	0,99	
3	4-5	1440	200	17,24	0,55	8,092	1,134	9,176	13213,91	1	3,93	0,23	-6,27	5,57	-0,71	16,53	0,53	1,142	13307,13	1	3,64	0,22	
	4-6	480	200	28,45	0,91	8,092	1,04	8,416	4039,53	1	3,27	0,11	-6,27		-6,27	22,18	0,71	1,085	4214,31	1	2,07	0,09	
	6-7	1040	150	17,14	0,97	37,11	1,033	38,335	39868,02	1	11,71	0,68	-6,27		-6,27	10,87	0,62	1,112	42916,97	1	5,07	0,47	
	5-7	1280	200	17,24	0,55	8,092	1,134	9,176	11745,70	-1	-3,49	0,20	6,27	2,48	8,75	25,99	0,83	1,056	10937,79	-1	-7,39	0,28	
											Δh кільця	15,42	1,23								Δh кільця =	3,39	1,06
										Δq кільця	6,27										Δq кільця =	1,59	
4	5-7	1280	200	17,24	0,55	8,092	1,134	9,176	11745,70	1	3,49	0,20	2,48	6,27	8,75	25,99	0,83	1,056	10937,79	1	7,39	0,28	
	7-8	1000	200	28,02	0,89	8,092	1,042	8,432	8431,86	-1	-6,62	0,24	-2,48		-2,48	25,54	0,81	1,058	8561,34	-1	-5,59	0,22	
	5-9	1000	250	43,20	0,88	2,528	1,044	2,639	2639,23	1	4,93	0,11	2,48	-7,23	-4,75	38,45	0,78	1,064	2689,79	1	3,98	0,10	
	8-9	1040	250	43,20	0,88	2,528	1,044	2,639	2744,80	-1	-5,12	0,12	-2,48		-2,48	40,72	0,83	1,054	2771,09	-1	-4,60	0,11	
											Δh кільця	-3,33	0,67								Δh кільця =	1,18	0,72
										Δq кільця	2,48										Δq кільця =	0,82	
										Δh контура	14,10										Δh контура =	6,46	

Продовження таблиці 1.15

№ кільця	№ ділянки	дев'яте наближення										десяте наближення										
		$\Delta q_{\text{кільця}}$	$\Delta q_{\text{сум.}}$	Δq	q, л/с	V, м/с	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	$\Delta q_{\text{кільця}}$	$\Delta q_{\text{сум.}}$	Δq	q, л/с	V, м/с	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	
1	1-9	0,04		0,04	106,22	1,10	1,015	753,18	-1	-8,50	0,08	0,02		0,02	106,25	1,10	1,015	753,18	-1	-8,50	0,08	
	1-2	-0,04		-0,04	115,18	1,20	1,002	306,01	1	4,06	0,04	-0,02		-0,02	115,15	1,20	1,002	306,01	1	4,06	0,04	
	2-5	-0,04	0,03	0,00	56,61	1,15	1,008	2648,84	1	8,49	0,15	-0,02	0,02	0,00	56,61	1,15	1,008	2648,84	1	8,49	0,15	
	5-9	0,04	-0,04	0,00	38,72	0,79	1,064	2689,79	-1	-4,03	0,10	0,02	-0,03	0,00	38,72	0,79	1,064	2689,79	-1	-4,03	0,10	
										Δh кільця	0,02	0,37								Δh кільця	0,01	0,37
									Δq кільця	0,02									Δq кільця	0,02		
2	2-3	-0,03		-0,03	35,36	0,72	1,079	2182,17	1	2,73	0,08	-0,02		-0,02	35,34	0,72	1,079	2182,17	1	2,73	0,08	
	3-4	-0,03		-0,03	54,03	1,10	1,015	3181,74	1	9,29	0,17	-0,02		-0,02	54,01	1,10	1,015	3181,74	1	9,28	0,17	
	4-5	0,03	-0,03	0,00	16,20	0,52	1,146	13353,74	-1	-3,50	0,22	0,02	-0,02	0,00	16,20	0,52	1,146	13353,74	-1	-3,50	0,22	
	2-5	0,03	-0,04	0,00	56,61	1,15	1,008	2648,84	-1	-8,49	0,15	0,02	-0,02	0,00	56,61	1,15	1,008	2648,84	-1	-8,49	0,15	
										Δh кільця	0,03	0,62								Δh кільця	0,02	0,62
									Δq кільця	0,02									Δq кільця	0,01		
3	4-5	-0,03	0,03	0,00	16,20	0,52	1,146	13353,74	1	3,50	0,22	-0,02	0,02	0,00	16,20	0,52	1,146	13353,74	1	3,50	0,22	
	4-6	-0,03		-0,03	19,02	0,61	1,115	4330,84	1	1,57	0,08	-0,02		-0,02	19,00	0,61	1,115	4330,84	1	1,56	0,08	
	6-7	-0,03		-0,03	7,71	0,44	1,185	45734,36	1	2,72	0,35	-0,02		-0,02	7,69	0,44	1,185	45734,36	1	2,70	0,35	
	5-7	0,03	-0,04	0,00	26,67	0,85	1,052	10896,36	-1	-7,75	0,29	0,02	-0,03	-0,01	26,66	0,85	1,052	10896,36	-1	-7,75	0,29	
										Δh кільця	0,04	0,94								Δh кільця	0,02	0,94
									Δq кільця	0,02									Δq кільця	0,01		
4	5-7	-0,04	0,03	0,00	26,67	0,85	1,052	10896,36	1	7,75	0,29	-0,03	0,02	-0,01	26,66	0,85	1,052	10896,36	1	7,75	0,29	
	7-8	0,04		0,04	28,02	0,89	1,042	8431,86	-1	-6,62	0,24	0,03		0,03	28,05	0,89	1,042	8431,86	-1	-6,63	0,24	
	5-9	-0,04	0,04	0,00	38,72	0,79	1,064	2689,79	1	4,03	0,10	-0,03	0,02	0,00	38,72	0,79	1,064	2689,79	1	4,03	0,10	
	8-9	0,04		0,04	43,20	0,88	1,044	2744,80	-1	-5,12	0,12	0,03		0,03	43,23	0,88	1,044	2744,80	-1	-5,13	0,12	
										Δh кільця	0,04	0,75								Δh кільця	0,02	0,75
									Δq кільця	0,03									Δq кільця	0,01		
									Δh контур	0,12									Δh контур	0,07		

Таблиця 1.16. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму максимального водоспоживання + пожежі

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потік розподіл									перше наближення									
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _n	S	знак	h = S*q ²	h/q	Δqкільця	Δqсум.кільця	Δq	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	1700	350	148,48	1,54	0,4365	1	0,437	742,05	-1	-16,36	0,11	-9,49		-9,49	138,99	1,45	1,000	742,05	-1	-14,34	0,10
	1-2	700	350	148,48	1,54	0,4365	1	0,437	305,55	1	6,74	0,05	9,49		9,49	157,97	1,64	1,000	305,55	1	7,62	0,05
	2-5	1040	250	62,64	1,28	2,528	1	2,528	2629,12	1	10,32	0,16	9,49	-4,41	5,08	67,72	1,38	1,000	2629,12	1	12,06	0,18
	5-9	1000	250	62,09	1,27	2,528	1	2,528	2528,00	-1	-9,75	0,16	-9,49	2,12	-7,36	54,73	1,12	1,014	2562,13	-1	-7,67	0,14
											Δh кільця	-9,05	0,48							Δh кільця =	-2,33	0,47
										Δq кільця	9,49								Δq кільця =	2,48		
2	2-3	800	250	62,64	1,28	2,528	1	2,528	2022,40	1	7,94	0,13	4,41		4,41	67,05	1,37	1,000	2022,40	1	9,09	0,14
	3-4	1240	250	55,75	1,14	2,528	1,0105	2,555	3167,63	1	9,85	0,18	4,41		4,41	60,16	1,23	1,000	3134,72	1	11,34	0,19
	4-5	1440	200	36,13	1,15	8,092	1,0075	8,153	11739,87	-1	-15,32	0,42	-4,41	-3,84	-8,25	27,88	0,89	1,044	12165,19	-1	-9,46	0,34
	2-5	1040	250	62,64	1,28	2,528	1	2,528	2629,12	-1	-10,32	0,16	-4,41	9,49	5,08	67,72	1,38	1,000	2629,12	-1	-12,06	0,18
											Δh кільця	-7,86	0,89							Δh кільця =	-1,08	0,84
										Δq кільця	4,41								Δq кільця =	0,64		
3	4-5	1440	200	36,13	1,15	8,092	1,0075	8,153	11739,87	1	15,32	0,42	-3,84	-4,41	-8,25	27,88	0,89	1,044	12165,19	1	9,46	0,34
	4-6	480	200	40,67	1,30	8,092	1	8,092	3884,16	1	6,42	0,16	-3,84		-3,84	36,83	1,17	1,005	3901,64	1	5,29	0,14
	6-7	1040	150	4,36	0,25	37,11	1,346	49,950	51948,06	1	0,99	0,23	-3,84		-3,84	0,52	0,03	1,410	54418,10	1	0,01	0,03
	5-7	1280	200	36,13	1,15	8,092	1,0075	8,153	10435,44	-1	-13,62	0,38	3,84	2,12	5,97	42,10	1,34	1,000	10357,76	-1	-18,36	0,44
											Δh кільця	9,11	1,19							Δh кільця =	-3,59	0,95
										Δq кільця	3,84								Δq кільця =	1,90		
4	5-7	1280	200	36,13	1,15	8,092	1,0075	8,153	10435,44	1	13,62	0,38	2,12	3,84	5,97	42,10	1,34	1,000	10357,76	1	18,36	0,44
	7-8	1000	200	46,91	1,49	8,092	1	8,092	8092,00	-1	-17,81	0,38	-2,12		-2,12	44,79	1,43	1,000	8092,00	-1	-16,23	0,36
	5-9	1000	250	62,09	1,27	2,528	1	2,528	2528,00	1	9,75	0,16	2,12	-9,49	-7,36	54,73	1,12	1,014	2562,13	1	7,67	0,14
	8-9	1040	250	62,09	1,27	2,528	1	2,528	2629,12	-1	-10,14	0,16	-2,12		-2,12	59,97	1,22	1,000	2629,12	-1	-9,45	0,16
											Δh кільця	-4,57	1,08							Δh кільця =	0,35	1,10
										Δq кільця	2,12								Δq кільця =	0,16		
										Δh контур	-12,37								Δh контура	-6,66		

Продовження таблиці 1.16

№ кільця	№ ділянки	дев'яте наближення										десяте наближення									
		Δq кільця	Δq сум.кільця	Δq	q, л/с	V, м/с	K_1	S	знак	h = S*q ²	h/q	Δq кільця	Δq сум.кільця	Δq	q, л/с	V, м/с	K_1	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	-0,01		-0,01	134,94	1,40	1,000	742,05	-1	-13,51	0,10	-0,05		-0,05	134,89	1,40	1,000	742,05	-1	-13,50	0,10
	1-2	0,01		0,01	162,02	1,68	1,000	305,55	1	8,02	0,05	0,05		0,05	162,07	1,69	1,000	305,55	1	8,03	0,05
	2-5	0,01	-0,07	-0,05	68,99	1,41	1,000	2629,12	1	12,51	0,18	0,05	-0,01	0,04	69,03	1,41	1,000	2629,12	1	12,53	0,18
	5-9	-0,01	0,07	0,05	52,33	1,07	1,021	2581,09	-1	-7,07	0,14	-0,05	0,01	-0,04	52,29	1,07	1,021	2581,09	-1	-7,06	0,13
										Δh кільця	-0,04	0,47								Δh кільця	-0,01
									Δq кільця	0,05									Δq кільця	0,01	
2	2-3	0,07		0,07	69,83	1,42	1,000	2022,40	1	9,86	0,14	0,01		0,01	69,84	1,42	1,000	2022,40	1	9,86	0,14
	3-4	0,07		0,07	62,94	1,28	1,000	3134,72	1	12,42	0,20	0,01		0,01	62,95	1,28	1,000	3134,72	1	12,42	0,20
	4-5	-0,07	0,02	-0,05	28,41	0,90	1,040	12118,58	-1	-9,78	0,34	-0,01	0,05	0,04	28,45	0,91	1,040	12118,58	-1	-9,81	0,34
	2-5	-0,07	0,01	-0,05	68,99	1,41	1,000	2629,12	-1	-12,51	0,18	-0,01	0,05	0,04	69,03	1,41	1,000	2629,12	-1	-12,53	0,18
										Δh кільця	-0,02	0,86								Δh кільця	-0,05
									Δq кільця	0,01									Δq кільця	0,03	
3	4-5	0,02	-0,07	-0,05	28,41	0,90	1,040	12118,58	1	9,78	0,34	0,05	-0,01	0,04	28,45	0,91	1,040	12118,58	1	9,81	0,34
	4-6	0,02		0,02	40,14	1,28	1,000	3884,16	1	6,26	0,16	0,05		0,05	40,19	1,28	1,000	3884,16	1	6,27	0,16
	6-7	0,02		0,02	3,83	0,22	1,394	53800,59	1	0,79	0,21	0,05		0,05	3,88	0,22	1,394	53800,59	1	0,81	0,21
	5-7	-0,02	0,07	0,05	40,44	1,29	1,000	10357,76	-1	-16,93	0,42	-0,05	0,01	-0,04	40,40	1,29	1,000	10357,76	-1	-16,90	0,42
										Δh кільця	-0,10	1,13								Δh кільця	-0,01
									Δq кільця	0,05									Δq кільця	0,01	
4	5-7	0,07	-0,02	0,05	40,44	1,29	1,000	10357,76	1	16,93	0,42	0,01	-0,05	-0,04	40,40	1,29	1,000	10357,76	1	16,90	0,42
	7-8	-0,07		-0,07	43,13	1,37	1,000	8092,00	-1	-15,05	0,35	-0,01		-0,01	43,12	1,37	1,000	8092,00	-1	-15,05	0,35
	5-9	0,07	-0,01	0,05	52,33	1,07	1,021	2581,09	1	7,07	0,14	0,01	-0,05	-0,04	52,29	1,07	1,021	2581,09	1	7,06	0,13
	8-9	-0,07		-0,07	58,31	1,19	1,003	2637,01	-1	-8,97	0,15	-0,01		-0,01	58,30	1,19	1,003	2637,01	-1	-8,96	0,15
										Δh кільця	-0,02	1,06								Δh кільця	-0,05
									Δq кільця	0,01									Δq кільця	0,02	
									Δh контур	-0,18									Δh контур	-0,12	

Таблиця 1.17. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму максимального транзиту води в башту

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потікорозподіл									перше наближення											
				q, л/с	V, м/с	A	K _г	A _п	S	знак	h = S*q ²	h/q	Δqкільця	Δqсум.кільця	Δq	q, л/с	V, м/с	K _г	S	знак	h = S*q ²	h/q		
1	1-9	1700	350	110,86	1,15	0,4365	1,0075	0,440	747,62	-1	-9,19	0,08	-8,53		-8,53	102,33	1,06	1,021	757,63	-1	-7,93	0,08		
	1-2	700	350	110,86	1,15	0,4365	1,0075	0,440	307,84	1	3,78	0,03	8,53		8,53	119,39	1,24	1,000	305,55	1	4,36	0,04		
	2-5	1040	250	41,20	0,84	2,528	1,054	2,665	2771,09	1	4,70	0,11	8,53	-6,26	2,27	43,47	0,89	1,044	2744,80	1	5,19	0,12		
	5-9	1000	250	44,70	0,91	2,528	1,039	2,627	2626,59	-1	-5,25	0,12	-8,53	2,80	-5,73	38,97	0,79	1,062	2684,74	-1	-4,08	0,10		
																							Δh кільця = -2,47	0,34
																							Δq кільця = 3,65	
2	2-3	800	250	41,2	0,84	2,528	1,054	2,665	2131,61	1	3,62	0,09	6,26		6,26	47,46	0,97	1,034	2091,16	1	4,71	0,10		
	3-4	1240	250	6,08	0,12	2,528	1,41	3,564	4419,96	1	0,16	0,03	6,26		6,26	12,34	0,25	1,330	4169,18	1	0,63	0,05		
	4-5	1440	200	20,04	0,64	8,092	1,106	8,950	12887,64	-1	-5,18	0,26	-6,26	0,19	-6,07	13,97	0,44	1,180	13749,93	-1	-2,68	0,19		
	2-5	1040	250	41,20	0,84	2,528	1,054	2,665	2771,09	-1	-4,70	0,11	-6,26	8,53	2,27	43,47	0,89	1,044	2744,80	-1	-5,19	0,12		
																								Δh кільця = -2,53
																							Δq кільця = 2,73	
3	4-5	1440	200	20,04	0,64	8,092	1,106	8,950	12887,64	1	5,18	0,26	0,19	-6,26	-6,07	13,97	0,44	1,180	13749,93	1	2,68	0,19		
	4-6	480	200	5,09	0,16	8,092	1,41	11,410	5476,67	1	0,14	0,03	0,19		0,19	5,28	0,17	1,410	5476,67	1	0,15	0,03		
	6-7	1040	150	4,38	0,25	37,11	1,346	49,950	51948,06	-1	-1,00	0,23	-0,19		-0,19	4,19	0,24	1,362	52565,57	-1	-0,92	0,22		
	5-7	1280	200	20,04	0,64	8,092	1,106	8,950	11455,68	-1	-4,60	0,23	-0,19	2,80	2,61	22,65	0,72	1,079	11176,02	-1	-5,74	0,25		
																								Δh кільця = -3,82
																							Δq кільця = 2,75	
4	5-7	1280	200	20,04	0,64	8,092	1,106	8,950	11455,68	1	4,60	0,23	2,80	-0,19	2,61	22,65	0,72	1,079	11176,02	1	5,74	0,25		
	7-8	1000	200	31,98	1,02	8,092	1,0285	8,323	8322,62	-1	-8,51	0,27	-2,80		-2,80	29,18	0,93	1,038	8399,50	-1	-7,15	0,25		
	5-9	1000	250	44,70	0,91	2,528	1,039	2,627	2626,59	1	5,25	0,12	2,80	-8,53	-5,73	38,97	0,79	1,062	2684,74	1	4,08	0,10		
	8-9	1040	250	44,70	0,91	2,528	1,039	2,627	2731,66	-1	-5,46	0,12	-2,80		-2,80	41,90	0,85	1,050	2760,58	-1	-4,85	0,12		
																								Δh кільця = -4,12
																							Δq кільця = 2,80	
																							Δh контура = -2,18	0,72
																							Δq контура = 1,52	
																							Δh контура = -11,00	

Продовження таблиці 1.17

№ кільця	№ ділянки	дев'яте наближення										десяте наближення										
		Δq кільця	$\Delta q_{\text{сум.}}$ кільця	Δq	$q, \text{ л/с}$	$V, \text{ м/с}$	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	Δq кільця	$\Delta q_{\text{сум.}}$ кільця	Δq	$q, \text{ л/с}$	$V, \text{ м/с}$	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	
1	1-9	-0,12		-0,12	93,75	0,97	1,033	766,54	-1	-6,74	0,07	-0,09		-0,09	93,66	0,97	1,033	766,54	-1	-6,72	0,07	
	1-2	0,12		0,12	127,97	1,33	1,000	305,55	1	5,00	0,04	0,09		0,09	128,06	1,33	1,000	305,55	1	5,01	0,04	
	2-5	0,12	-0,15	-0,04	43,81	0,89	1,042	2739,54	1	5,26	0,12	0,09	-0,08	0,02	43,83	0,89	1,042	2739,54	1	5,26	0,12	
	5-9	-0,12	0,12	0,00	36,36	0,74	1,073	2712,54	-1	-3,59	0,10	-0,09	0,07	-0,02	36,34	0,74	1,073	2712,54	-1	-3,58	0,10	
										Δh кільця	-0,06	0,33								Δh кільця	-0,03	0,33
									Δq кільця	0,09									Δq кільця	0,05		
2	2-3	0,15		0,15	55,70	1,14	1,011	2043,64	1	6,34	0,11	0,08		0,08	55,77	1,14	1,011	2043,64	1	6,36	0,11	
	3-4	0,15		0,15	20,58	0,42	1,195	3745,99	1	1,59	0,08	0,08		0,08	20,65	0,42	1,190	3730,32	1	1,59	0,08	
	4-5	-0,15	0,12	-0,03	14,15	0,45	1,175	13691,66	-1	-2,74	0,19	-0,08	0,08	0,01	14,16	0,45	1,175	13691,66	-1	-2,74	0,19	
	2-5	-0,15	0,12	-0,04	43,81	0,89	1,042	2739,54	-1	-5,26	0,12	-0,08	0,09	0,02	43,83	0,89	1,042	2739,54	-1	-5,26	0,12	
										Δh кільця	-0,08	0,50								Δh кільця	-0,06	0,50
									Δq кільця	0,08									Δq кільця	0,06		
3	4-5	0,12	-0,15	-0,03	14,15	0,45	1,175	13691,66	1	2,74	0,19	0,08	-0,08	0,01	14,16	0,45	1,175	13691,66	1	2,74	0,19	
	4-6	0,12		0,12	13,70	0,44	1,185	4602,73	1	0,86	0,06	0,08		0,08	13,78	0,44	1,185	4602,73	1	0,87	0,06	
	6-7	0,12		0,12	4,23	0,24	1,362	52565,57	1	0,94	0,22	0,08		0,08	4,31	0,24	1,346	51948,06	1	0,97	0,22	
	5-7	-0,12	0,12	0,00	20,20	0,64	1,103	11424,61	-1	-4,66	0,23	-0,08	0,07	-0,01	20,19	0,64	1,103	11424,61	-1	-4,66	0,23	
										Δh кільця	-0,12	0,71								Δh кільця	-0,07	0,71
									Δq кільця	0,08									Δq кільця	0,05		
4	5-7	0,12	-0,12	0,00	20,20	0,64	1,103	11424,61	1	4,66	0,23	0,07	-0,08	-0,01	20,19	0,64	1,103	11424,61	1	4,66	0,23	
	7-8	-0,12		-0,12	23,21	0,74	1,076	8706,99	-1	-4,69	0,20	-0,07		-0,07	23,14	0,74	1,076	8706,99	-1	-4,66	0,20	
	5-9	0,12	-0,12	0,00	36,36	0,74	1,073	2712,54	1	3,59	0,10	0,07	-0,09	-0,02	36,34	0,74	1,073	2712,54	1	3,58	0,10	
	8-9	-0,12		-0,12	35,93	0,73	1,076	2828,93	-1	-3,65	0,10	-0,07		-0,07	35,86	0,73	1,076	2828,93	-1	-3,64	0,10	
										Δh кільця	-0,09	0,63								Δh кільця	-0,06	0,63
									Δq кільця	0,07									Δq кільця	0,04		
									Δh контур	-0,35									Δh контур	-0,22		

Таблиця 1.18

Гідравлічний розрахунок підключаючих трубопроводів і водоводів

Ділянка	Довжина l , км	Діаметр D , мм	Витрата q , л/с	Швидкість, V , м/с	1000 i , м/км	$h = 1000i \cdot l$, м
4 - № 1	0,3	200	27,87	0,87	6,74	2,022
7 - № 2	0,3	200	28,16	0,87	6,74	2,022
2 - № 3	0,2	150	11,12	0,6	5	1
3 – ВБ (транзит)	0,2	200	28,51	0,88	6,97	1,394
3 – ВБ (max)	0,2	200	25,57	0,79	5,67	1,134
НС-II – 1 (max)	2	350	229,5/2=114,75	1,17	5,71	11,42
НС-II – 1 (max+пож)	2	350	305,06/2=152,53	1,56	10,1	20,2
НС-II – 1 (транзит)	2	350	229,5/2=114,75	1,17	5,71	11,42

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

Потрібний вільний напір $H_{тр}$ визначаємо залежно від кількості поверхів n :

$$H_{тр} = 4(n - 1) + 10, \quad \text{м.}$$

Значення фактичних вільних напорів у вузлах визначаємо за формулою

$$H_{віль.і} = \Pi_i - Z_{з.і}, \quad \text{м,}$$

де Π_i – п'єзометрична відмітка у i -му вузлі водопровідної мережі; $Z_{з.і}$ – відмітка поверхні землі у цій же точці.

Значення Π_i в інших вузлах мережі визначаємо при послідовному обході всіх вузлових точок за формулою

$$\Pi_{i+1} = \Pi_i \pm h_i, \quad \text{м,}$$

Визначення п'єзометричних відміток для режиму максимального транзиту води в башту починали з обчислення відмітки максимального рівня води в башті:

$$Z_{\max.б} = Z_{\min.б} + h_{рег.б} = 156,17 + 4,56 = 160,73 \text{ м,}$$

де $Z_{\max.б}$ і $Z_{\min.б}$ – відповідно відмітки максимального і мінімального рівнів води в башті (відмітка $Z_{\min.б}$ дорівнює п'єзометричній відмітці у місці влаштування башти для режиму максимального водоспоживання); $h_{рег.б}$ – висота регулюючого об'єму води в башті.

Висота дна бака над поверхнею землі дорівнює:

$$H_б = Z_{\min.б} - h_{пож.б} - Z_{з.б} = 156,17 - 0,80 - 125,5 = 29,87 \text{ м,}$$

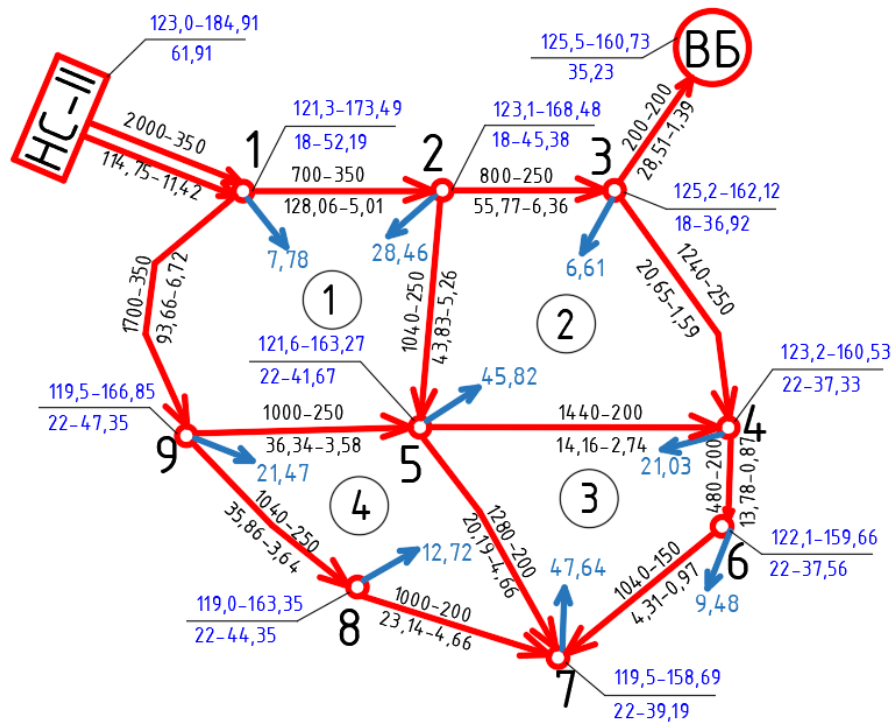


Рис. 1.8. Розрахункова схема мережі для режиму максимального транзиту води в башту

Напір господарсько-питних насосів

$$H_p = H_r + h_k,$$

де H_r – геометрична висота підйому води на НС-II, м; h_k – втрати напору в комунікаціях насосної станції (приймаємо $h_k = 2$ м).

$$H_e = \frac{P_{НС-II,max} + P_{НС-II,тр}}{2} - \frac{Z_{min.p} + Z_{max.p}}{2} = \frac{173,22 + 184,91}{2} - \frac{124,0 + 121,18}{2} = 56,48 \text{ м,}$$

де $P_{НС-II,max}$ і $P_{НС-II,тр}$ – п'єзометричні відмітки на НС-II, м, відповідно при максимальному водоспоживанні та максимальному транзиті води в башту; $Z_{min.p}$ і $Z_{max.p}$ – відповідно мінімальна та максимальна відмітка рівнів води у РЧВ.

$$\text{Отже } H_p = 56,48 + 2 = 58,48 \text{ м.}$$

Напір пожежних насосів визначаємо за формулою, прийнявши $h_k = 3$ м, а геометричну висоту підйому обчисливши за формулою:

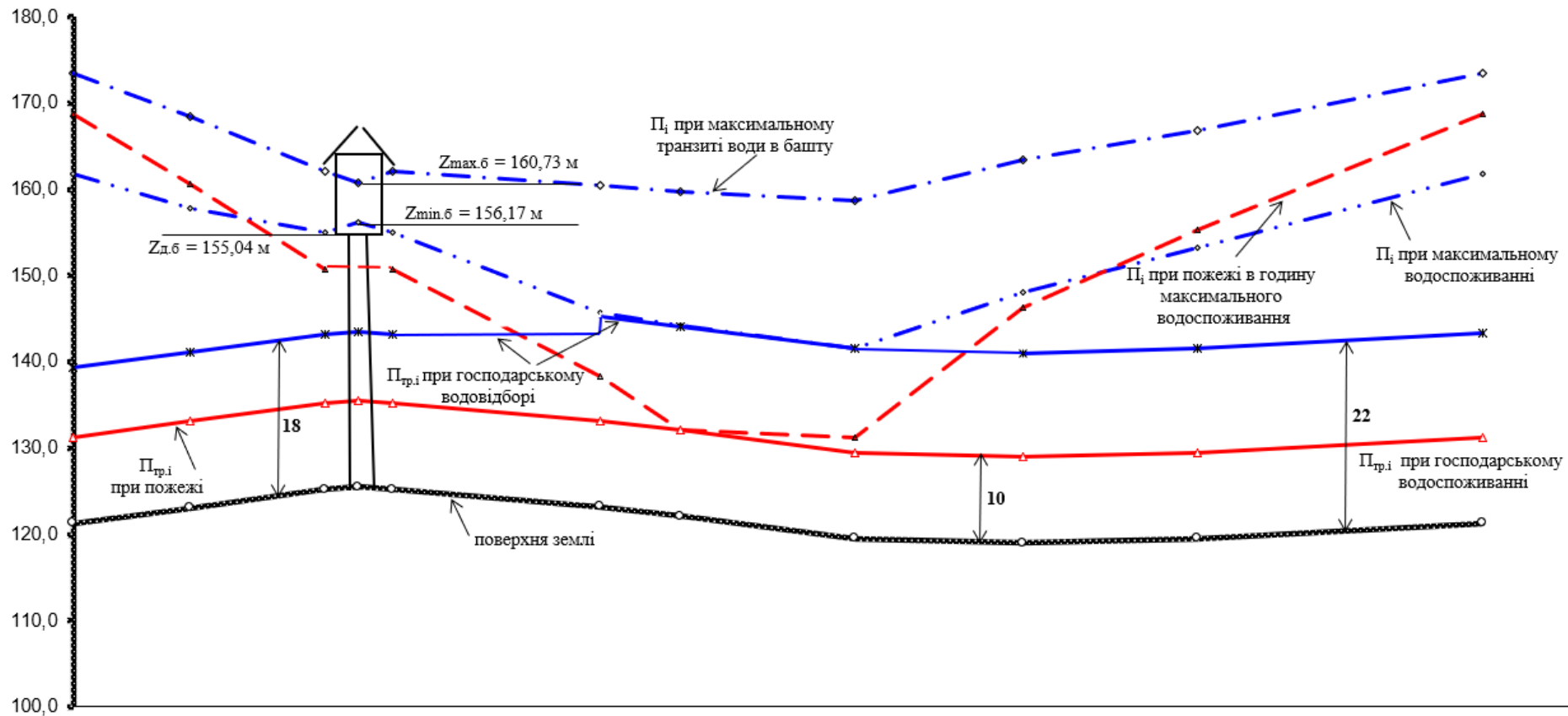
$$H_{г.пож} = P_{НС-II,пож} - Z_{д.р} = 189,0 - 119,16 = 69,84 \text{ м,}$$

де $P_{НС-II,пож}$ – п'єзометрична відмітка на НС-II у режимі пожежогасіння, м; $Z_{д.р}$ – відмітка дна РЧВ біля насосної станції, м.

$$\text{Отже, } H_{р.пож} = 69,84 + 3 = 72,84 \text{ м.}$$

Знаючи розрахунковий напір H_p та подачу кожного ступеня роботи насосів Q при максимальному водоспоживанні, за допомогою сайту однієї відомої компанії Grundfos підбираємо насоси марки CR 125-4 A-F-A-V-HQQV.

Рис 1.9. Графік потрібних та фактичних п'езометричних напорів



№ вузла	1	2	3	ВБ	3	4	6	7	8	9	1
$l, \text{ м}$	700	800	200	200	1240	480	1040	1000	1040	1700	
$Z_{землі}, \text{ м}$	121,3	123,1	125,2	125,5	125,2	123,2	122,1	119,5	119,0	119,5	121,3
$\Pi_{i,max}, \text{ м}$	161,8	157,7	155,0	156,2	155,0	145,8	144,2	141,5	148,1	153,3	161,8
$\Pi_{i,пож}, \text{ м}$	169	161	150,8		150,8	138,4	132,1	131,3	146,3	155,3	168,8
$\Pi_{i,транз}, \text{ м}$	173,5	168,5	162,1	160,7	162,1	160,5	159,7	158,7	163,4	166,9	173,5
$\Pi_{гр,госп}, \text{ м}$	139,3	141,1	143,2	143,5	143,2	145,2	144,1	141,5	141,0	141,5	143,3
$\Pi_{гр,пож}, \text{ м}$	131,3	133,1	135,2	135,5	135,2	133,2	132,1	129,5	129,0	129,5	131,3

Водозабірні споруди

1.11 Геологічний опис порід та їх потужність, м :

- Рослинний шар : 0.9
- Суглинок : 27
- Пісок крупнозернистий :22
- Мергель : 14
- Супісок : 16
- Глина : 4
- Пісковик : 11
- Глина : 19
- Пісок гравелистий водоносний :28
- Глина щільна : 7

Статичний напір від рівня поверхні землі, м : 34 $Z_{ст}$

Коефіцієнт фільтрації експлуатаційного пласта k , м/добу. : 20

Переміщення відмітки подачі над поверхнею землі, м : 11 ΔZ

1.12 Визначення категорії надійності.

Так як кількість жителів - 45 000 осіб і це є менше 50 000 осіб, то категорія надійності – II.

1.13 Визначення продуктивності водозабору.

Продуктивність водозабору визначаємо на розрахунковий період:

$$Q_{розр} = Q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3,$$

де $Q \cdot k_3$ – максимальна добова втрата, м³/доб.,

k_1 – коефіцієнт, що враховує невраховані витрати, який приймаємо 1,1

k_2 - коефіцієнт, що враховує витрати на власні потреби водозабору та очисних споруд, який приймаємо 1,05.

$$Q_{\text{розр}} = 16300 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 18830 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Продуктивність водозабору визначаємо на перспективний період:

$$Q_{\text{персп}} = Q_{\text{розр}} \cdot k_4$$

де k_4 – коефіцієнт, що враховує збільшення витрати на перспективу, приймаємо 1,2.

$$Q_{\text{персп}} = 18830 \cdot 1,2 = 22600 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

За цими даними складаємо таблицю:

Таблиця 1.19

Водоспоживання на розрахунковий та перспективний періоди

№	Водоспоживання	Розрахунковий період		Перспектива	
		м ³ /добу	м ³ /год	м ³ /добу	м ³ /год
1.	Загальна потреба Q	18830	784,58	22600	941,67

1.14. Вибір водоносного шару.

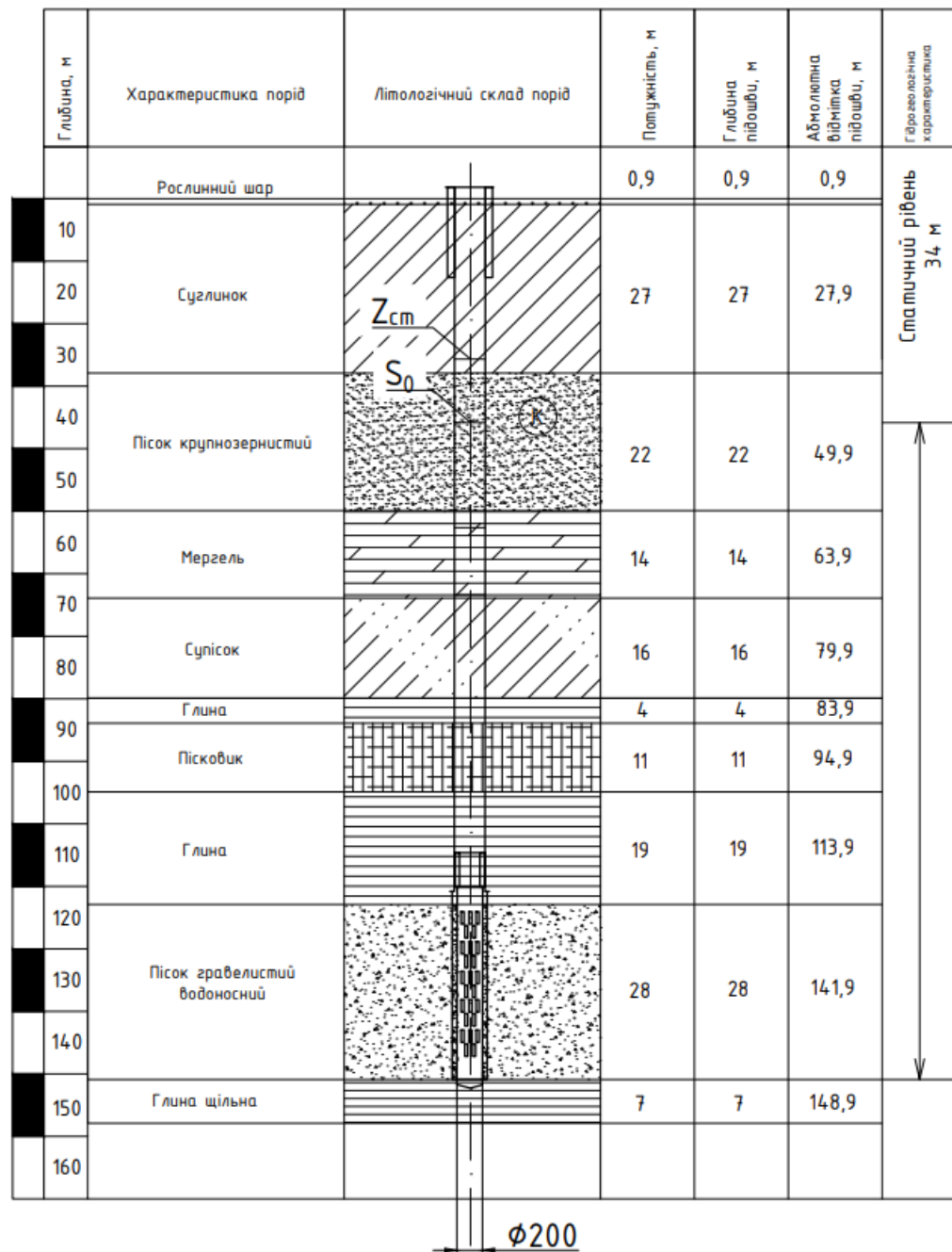


Рис. 1.10 Геологічний розріз ділянки можливого розміщення водозабірних свердловин

Водоносним шаром є пісок гравелистий. Потужність водоносного шару складає $m = 28$ м. Він має позначку від 113,9 до 141,9 м. Напір над підшовою пласта дорівнює:

$$141,9 - 28 = 113,9 \text{ м.}$$

Коефіцієнт фільтрації експлуатаційного пласта $k = 20$ м/добу.

Якість води цього шару відповідає ДСанПіН 2.2.4-171-10
«Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

1.15 Вибір типу водозабірних споруд.

Так як у даному випадку глибина закладання водоносного шару значна (141,9), то за водоносну споруду приймаємо трубчастий колодязь. За рекомендаціями [1, додаток Б, таблиця Б.1] приймаємо фільтрову свердловину. Гравійна обсіпка потрібна, її ширина 50 мм. Фільтр водозабірної свердловини з металевих матеріалів з прямокутними вертикальними отворами з додатковою водоприймальною поверхнею з антикорозійних матеріалів (дротяної обмотки).

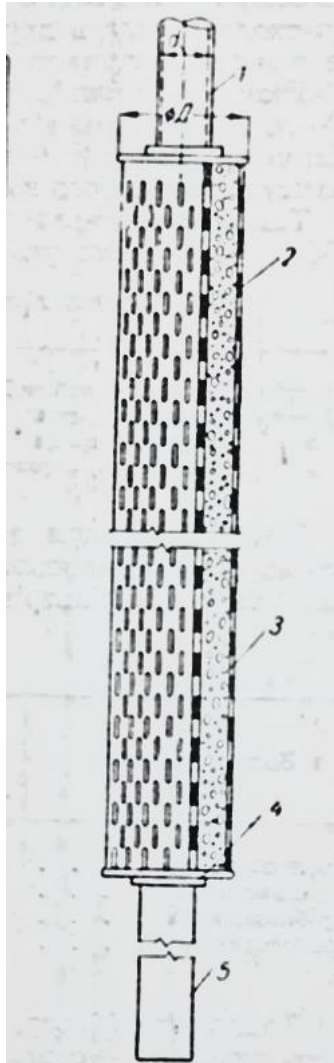


Рис 1.11. Гравійний фільтр з зовнішньою захисною штампованою сіткою

1.16 Гідрогеологічні розрахунки.

а) Напір над підшоною водоносного пласта $H = 107,9$ м перевищує потужність цього пласта $m = 28$ м, тобто $107,9 \text{ м} > 28 \text{ м}$. Відповідно, водоносний пласт, який розглядається, є напірним

б) Попередньо розглядаємо свердловину як досконалу, тобто таку, що перетинає водоносний пласт.

Визначаємо максимально допустиме зниження статичного рівня за формулою:

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

де H – початкова глибина води над підшоною водоносного напірного пласта,

m – потужність напірного водоносного пласта,

H_N – максимальна глибина занурення низу насоса (або його водоприймальної частини) під динамічний рівень води в колодязі (1-6 м), попередньо приймаємо $H_N = 6$ м,

ΔS_{ϕ} – втрати напору на вхід води у свердловину (у фільтрі та при фільтровій зоні, 1-5 м), попередньо приймаємо $\Delta S_{\phi} = 4$ м.

$$S_{\text{доп}} = 107,9 - (0,3 \dots 0,5) \cdot 28 - 6 - 4 = 86,7 \text{ м.}$$

Так як обчислена за формулою величина допустимого пониження початкового рівня води веде до зниження його до покрівлі водоносного пласта, її слід

визначати, як:

$$S_{\text{доп}} \approx (0,2 \dots 0,3) \cdot H$$

$$S_{\text{розр}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot 107,9 = 27 \text{ м}$$

Приймаємо для подальших розрахунків максимальне допустиме зниження статичного рівня $S_{\text{розр}} = 27$ м.

Продуктивність досконалого колодязя, що забирає воду з напірного водоносного пласта:

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

де k – коефіцієнт фільтрації породи, що складає водоносний пласт, м/добу;

m – потужність пласта, м;

$S_{\text{доп}}$ – величина пониження статичного (початкового) рівня, м;

r – радіус колодязя, м;

R – радіус впливу колодязя (відстань від центра колодязя до місця, де статичний рівень практично залишається без зміни), м.

Попередньо приймаємо діаметр каркасу фільтру свердловини $d_{\phi} = 200$ мм., з врахуванням обсіпки $2 \cdot 50 = 100$ мм.

Тоді радіус колодязя буде дорівнювати $r = 0,15$ м.

Радіус впливу колодязя визначаємо за формулою :

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k}$$

$$R = 10 \cdot 27 \cdot \sqrt{20} = 1207,48 \text{ м}$$

Визначаємо продуктивність (дебіт) свердловини:

$$Q = \frac{2,73 \cdot 20 \cdot 28 \cdot 27}{\lg \frac{1207,48}{0,15}} = 10568,31 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}} = 440,35 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

1.17. Попередній вибір насоса

Визначаємо необхідний напір:

$$H_{\text{н}} = (z_{\text{землі}} - z_{\text{ст}}) + \Delta z + S_{\text{доп}} + \sum h,$$

де $(z_{\text{землі}} - z_{\text{ст}})$ – статичний напір від рівня поверхні землі, за завданням дорівнює 34 м;

Δz – перевищення відмітки подачі води над поверхнею землі, за завданням дорівнює 11 м;

$\sum h$ – загальна сума втрат напору, яка визначається за формулою:

$$\sum h = \Delta S_{\phi} + h_{\text{вТ}} + \sum h_{\text{нв}},$$

де ΔS_{ϕ} – втрати напору в фільтрі, попередньо приймаємо 3 м;

$h_{\text{вТ}}$ – втрати напору у водопідйомній трубі, довжиною $l_{\text{вТ}}$, попередньо приймаємо 3 м;

$\sum h_{\text{нв}}$ – сума втрат напору у збірному трубопроводі від найбільш віддаленого водозабору до водоприймальної споруди, попередньо приймаємо $\sum h_{\text{нв}} = 10$ м.

Напір на вилив приймаємо 1 м.

Маємо:

$$\sum h = 3 + 3 + 10 + 1 = 17 \text{ м.}$$

Таким чином, попередньо розрахунковий напір:

$$H_{\text{н}} = 34 + 11 + 27 + 17 = 89 \text{ м.}$$

Підбираємо насос за необхідним напором і максимально можливою подачею. За зведеним графіком характеристик насосів попередньо обираємо насос марки SP 215-5 з максимальною можливою подачею $Q = 280$

Діаметр насоса (двигуна насоса): $12 \cdot 25 = 300$ мм.

1.18 Розрахунок фільтра

Можливу максимальну довжину фільтра визначаємо за формулою:

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

$$F_{\phi} = \pi \cdot D_{\phi} \cdot l_{\phi} = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 26 = 16,32 \text{ м}^2$$

де l_{ϕ} – можлива максимальна довжина фільтра, м;

D_{ϕ} – діаметр фільтра по зовнішнім обмірам, який дорівнює $D_{\phi} = 200$ мм.

Визначимо водоприймальну потужність фільтру за умови його максимальної довжини

$$Q_{\phi} = F_{\phi} \cdot V_{\phi},$$

V_{ϕ} – допустима вихідна швидкість води у фільтр,

Допустиму вихідну швидкість для фільтру визначається за формулою:

$$V_{\phi} = 1000K \cdot \frac{d_{50}}{D_{50}} = 1000K * (0,1)^2 = 200 \text{ м}^3/\text{добу},$$

Всі ці дані підставляємо у формулу для знаходження можливої пропускної спроможності фільтра:

$$Q_{\phi} = 16,32 \cdot 200 = 3264 \text{ м}^3/\text{добу} = 136 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Продуктивність насоса $Q_{\text{св}} = 136 \text{ м}^3/\text{год} = 3264 \text{ м}^3/\text{добу}$.

1.19 Визначення кількості свердловин.

На розрахунковий період:

$$n_{\text{розр}} = \frac{Q_{\text{розр}}}{Q_{\text{св}}} = \frac{18830}{3264} = 5,77 = 6 + 1\text{рез} = 7$$

Приймаємо на розрахунковий період 6 свердловини та приймаємо 1 резервну свердловину.

На перспективний період:

$$n_{\text{перс}} = \frac{Q_{\text{персп}}}{Q_{\text{св}}} = \frac{22600}{3264} = 6,92 = 7 + 1\text{рез} = 8.$$

Приймаємо на перспективний період 7 свердловин та приймаємо 2 резервні свердловини.

1.20 Уточнення витрати свердловини.

На розрахунковий період:

$$Q_{\text{св}}^{\text{р}} = \frac{Q_{\text{розр}}}{n_{\text{розр}}} = \frac{18830}{6} = 3138 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

На перспективний період:

$$Q_{\text{св}}^{\text{п}} = \frac{Q_{\text{персп}}}{n_{\text{персп}}} = \frac{22600}{7} = 3229 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Приймаємо для подальших розрахунків більшу з двох витрат свердловини, тобто $Q_{\text{св}}^{\text{п}} = 3229 \text{ м}^3/\text{добу}$.

1.21 Уточнення S – зниження статичного рівня та R – радіусу впливу.

$$1. S = \frac{Q_{\text{св}}^{\text{п}}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3229}{2,73 \cdot 20 \cdot 28} \cdot \lg \frac{1207,48}{0,15} = 8,25 \text{ м}.$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 8,25 \cdot \sqrt{20} = 368,95 \text{ м}.$$

$$2. S = \frac{Q_{\text{св}}^{\text{п}}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3229}{2,73 \cdot 20 \cdot 28} \cdot \lg \frac{368,95}{0,15} = 7,15 \text{ м}.$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 7,15 \cdot \sqrt{20} = 319,76 \text{ м}.$$

$$3. S = \frac{Q_{\text{св}}^{\text{п}}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3229}{2,73 \cdot 20 \cdot 28} \cdot \lg \frac{319,76}{0,15} = 7,03 \text{ м}.$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 7,03 \cdot \sqrt{20} = 314,39 \text{ м}.$$

$$4. S = \frac{Q_{\text{св}}^{\text{п}}}{2,73 \cdot k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r} = \frac{3229}{2,73 \cdot 20 \cdot 28} \cdot \lg \frac{314,39}{0,15} = 7,01 \text{ м}.$$

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k} = 10 \cdot 7,01 \cdot \sqrt{20} = 313,5 \text{ м}.$$

1.22 Вибір схеми розташування свердловини.

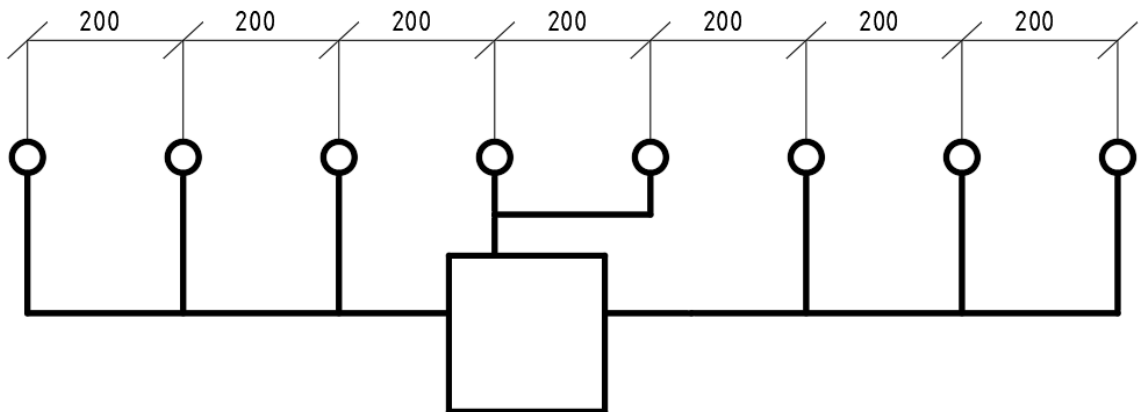


Рис.1.12 Схема розташування свердловин

Так як відстань між свердловинами 200м менше радіусу впливу 313.5 м, необхідно враховувати взаємодію колодязів.

Можливе пониження статичного рівня води з врахуванням взаємодії свердловини S_0 .

$$S_{\text{сумі}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{2\pi m K_{\phi}} [\ln R - 1/n(\ln r_0 + \ln r_1 + \dots + \ln r_n)]$$

$$S_{\text{сумі}} = \frac{Q_{\text{св}} * 3}{2\pi m K_{\phi}} [\ln R - 1/3(\ln r + 2\ln 200)]$$

$$S_{\text{сумі}} = \frac{3228.57 * 3}{2 * 3.14 * 28 * 20} [\ln 313.5 - 1/3(\ln 0.15 + 2\ln 200)] = 7.84 \text{ м}$$

1.23 Додаткове пониження ΔS_{ϕ} , яке забезпечує подолання опору при вході води із водоносного пласта через фільтр у колодязь.

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

де a – коефіцієнт, що враховує конструкцію фільтра,

F_{ϕ} – робоча площа фільтра, яка дорівнює

Підставляємо значення у формулу для перспективного періоду:

$$\Delta S_{\phi} = 0,01 \cdot 15 \cdot \sqrt{\frac{3228,57 \cdot 7,84}{20 * 16,32}} = 1,32 \text{ м.}$$

Витрати напору в щілині між заглибленим електродвигуном насоса і експлуатаційно обсадною колоною приймаємо $1\text{м.} = h_{\text{щ}}$

1.24 Мінімальна глибина занурення насоса у свердловину.

$$H_{\text{гЛН}} = z_{\text{СТ}} + S_0 + \Delta S_{\text{Ф}} + h_{\text{щ}} + H_{\text{Н}}$$

де S_0 - пониження статичного рівня з врахуванням взаємодії свердловин,

$\Delta S_{\text{Ф}}$ - втрати напору у фільтрі свердловини,

$h_{\text{щ}}$ - втрати напору в щілині між двигуном і стінками свердловини, приймаємо

$$h_{\text{щ}} = 1\text{ м},$$

$H_{\text{Н}}$ - підпір над фланцем насоса, визначаємо за паспортом насоса $H_{\text{Н}} = 1\text{ м}$.

$$H_{\text{гЛН}} = 34 + 7,84 + 1,32 + 1 + 1 = 45,16\text{ м}.$$

1.25 Схема збірних трубопроводів.

Приймаємо наступну схему збірних водоводів:

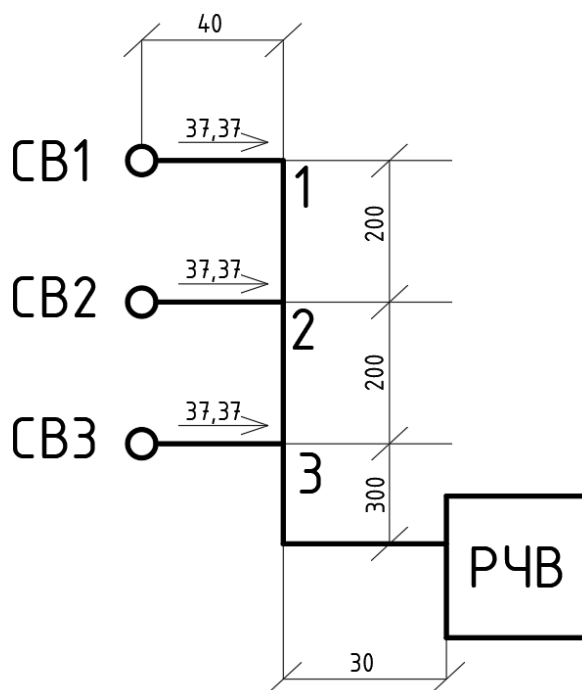


Рис. 1.13 Схема збірних трубопроводів

За розрахунковий вибираємо найгірший шлях

а) Визначення діаметру водопідйомних труб:

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

$$Q_{\text{СВ}} = 134,52 \text{ м}^3/\text{ГОД} = 37,37 \text{ л/с}, V_{\text{рек}} = 1,5 - 2 \text{ м/с}.$$

Приймаємо діаметр 150 мм і швидкість $v = 1,91 \text{ м/с}$, $1000i = 43,1 \text{ м/км}$

б) Визначення діаметрів напірного трубопроводу:

Ділянки Св.1-1, 1-2:

$$Q_{\text{св.1-2}} = 37,37 \text{ л/с}$$

За Таблицями Шевелева приймаємо діаметр 300 мм і швидкість 0,49 м/с, $1000i = 1,37$;

Ділянки 2-3:

$$Q_{2-3} = 37,37 \cdot 2 = 74,73 \text{ л/с},$$

Приймаємо діаметр 400 мм і швидкість 0,56 м/с, $1000i = 1,21$;

Ділянки 3-РЧВ:

$$Q_{3-РЧВ} = 37,37 \cdot 3 = 112,1 \text{ л/с},$$

Приймаємо діаметр 400 мм і швидкість 0,84 м/с, $1000i = 2,52$;

1.26 Побудова графіка сумісної роботи насоса і водовода.

Таблиця 1.20

Найменування труб діаметр(мм), довжина(м)	Втрати напору $h = 1,1 \cdot 1000i \cdot L$, м для $Q_{\text{св}}$, л/с				
	0	10	20	30	40
Водопідйомні $d=150$ мм, $L=46$ м	0	0,18	0,64	1,4	2,48
Напірний трубопровід Св1-1 $d=300$ мм, $L=40$ м	0	0,005	0,02	0,04	0,07
Магістраль 1-2 $d=300$ мм, $L=200$ м	0	0,02	0,1	0,2	0,34
Магістраль 2-3 $d=400$ мм, $L=200$ м	37,5	47,5	57,5	67,5	77,5
	0,07	0,11	0,16	0,22	0,28
Ділянка 3-РЧВ $d=400$ мм, $L=330$ м	75	85	95	105	115
	0,43	0,54	0,66	0,79	0,94
	0,5	0,855	1,58	2,65	4,11

б) Побудова залежності дебіту свердловини від пониження статичного рівня S :

Остаточний графік будується за результатами пробних відкачок. Попередньо будуємо теоретичну криву. Для напірної свердловини – це пряма лінія, яку будуємо за двома точками ($Q = 0, S = 0$; $Q_{персп} = 37,37 \text{ л/с}$, загальне пониження статичного рівня дорівнює $S = 10,16 \text{ м}$).

в) Графоаналітичний метод підбору насоса:

Обираємо остаточний насос SP 160-3.

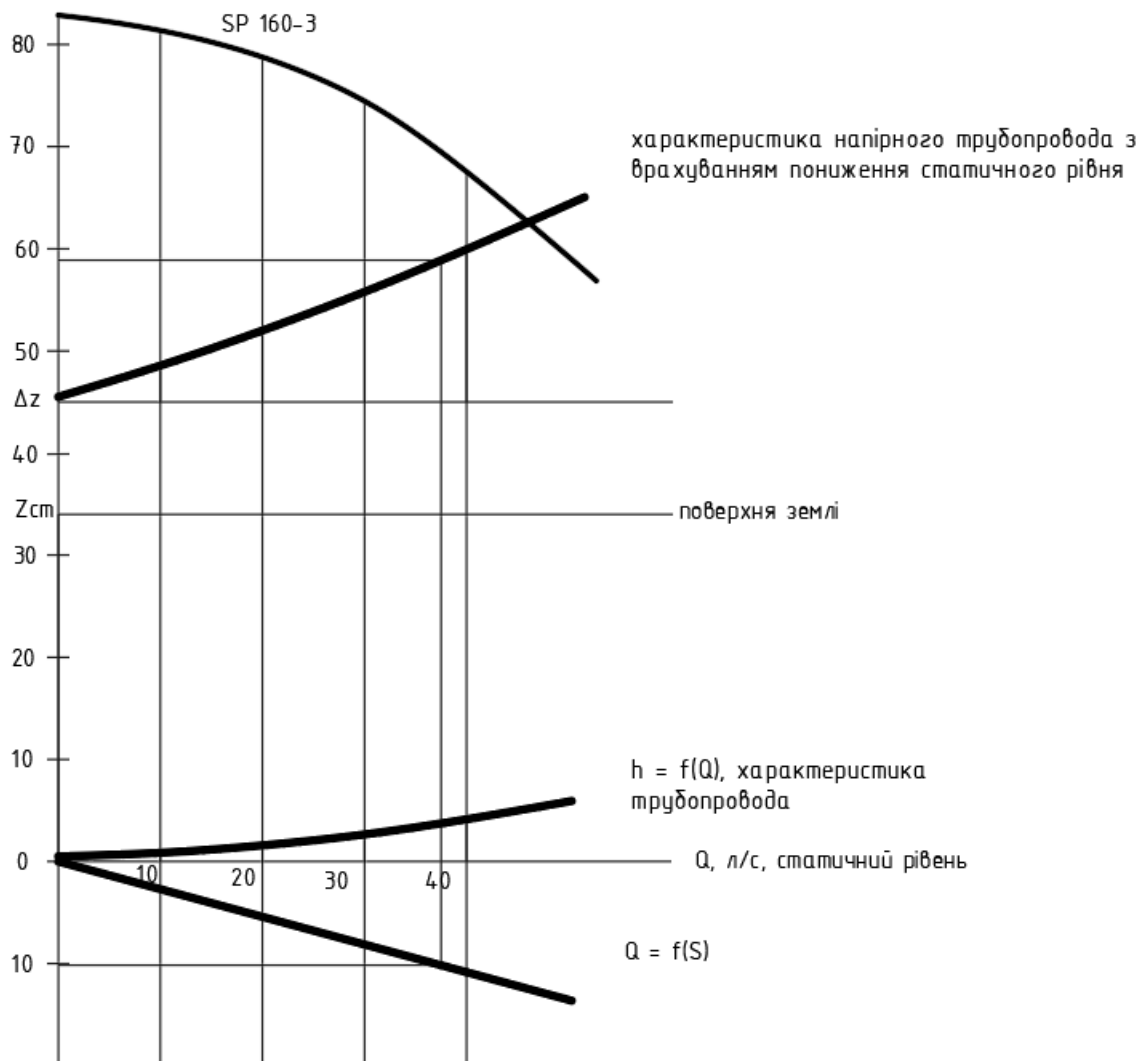


Рис. 1.14 Графік сумісної роботи насоса і водовода

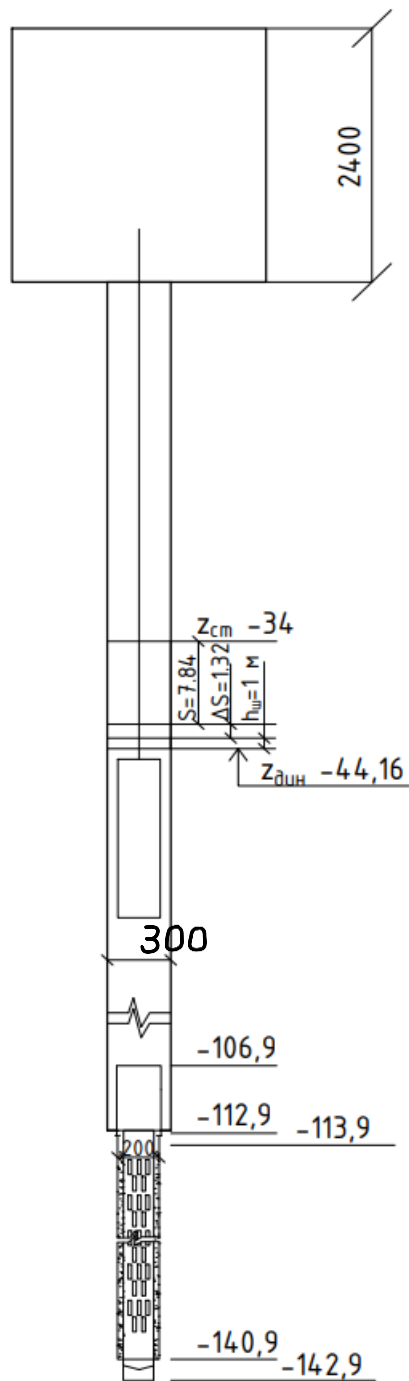


Рис. 1.15 Позначки конструктивних елементів свердловини

Водопровідні очисні споруди

1.27 Визначення витрати водоочисної станції

Витрата води на власні потреби водоочисної станції

$$Q_{\text{вл.п.}} = \frac{a}{100} Q_{\text{доб.мах}} = 340 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

де a – витрата води на власні потреби станції, приймаємо 2% [1],

$Q_{\text{доб.мах}}$ – витрата води, що подається споживачу у добу максимального водопостачання.

Водоочисні станції з витратою більше 5000 м³/доб розраховуються на рівномірну роботу на протязі доби.

$$Q_{\text{пож.дод}} = \frac{3,6 * n * q_{\text{пож}} * t_{\text{пож}}}{T_{\text{пож}}} * 24 =$$
$$3,6 * 3 * 40 * 3 * 24 / 24 = 1296 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

де $q_{\text{пож}}$ - витрата води на 1 пожежу, л/сек,

n – кількість одночасних пожеж у місті, приймаємо 3 [1, п. 6.2.2]

$t_{\text{пож}}$ - розрахункова тривалість пожежі, годин (приймається 3 години);

$T_{\text{пож}}$ – час відновлення пожежного запасу, 24 год.

Отже, знаходимо $Q_{\text{ос}}$ – повна витрата очисної станції:

$$Q_{\text{ос}} = 17000 + 340 + 1296 = 18636 \text{ м}^3/\text{доб}$$

1.28 Вибір технологічної схеми очистки води і складу споруд

Для вибору технологічної схеми очистки води складаємо таблицю.

Таблиця 1.21

Показник	Джерело води	Показник за ДержСанПіН	Одиниця виміру	Рекомендований технологічний процес
Каламутність	5	$\leq 1,5$ (для підземного джерела водопостачання)	мг/л	Коагулювання, обробка флокулянтами.
Залізо	0,58	$\leq 0,2$	мг/л	Знезалізнення
Жорсткість загальна	9,7	≤ 7	ммоль/л	Натрій – катіонітове пом'якшення
Окислювальність	5,8	5	мг/л	Окислення за допомогою хлору, озону, кисню чи ультрафіолетового випромінювання
Запах	0	≤ 2	бали	
Смак	0	≤ 2	бали	
Фтор	0,3	$\leq 1,5$	мг/л	
Колі індекс	0	≤ 3	штуки	

1.29 Фторування води

При вмісті у воді фтору менш $0,5 \text{ мг/дм}^3$ здійснюють фторування води. Так, як $0,3 < 0,5$, приймаємо фторування фторним натрієм. Дозу фторвмісного реагенту (товарного) визначають за формулою:

$$D_{\text{фт}} = (m_{\text{ф}} a_{\text{ф}} - (\Phi^-)) * (100 / K_{\text{ф}}) * (100 / C_{\text{ф}}) = (1 * 0,9 - 0,3) * (100 / 45) * (100 / 94) = 1,42$$

– доза фторвмісного реагенту (Na_2SiF_6)

де $m_{\text{ф}}$ - коефіцієнт, який враховує витрати фтору в залежності від місця вводу реагента (при введенні у чисту воду перед РЧВ $m=1$, при введенні перед швидкими фільтрами $m=1,1$); $a_{\text{ф}}$ – необхідна концентрація фтору в питній воді (приймається $0,7 \dots 1,5 \text{ мг/дм}^3$);

$$a = 0,2 \text{ мг/л}$$

(Φ^-) – вміст фтору у вихідній воді, мг/дм^3 ; $K_{\text{ф}}$ – вміст фтору в чистому реагенті,

%; $C\phi$ – вміст чистого реагенту в товарному продукті, %

1.30 Гіпохлорит натрію

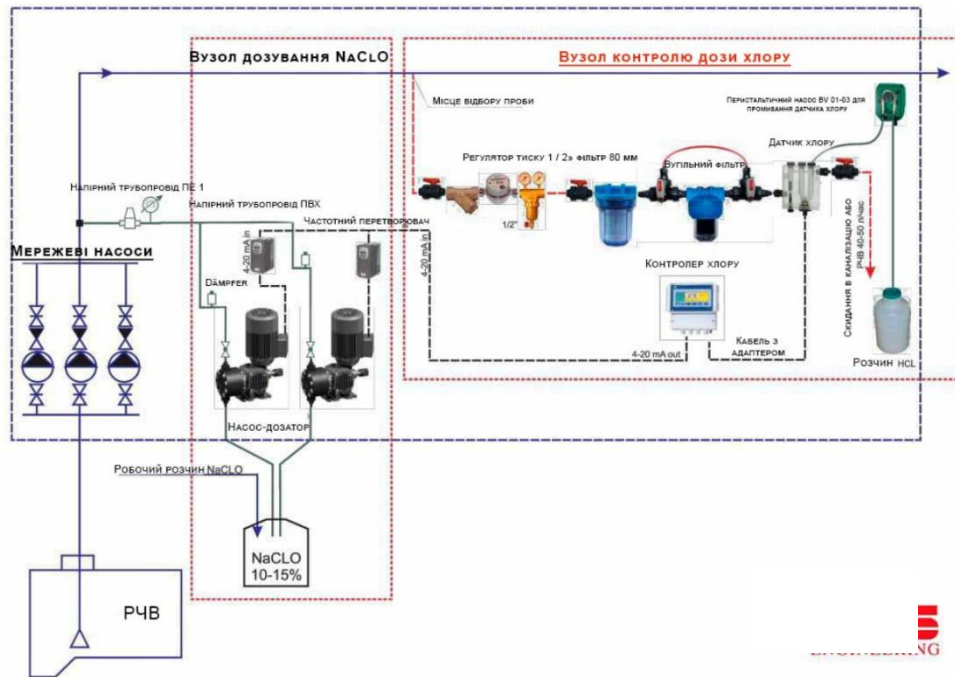


Рис. 1.16

Для знезараження мікроорганізмів, які містяться в стічних водах проводиться дезінфекція за допомогою спеціального обладнання – станцій приготування і дозування гіпохлориту.

Визначаємо годинну витрату хлора при попередньому $Q_{хл}^n$, і постхлоруванні (знезараженні) $Q_{хл}^{3H}$ води:

$$Q_{хл}^n (Q_{хл}^{3H}) = \frac{Q_{ос} D_{хл}^n (D_{хл}^n)}{24 \cdot 10^3}$$

Приймаємо $D_{хл}^n = 0,77$ мг/л , $D_{хл}^{3H} = 0,5$ мг/л .

$$Q_{хл}^{3H} = 18636 \cdot 0,5 / 24 \cdot 10^3 = 0,388 \text{ кг/год,}$$

$$Q_{хл}^n = 18636 \cdot 0,77 / 24 \cdot 10^3 = 0,598 \text{ кг/год}$$

Загальна витрата хлору $Q_{хл}$ складає

$$Q_{хл} = Q_{хл}^n + Q_{хл}^{3H} , \text{ кг/год ,}$$

$$Q_{хл} 0,388 + 0,598 = 0,986 \text{ кг/год.}$$

$$Q_{хл}^{доб} = 24 Q_{хл} , \text{ кг/доб}$$

$$Q_{хл}^{доб} = 24 \cdot 0,986 = 23,664 \text{ кг/доб}$$

За величиною $Q_{хл}$, підбираємо цифрові дозувальні насоси компанії Grundfos (на сайта самої компанії) для попереднього хлорування і для знезараження – DDC 15-4 AR-SS/T/SS-F-31AAFG 1 робочий і 1 резервний для хлорування і 1 робочий і 1 резервний для знезараження. Габаритні розміри 280x200x160

1.31 Розрахунок швидких фільтрів для знезалізнення

Загальну площу фільтрування F_{ϕ} визначають за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{ос}}{T_{ст} * v_n - n_{пр} * q_{пр} - (T_{пр} * v_n * n_{пр})}$$

де, $T_{ст}$ – тривалість роботи станції на протязі доби, (24 години);

v_n – розрахункова швидкість фільтрування за нормального режиму, м³/годину,

$n_{пр}$ – кількість промивок фільтра за добу (2...3); $q_{пр}$ – питома витрата води за одну промивку м³/м², $q_{пр} = q_{пр}^1 \cdot t \cdot 10^{-3}$

де, $q_{пр}^1$ – інтенсивність промивки, (14-16) л/с-м², $q_{пр} = 15 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 0,105$

t – тривалість промивки, с, визначаються за [1, табл.23].

$\tau_{пр}$ – час простою фільтра через промивку. Для фільтрів, що промиваються водою

приймається 0,33 години.

$$F_{\phi} = \frac{18636}{24 \cdot 8 - 3 \cdot 0,105 - (0,33 \cdot 8 \cdot 3)} = 101,41 \text{ м}^2$$

Мінімальна кількість фільтрів на станції – 4. При витраті станції більш ніж 8-10 тис. м³/добу кількість фільтрів N_{ϕ} визначають за формулою:

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{F_{\phi}}}{2} N_{\phi} = \frac{\sqrt{101,41}}{2} = 5,04 = 6 \text{ шт}$$

При цьому необхідно забезпечити співвідношення: $v_{\phi} = \frac{v_k \cdot N_{\phi}}{N_{\phi} - N_1} = \frac{8 \cdot 6}{6 - 1} = 9,6 \frac{\text{м}}{\text{год}}$

де, v_{ϕ} – швидкість фільтрування за форсованого режиму; N_1 – кількість фільтрів, що знаходяться у ремонті.

Виходячи з величини F_{ϕ} та N_{ϕ} приймається розмір одного фільтра (В, L) використовуючи типові розміри фільтрів, що наведені у додатку 5. Площа одного фільтра не повинна перевищувати 100-120 м².

Площа одного фільтра F^1 дорівнює:

$$F_{\phi}^1 = F_{\phi} / N_{\phi}$$

$$F_{\phi}^1 = \frac{101,41}{6} = 16,9 \text{ м}^2 ; \text{розміром (4,3x4,0)}$$

Розраховуємо витрату води $Q_{\text{пр}}$ необхідної для промивки одного фільтра

$$Q_{\text{пр}} = F_{\phi}^1 * q_{\text{пр}}^1 * 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$Q_{\text{пр}} = 16,9 * 15 * 10^{-3} = 0,25 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Визначаємо діаметр колектора d_k .

де v_k – швидкість руху води на початку колектора (0,8-1,2 м/с). За сортаментом трубопроводів підбирається найближчий до визначеної величини діаметр і робиться перевірка величини v_k :

$$v_k = \frac{4 \cdot Q_{\text{пр}}}{\pi \cdot d_k^2} = \frac{4 \cdot 0,25}{3,14 \cdot 0,6^2} = 0,88 \text{ м/с}$$

Загальна кількість відгалужень n_i на кожному фільтрі складає:

$$n_{\text{заг}}^{\text{відг}} = 2 * \frac{B}{m}, \text{ШТ}$$

де, m – відстань між відгалуженнями (0,25-0,35 м)

$$n_{\text{заг}}^{\text{відг}} = 2 * \frac{4,3}{0,3} = 29, \text{ШТ}$$

Визначаємо загальну площу (Σf_0) отворів у відгалуженнях, яка повинна складати 0,25...0,5) % від робочої площі фільтра F^1 .

$$\Sigma f_0 = (0,25 \dots 0,5) F^1 \cdot 10^{-2}, \text{ м}^2$$

$$\Sigma f_0 = 0,5 \cdot 16,9 \cdot 10^{-2} = 0,084 \text{ м}^2$$

Отвори розташовують у два ряди в шаховому порядку від кутом 45° до низу від вертикалі.

Діаметр отворів d_0 приймається 10...12 мм [1, п. 6.105], $d_0 = (10 \dots 12) \cdot 10^{-3}, \text{ м}$.

Площа одного отвору $f_0, \text{ м}^2$ складає:

$$f_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}, \text{ м}^2$$

$$f_0 = \frac{3,14 \cdot 0,01^2}{4} = 0,0000785 \text{ м}^2$$

Розраховуємо загальну кількість отворів n_0 для фільтра: $n_0 = \frac{0,084}{0,0000785} = 1071$

Кількість отворів n_0^i на одному відгалуженні:

$$n_0^{\text{відг}} = \frac{n_0}{n_0^{\text{відг}}}, \text{ ШТ}$$

$$n_0^{\text{відг}} = \frac{1071}{30} = 36 \text{ ШТ},$$

Довжина кожного відгалуження $l_i, \text{ м}$:

$$l_{\text{відг}} = \frac{L \times d_{\text{к}}^{\text{зовн}}}{2}, \text{ м}$$

$$l_{\text{відг}} = \frac{4,0 \times 0,35}{2} = 0,7 \text{ м}$$

Крок осі отворів $l_0, \text{ мм}$ буде складати :

$$l_0 = \frac{l_{\text{відг}}}{n_0} \times 10^3, \text{ мм}$$

$$l_0 = \frac{0,7}{36} \times 10^3 = 19,44 \text{ мм}$$

Для збирання і відведення промивної води з фільтрів передбачаються жолоби. Відстань між осями сусідніх жолобів l не повинна перевищувати 2,2 м.

Схема розташування жолобів залежить від площі фільтра. Розраховуємо витрату води q_m , що припадає на один жолоб

$$q_{\text{ж}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{n_{\text{ж}}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

$$q_{\text{ж}} = \frac{0,25}{3} = 0,083 \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

K_m коефіцієнт, який залежить від форми жолоба.

$$B_m = K_m \sqrt[5]{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1,57 + a_{\text{ж}})^3}}, \text{ м}$$

$$B_m = K_m \sqrt[5]{\frac{0,083^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 0,43 \text{ м}$$

Таким чином, прямокутна частина жолоба дорівнює:

$$h_m = (1 \dots 1,25)B_m = 1,25 \cdot 0,43 = 0,538 \text{ м}$$

Конструктивна висота: $h_m^k = h_m + 0,08 = 0,618 \text{ м}$

Визначаємо відстань H_m від поверхні фільтруючого завантаження до кромки жолоба.

$$H_{\text{ж}} = \frac{H_3 \times a_3}{100} + 0,3, \text{ м}$$

$$H_{\text{ж}} = \frac{1,3 \times 50}{100} + 0,3 = 0,95, \text{ м}$$

Рівень води в каналі з урахування підпора, що утворюється трубопроводом, який відводить промивну воду, повинен бути на 0,2 м нижчим від дна жолоба. Це враховує формула для розрахунку $H_{\text{кан}}$ від дна жолоба до дна каналу.

$$H_{\text{кан}} = 1,73 \sqrt[3]{\frac{q_{\text{кан}}^2}{g \times B_{\text{кан}}^2}} + 0,2, \text{ м}$$

де $q_{\text{кан}}$ – витрата води в каналі, $q_{\text{кан}} = Q_{\text{пр}} = q_m \cdot n_m \text{ м}^3/\text{с}$,

$$q_{\text{кан}} = 0,25 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$B_{\text{кан}}$ – ширина каналу, м ($B_{\text{кан}} = 0,7 \text{ м}$); $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

Швидкість руху води в кінці каналу $v_{\text{кан}}$ визначається з урахування того, що рівень води в каналі повинен бути на 0,2 м нижче дна жолоба:

$$v_{\text{кан}} = \frac{q_{\text{кан}}}{B_{\text{кан}} \times (H_{\text{кан}} - 0,2)}, \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_{\text{кан}} = \frac{0,25}{0,7 \times (0,65 - 0,2)} = 0,85, \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Розраховуємо втрати напору за промивку фільтра, які складаються з таких величин:

а) втрати напору в отворах труб розподільчої системи

$$h_{\text{р.с}} = \left(\frac{2,2}{a} + 1\right) \frac{v_K^2}{2g} + \frac{v_{\text{відг}}^2}{2g}, \text{ м}$$

$$h_{\text{р.с}} = \left(\frac{2,2}{0,3} + 1\right) \frac{0,7^2}{2 \times 9,81} + \frac{2^2}{2 \times 9,81} = 0,41 \text{ м}$$

де a - відношення загальної площі ($\sum f_o$) всіх отворів у розподільчій системі до площі перерізу колектора:

$$f_{\text{пер.к}} = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,6^2}{4} = 0,28 \text{ м}^2,$$

$$a = \frac{\sum f_o}{f_{\text{н.кол}}} = \frac{0,084}{0,28} = 0,3$$

б) втрати напору в фільтруючому шарі $h_{\text{ф.ш.}}$ визначаються за формулою

$$h_{\phi,ш} = \frac{\rho_3 - \rho_6}{\rho_6} (1 - n_0) \times H_0, \text{ м}$$

де ρ_3, ρ_6 - густина відповідно зернистого фільтруючого матеріалу і води, г/см³; n_0 - пористість фільтруючого шару до розширення; H_0 - висота фільтруючого шару до розширення, м.

Втрати напору у фільтрі $h_{\phi,ш}$ розраховуються для кожного шару

$$h_{\phi,ш} = h_{\phi}^n + h_{\phi}^{ан} \cdot \text{м}$$

де h_{ϕ}^n і $h_{\phi}^{ан}$ - втрати напору відповідно у шарі кварцевого піску і подрібненого керамзиту, м.

$$h_{\phi,ш} = \frac{2,6-1}{1} (1 - 0,38) * 0,7 * \frac{1,7-1}{1} (1-0,52) * 0,5 = 0,86 \text{ м}$$

в) втрати напору в підтримуючому гравійному шарі висотою $h_{\Pi} = 0,049$ м;

г) втрати напору в трубопроводі, який подає промивну воду у колектор розподільчої системи:

$$h_{\text{пр}} = i * l \cdot \text{м}$$

де l - загальна довжина трубопроводу, м, i - гідравлічний ухил.

За витрати води на промивку $Q_{\text{пр}}$ і швидкості руху води у трубопровід 1,5...2 м/с [1, п. 6.117] розраховуємо діаметр трубопроводу $d_{\text{пр}}$. Для цих величин визначають величину i , за якою обчислюємо $h_{\text{пр}}$.

$$d_{\text{про}} = \sqrt{\frac{4 * Q_{\text{пр}}}{\pi * v_{\text{пр}}}} = \sqrt{\frac{4 * 0,25}{3,14 * 1,8}} = 0,42,$$

приймаємо $d_{\text{про,м}} = 500$ мм. За табл. Шевелевих $1000i = 9,25$; $v = 1,91$ м/с.

$$h_{\text{пр}} = 9,25 * 0,3 = 2,77 \text{ м.}$$

д) втрати напору на місцевій опір $h_{\text{м.о.}}$ у фасонних частинах і арматурі

$$h_{\text{м,о}} = \sum \zeta \frac{v^2}{2 * g} = 0,49 \text{ м}$$

Коефіцієнти місцевого опору складають: $\zeta = 0,984$ для коліна, $\zeta = 0,26$ для засувки, $\zeta = 0,5$ для входу в смоктуючу трубу і $\zeta = 0,92$ для трійника.

$$h_{\text{м,о}} = \sum 2,664 \frac{1,91^2}{2 * 9,81} = 0,49 \text{ м}$$

Таким чином, загальна величина втрат напору h при промивці швидкофільтра складає:

$$h = h_{p.c} + h_{ф.ш.} + h_{н.ш.} + h_{mp} + h_{м.о.}, \text{ м}$$

$$h = 0,48 + 0,86 + 0,049 + 2,77 + 0,49 = 4,65 = 5 \text{ м.}$$

Вода на промивку подається насосами. В залежності від числа фільтрів на станції промивні системи повинні бути розраховані на промивку одного або декількох фільтрів одночасно.

1.32 Розрахунок резервуара-усереднювача

Витрати води на промивку фільтра знаходимо за формулою:

$$P = \frac{wft_1 60 N}{Q_{год} T_p 1000} * 100\%$$

T_p – час роботи освітлювачів між двома промивками, год

$$T_p = T_0 - (t_1 + t_2 + t_3),$$

$$T_p = 12 - (0,1 + 0,33 + 0,17) = 11,4 \text{ год.}$$

$$P = \frac{18 * 36 * 6 * 60 * 8}{776,5 * 11,4 * 1000} * 100 = 21,08 \text{ год}$$

Витрати води на промивку освітлювача з вище розрахованого дорівнює

$$0,648 \text{ м}^3/\text{с} = 2333 \text{ м}^3/\text{год}$$

Витрата води на одну промивку освітлювача на протязі 8 хв.:

$$q = \frac{fwt_1}{1000} = \frac{36 * 18 * 8 * 60}{1000} = 311 - \text{ площа освітлювача}$$

ω – інтенсивність промивки, $[\text{л}/\text{с} \cdot \text{м}^2]$, [1, табл. 23];

Місткість резервуара-усереднювача з двох відділень приймаємо 324 м³.

Розміри резервуара-усереднювача приймаємо: 9 х 9 х 4 м.

Об'єм зони накопичення та ущільнення осаду:

$$W_{з.н.} = \frac{Q_{год} (C_{cp} - m)}{N \cdot \delta} \cdot T$$

$$W_{з.н.} = (776,5 * (50,9 - 8) / 2 * 18636) * 24 = 21,45 \text{ м}^3$$

1.33 Розрахунок пісковловлювачів

Для затримання піску перед резервуаром-усереднювачем встановлюється тангенціальна пісколовка. Площа тангенціальної пісколовки:

$$F = \frac{Q}{n \cdot q_0}$$

$$F = 38,87/2 \cdot 2 = 9,7 \text{ м}^2$$

Приймаємо пісколовку з чотирма відділеннями діаметром 2,5 м. Видалення осаду з пісколовки відбувається періодично за допомогою гідроелеватора.

1.34 Розрахунок відстійників промивної води

Об'єм відстійника промивної води при двох годинах відстоювання та рівномірній подачі води складає:

$$V_{om} = q_1 \cdot t = 245 \cdot 2 = 490 \text{ м}^3$$

Приймаємо відстійник $H=2,5$, $L=25$, $B=8$ м загальний об'єм відстійника – $W_p=500 \text{ м}^3$. Витрата освітленої води –

$$q_2 = 0,75 \cdot 245 = 188,8 \text{ м}^3/\text{Год}$$

витрата осаду $q_3 = 0,25 \cdot 245 = 61,3 \text{ м}^3/\text{Год}$

При $C_{сер} = 50,9$ мг/л та об'ємі зони накопичення та ущільнення осаду $W_{з.н} = 21,45 \text{ м}^3$ витрата води, що витрачається під час видалення осаду з відстійника

$$q_n = \frac{K_p \cdot W}{24 \cdot Q_{oc} \cdot T} \cdot 100\%$$

складає:

$$q_n = (1,3 \cdot 72 / 24 \cdot 776,5 \cdot 24) \cdot 100 = 0,02\%$$

де K_p – коефіцієнт розбавлення осаду (1,3); T – час дії відстійника між очистками, діб.

1.35 Розрахунок згущувачів

Визначаємо об'єм згущувача:

$$W = 1,3 \cdot E \cdot W_{oc} = 1,3 \cdot 1,2 \cdot 26,85 = 41,89 \text{ м}^3$$

де E – коефіцієнт розбавлення осаду при випуску із споруд підготовки води, $E = 1,2$; $W_{oc.ч.}$ – об'єм осадової частини споруди підготовки води, $[\text{м}^3]$.

$$W_{\text{ос.ч.}} = T_p \frac{N_p \cdot \delta}{Q_{\text{год}} \cdot (C_s - M_{\text{ос}})}$$

$$W_{\text{ос}} = 24 \cdot 2 \cdot 18636 / 776,5 \cdot ((50,9 - 8)) = 26,85 \text{ м}^3$$

Приймаємо 2 вертикальні згущувача $D=4\text{м}$, висота циліндричної частини $2,1\text{м}$, конічної $1,8\text{м}$.

1.36 Розрахунок фільтр-преса

Як зневоджувальне устаткування приймаємо прес-фільтр.

$$\text{Площа прес-фільтру: } F = \frac{P}{q_0}$$

де P – кількість осаду, кг/год; $P = Q \cdot C$; Q – годинна витрата, $\text{м}^3/\text{год}$; C – концентрація завислих речовин, що надходить на очисні споруди, $\text{кг}/\text{м}^3$ q_0 – питома навантаження на фільтр-прес ($50 - 10 \text{ кг}/\text{м}^2\text{год}$)

$$P = 776,5 \cdot 0,2 = 155,3 \text{ кг/год}$$

$$F = P/q_0 = 15,53 \text{ м}$$

$n = 1$ шт. Приймаємо 1 робочих і 1 резервний фільтр-прес ФПАКМ – 25. Для збирання осаду використовується бункер, вивіз осаду до місця складування здійснюється автосамоскидами.

1.37 Розрахунок башти промивної води

Об'єм промивного бака повинен забезпечувати 2 промивки контактних освітлювачів:

$$W = 2 \cdot Q \cdot t = 2 \cdot 2 \cdot 776,5 \cdot 60 = 93,98 \cong 94 \text{ м}^3$$

Відмітка низу башти для зберігання промивної води:

$$h_6 = h_{\text{рв}} + h_{\text{вн}} = 2,80 + 3,94 = 6,74 \text{ (м)}$$

$h_{\text{р.в.}}$ – позначка рівня води освітлювача, [м]; $h_{\text{в.н.}}$ – втрати напору при промивці освітлювача, [м].

Насосна станція II підйому

1.38 Підбір насосного обладнання

Розрахунок ординат графіка погодинного притоку води до насосної станції при $Q_{д.маx}=1200\text{м}^3$, коефіцієнт часової нерівномірності $K_ч=2$

Таблиця 1.22

Погодинне водоспоживання

Години доби	Q год, м ³ /год	Q, л/с
0-1	562,46	156,24
1-2	552,18	153,38
2-3	516,90	143,58
3-4	520,82	144,67
4-5	630,16	175,04
5-6	599,89	166,64
6-7	546,78	151,88
7-8	628,67	174,63
8-9	900,43	250,12
9-10	918,23	255,06
10-11	879,03	244,17
11-12	871,19	242,00
12-13	776,66	215,74
13-14	760,98	211,38
14-15	794,09	220,58
15-16	811,51	225,42
16-17	723,56	200,99
17-18	657,09	182,53
18-19	647,51	179,86
19-20	614,40	170,67
20-21	589,14	163,65
21-22	538,61	149,61
22-23	599,56	166,54
23-24	623,72	173,26
Всього	16263,37	4517,60

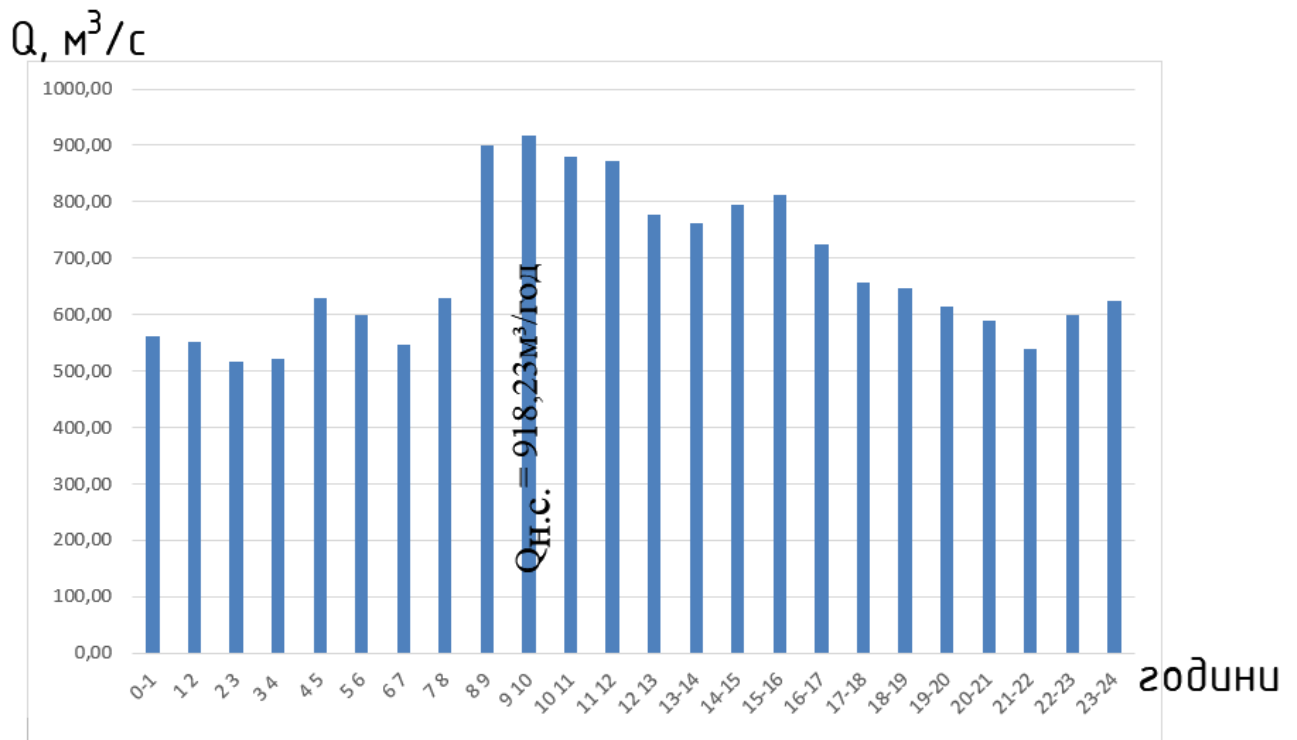


Рис.1.17 Погодинний графік водоспоживання міста і подачі насосної станції

При безбаштовій схемі розрахункова максимальна подача насосної станції дорівнює максимальній погодинній витраті:

$$Q_{н.с.} = q_{погод.маx}$$

$$Q_{н.с.} = 918,23 \text{ м}^3/\text{год} = 255,06 \text{ л/с}$$

Витрату напірного водоводу $Q_{н.в.}$, визначаємо за формулою:

$$Q_{н.в.} = \frac{Q_{н.с.}}{n}$$

де n – кількість напірних водоводів, $n=2$.

$$Q_{н.в.} = \frac{255,06}{2} = 127,53 \text{ л/с}$$

По таблицях Шевелевих в залежності від $Q_{н.в.}$, приймаємо труби чавунні, діаметром $d=350$ мм визначаємо $1000i$ та v : $1000i = 7,15$ м/км; $v = 1,31$ м/с.

Визначення втрати напору в напірному водоводі за формулою:

$$h_{н.в.} = (1,05 \dots 1,1) * 1000i * L_{н.в.}$$

де $1000i$ – втрати напору на 1 км трубопроводу в метрах водяного стовпа;

$L_{н.в.}$ – довжина напірного водоводу, км.

$$h_{н.в.} = 1,1 * 7,15 * 2,0 = 15,73 \text{ м}$$

Необхідний напір насосної станції для без баштової системи визначається сумою величин:

$$H_{н.с.} = H_{г\text{е}o} + \Sigma h;$$

де $H_{г\text{е}o}$ – статичний напір;

Σh сума втрат, визначається за формулою:

$$\Sigma h = h_{у.в.} + h_{н.с.} + h_{вдв} + h_{н.в.} + h_{м}$$

де $h_{у.в.}$ – втрати у всмоктуючих водоводах, у першому наближенні приймаємо 0,5 м;

$h_{н.с.}$ – втрати насосної станції, у першому наближенні приймаємо 2 м;

$h_{вдв}$ – втрати на водомірі, у першому наближенні приймаємо 1 м;

$h_{н.в.}$ – втрати напіру в напірному водоводі;

$h_{м}$ – втрати в мережі при подачі максимальної витрати, $h_{м} = 20,33$ м.

$$\Sigma h = 0,5 + 2 + 1 + 15,73 + 20,33 = 39,56 \text{ м};$$

Значення статичного напіру визначається за формулою

$$H_{г\text{е}o} = \downarrow ДТ + H_{в\text{і}л}^r - \downarrow ПЗ;$$

де $\downarrow ДТ$ – відмітка землі в диктуючій точці, $\downarrow ДТ = 119,5$ м;

$H_{в\text{і}л}^r$ – гарантований напір, $H_{в\text{і}л}^r = 22$ м;

$\downarrow ПЗ$ – відмітка землі у насосної станції, $\downarrow ПЗ = 123$ м.

$$H_{г\text{е}o} = 119,5 + 22 - 123 = 18,5 \text{ м};$$

Необхідний напір:

$$H_{н.с.} = 18,5 + 39,56 = 58,06 \text{ м};$$

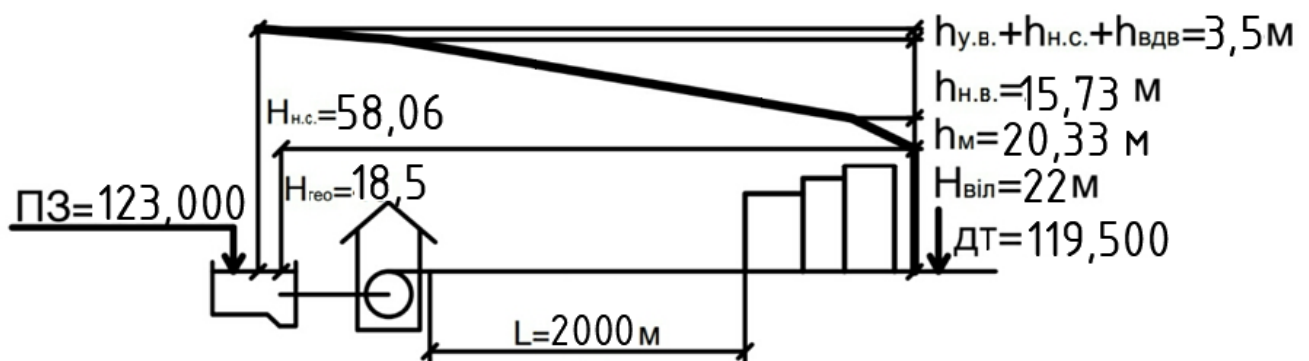


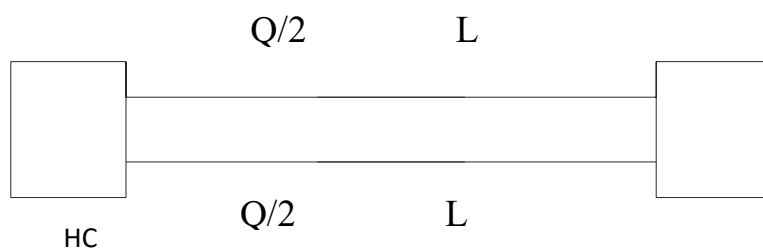
Рис. 1.18 Висотна схема

1.39 Розрахунок характеристик напірних трубопроводів

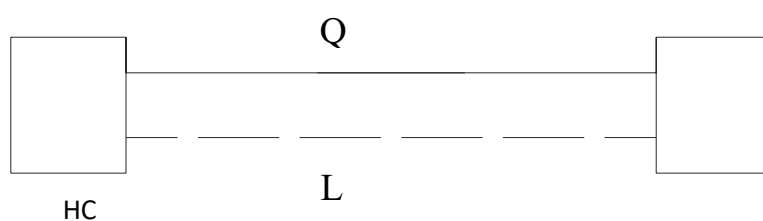
Таблиця 1.23

№ п/п	Напори	Витрати, м ³ /год				
		0	303,02	459,12	918,23	1010,05
		Відношення Q/Q _{н.с.}				
		0	0,33	0,5	1	1,1
Два водовода						
1	H _{geo}	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
2	h _{у.в.}	0	0,05	0,13	0,5	0,61
3	h _{н.с.}	0	0,2	0,5	2,0	2,42
4	h _{вдв}	0	0,1	0,25	1,0	1,21
5	h _{н.в.}	0	1,57	3,93	15,73	19,03
6	h _м	0	2,03	5,08	20,33	24,6
7	H _{2d}	18,5	22,46	28,39	58,06	66,37
Один водовод						
8	H _{geo}	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
9	h _{у.в.}	0	0,05	0,13	0,5	0,61
10	h _{н.с.}	0	0,2	0,5	2,0	2,42
11	h _{вдв}	0	0,1	0,25	1,0	1,21
12	h _{н.в.}	0	6,25	15,62	62,48	75,6
13	h _м	0	2,03	5,08	20,33	24,6
14	H _d	18,5	27,1	40,08	104,81	122,94
Два водовода. Одна перемичка. Аварія						
15	H _{geo}	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
16	h _{у.в.}	0	0,05	0,13	0,5	0,61
17	h _{н.с.}	0	0,2	0,5	2,0	2,42
18	h _{вдв}	0	0,1	0,25	1,0	1,21
19	h _{н.в.}	0	3,91	9,78	39,11	47,32
20	h _м	0	2,03	5,08	20,33	24,6
21	H _d	18,5	24,79	34,24	81,44	94,66

Два водовода



Один водовод



Два водовода, одна перемичка, аварія

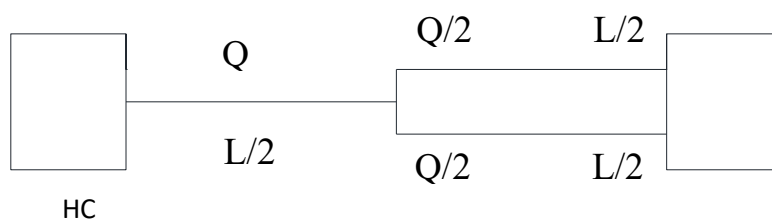


Рис. 1.19 Схеми роботи водоводів

Вибір насосів

Вибір насосів виконується за сводними графіками, в залежності від необхідних розрахункових напорів і подач насосів $Q = 918,23 \text{ м}^3/\text{год} = 255,06 \text{ л/с}$ $H = 58,06 \text{ м}$.

- при 2 насосах $Q = (918,23 * 1,05) / 2 = 482,1 \text{ м}^3/\text{год}$
- при 3 насосах $Q = (918,23 * 1,05) / 3 = 321,4 \text{ м}^3/\text{год}$
- при 4 насосах $Q = (918,23 * 1,05) / 4 = 241 \text{ м}^3/\text{год}$

Варіанти для вибору насосів

Вар.	Марка насоса	n_n	η	P1	P2	NPSH
a	NB 125-400/432 AAF2AESBAQEUV3	3	0,78	203,8	195,9	3,39
b	NB 150-400/416 AAF1AESBAQE1W3	2	0,86	183,1	176,5	4,71
c	NB 125-400/414 AAF2AESBAQEUW3	4	0,72	211,3	200,2	2,42

Посилання:

Варіант а <https://product-selection.grundfos.com/ua/configured-variant?pumpsystemid=2231808559&tab=variant-sizing-results>

Варіант b <https://product-selection.grundfos.com/ua/configured-variant?pumpsystemid=2231904771&tab=variant-sizing-results>

Варіант c <https://product-selection.grundfos.com/ua/configured-variant?pumpsystemid=2231909777&tab=variant-sizing-results>

З таблиці за більшим ККД, кращими показниками P1 та P2, приймаємо насос варіант «b» NB 150-400/416 AAF1AESBAQE1W3 .

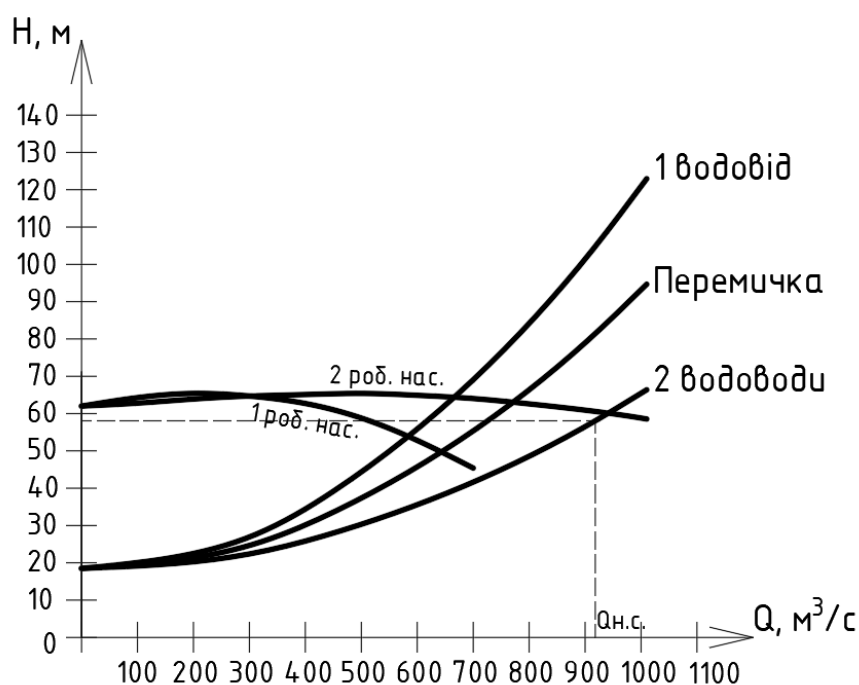


Рис 1.20 Графік витрати на напір у робочих насосів

Таблиця 1.25

Розрахунок характеристик напірних водоводів

№ п/п	Напори	Витрати, м ³ /год				
		0	362,41	549,12	1098,22	1208,04
		Відношення Q/Q _{н.с.}				
		0	0,33	0,5	1	1,1
Два водовода						
1	H _{geo}	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
2	h _{у.в.}	0	0,05	0,125	0,5	0,605
3	h _{н.с.}	0	0,2	0,5	2,0	2,42
4	h _{в.дв}	0	0,1	0,25	1,0	1,21
5	h _{н.в.}	0	2,22	5,56	22,22	26,89
6	h _м	0	3,75	9,38	37,51	45,39
7	H _{2d}	7,9	14,22	23,72	71,13	84,42

Вибір насосів

Вибір насосів виконується за сводними графіками, в залежності від необхідних розрахункових напорів і подач насосів $Q = 1098,22 \text{ м}^3/\text{год} = 305,06 \text{ л/с}$

$H = 71,13 \text{ м.}$

Таблиця 1.26

Варіанти для вибору насосів

Вар.	Марка насоса	n _н	η	P1	P2	NPSH
а	NK 200-500/468 AA1F1SBESBQQEYW3	2	0.79	309,4	296,5	4,97

Посилання на насоси:

<https://product-selection.grundfos.com/ua/products/nk-nke-nke-series-2000-nk-bare-shaft/nk/nk-200-500468-92998077?pumpsystemid=2301190817&tab=variant-sizing-results>

2 робочих + 2 резервних+ 1 пожежний+ резервний

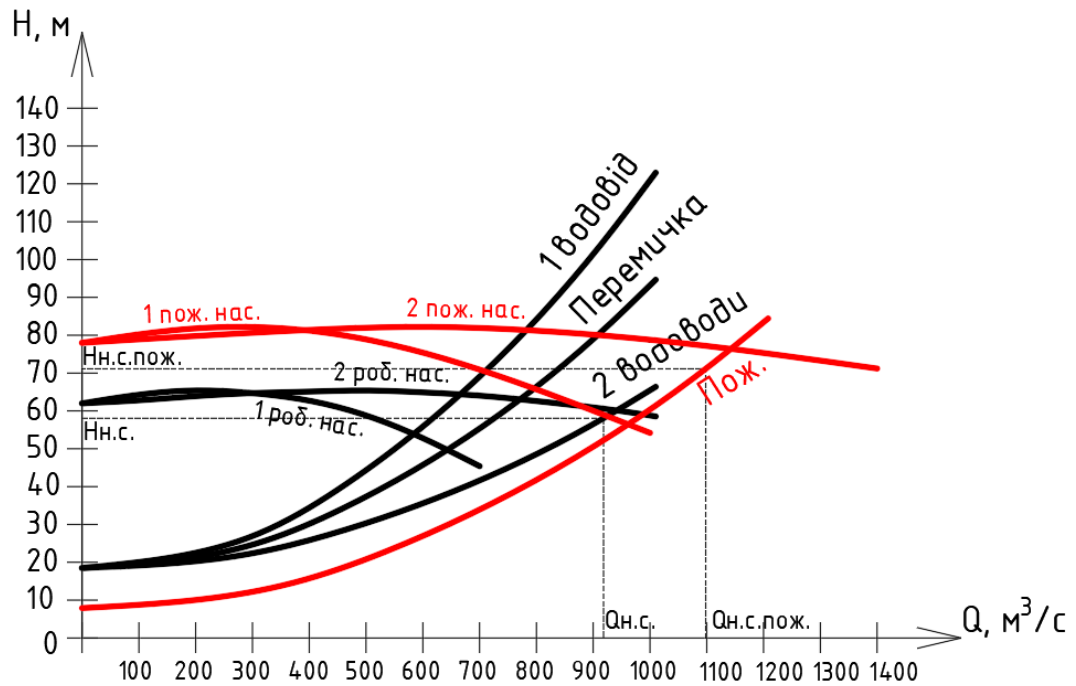


Рис 1.20 Графік витрати на напору робочих та пожежних насосів

В обладнанні вага 2080 кг висота 1185 мм

Вантажопідйомність 2,5 т

Розміри автомобіля, мм:

- довжина 5725
- ширина 2250
- висота 2130

Розміри платформи, мм:

- довжина 3070
- ширина 2070
- висота (навантажувальна) 1200

Мінімальні розміри монтажного майданчика, мм:

- довжина 3770
- ширина 3470

$$N_{\text{верх}}=1,2+0,5+1,185+0,5+1,635+0,1=5,12$$

Приймаємо 5,4 м.

1.40 Підбір трансформаторів

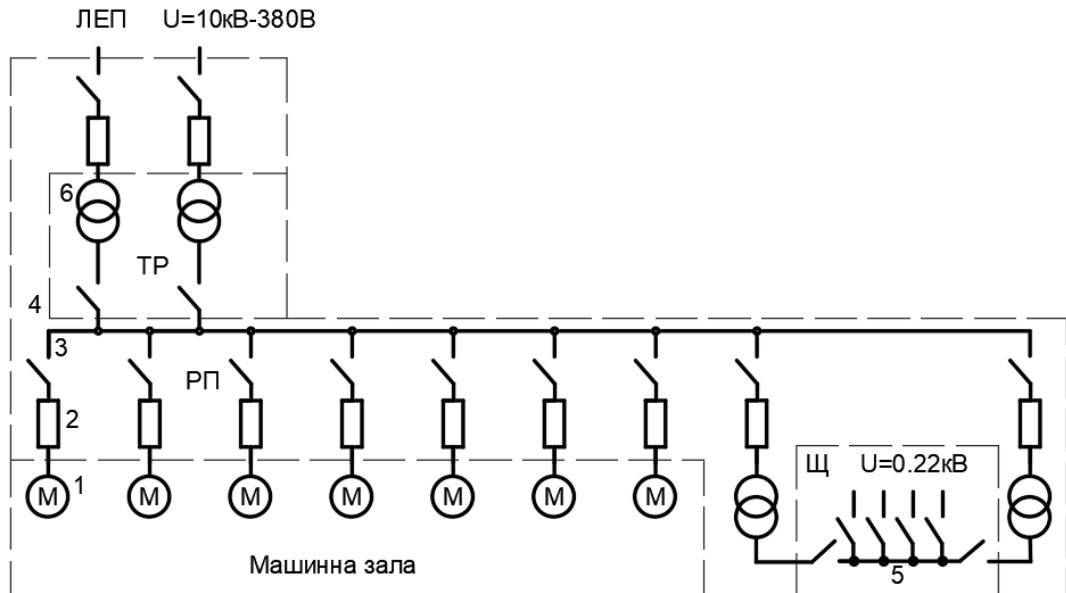


Рис 1.21 Схема електричного з'єднання насосних станцій

Схема можливого електричного з'єднання насосних станцій:

1 – електродвигун насосу; 2 – масляний вимикач; 3 – роз'єднувач; 4 – шини низької напруги; 5 – щит низької напруги; 6 – силовий трансформатор; РП – приміщення розподільчих пристроїв; Тр – камери трансформаторів; Щ – щитове приміщення

Необхідна потужність трансформаторів:

$$S = k_0 \sum \frac{P_n}{\eta_{\text{дв}} \cos \varphi} + (10 \dots 50),$$

$$S = 1 \frac{259}{0.96 * 0.85} + 30 = 337 \text{ kV} * \text{A} \quad 0,96 = \text{П2/П1}$$

Приймаємо до установки два трансформатора, знижуючих напругу від 10 до 0,38 кВ потужністю 250 кВ * А. При поломці одного з них перевантаження другого буде становити $337/250=1,348$, що відповідає нормам (20-40% номінальної потужності).

Потужність Трансформатора, кВ·А	Висота, м	Катання вузької сторони	
		Глибина камери А, м	Ширина камери В, м
160 – 250	3,6	3	2,

Приймаємо навантаження від допоміжного обладнання, опалювальних і освітлювальних приладів 30 кВт, для нього приймаємо два трансформатори по 50 кВ*А

1.41 Підбір додаткового насосного обладнання

Подачу дренажних установок визначаємо:

$$Q_d = (1,5 \dots 2,0) \cdot (\sum q_1 + q_2),$$

$$Q_d = 1,5 * (0,1 * 7+) = 1,455 \text{ м/с}$$

$$q_2 = 1.5 + 0.001 * 180 = 1,68$$

1.42 Підбір дренажного насосу

Отримавши необхідну кількість подачі води дренажних насосів=1,5м/с та знаючі необхідний напір 3м заглиблення+ 2 м запасу підбираємо за графіком насос

Приймаємо дренажний насос: КРС 600 А

<https://product-selection.grundfos.com/ua/products/kpc/kpc-600-a-98851054?pumpsystemid=2347261822&tab=variant-curves>

1.43 Підбір осушувального насосу

Отримавши продуктивність аварійного насосу $Q_{ан} = 15\text{м}^3/\text{год}$ с та знаючі необхідний напір 3м заглиблення+ 2 м запасу підбираємо за графіком насос

Приймаємо осушувальний насос: AP50.50.11.3.V

<https://product-selection.grundfos.com/ua/products/ap/ap50/ap5050-92543558?pumpsystemid=2347270877&tab=variant-curves>

Розділ 2. ОЧИСТКА ВОДИ ВІД ІОНІВ КАЛЬЦІЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ CRYSTALACTOR



Рис. 2.1 Застосування Crystalactor на підприємстві

Для зниження рівня жорсткості води у даному проєкті передбачено використання методу кристалакції, реалізованого у спеціальному апараті — кристалакторі. Ця технологія належить до хімічних методів пом'якшення води, і базується на контрольованому осадженні солей жорсткості (насамперед іонів кальцію) у вигляді малорозчинних сполук, з їх подальшою кристалізацією на зернистому носії.

2.1 Технологія схеми очистки води Crystalactor

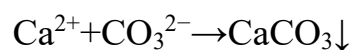
Метод кристалакції передбачає переведення розчинених у воді іонів кальцію (Ca^{2+}) у нерозчинний стан шляхом додавання лужних реагентів (наприклад, карбонату натрію Na_2CO_3). У результаті хімічної реакції утворюється карбонат кальцію (CaCO_3), який не залишається у вигляді завислого осаду, а вибірково відкладається на поверхні циркулюючого зернистого носія, що знаходиться у реакторі в псевдозрідженому стані.

Основні етапи процесу:

1. Жорстка вода подається до нижньої частини кристалактора.

2. Одночасно додається реагент, що забезпечує створення умов для осадження іонів кальцію.

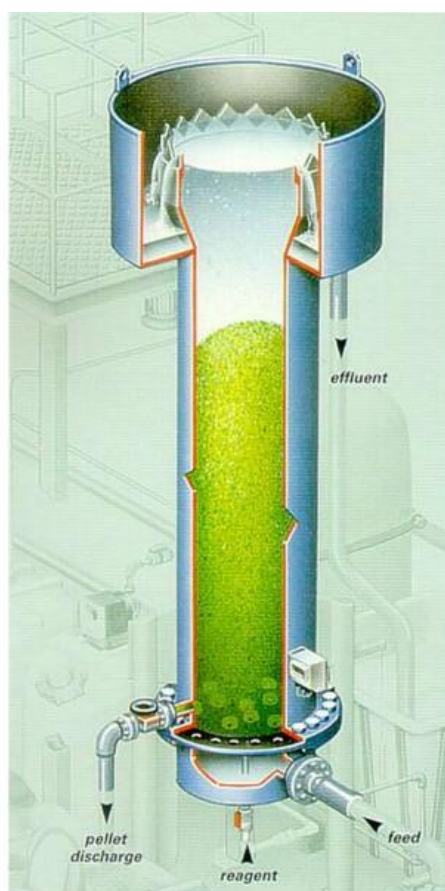
3. В результаті відбувається хімічна реакція:



Утворений осад карбонату кальцію не накопичується у шламоосаджувачах, а осідає на гранулах-носіях (наприклад, пісок або полімерні кульки), які безперервно циркулюють у реакторі.

4. Гранули зростають у розмірах, після чого автоматично виводяться з реактора для регенерації або утилізації.

5. Пом'якшена вода відводиться з верхньої частини апарата.



Розділ 3. ВНУТРІШНЄ САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ БУДІВЛІ

3.1. Технічна характеристика об'єкта

Таблиця 3.1

№	Параметри об'єкту будівництва (Вб)	Значення	Примітка
1	Типовий поверх	4	
2	Кількість поверхів	12	
3	Висота поверху	2,8	
4	Варіант генплану	4(1)	
5	Кількість мешканців у домах:		
	1	240	
	2	470	
	3	360	
	4	-	
	5	100	
	6	400	
7	-		
6	Гарантований напір у міській водопровідній мережі, м	33	
7	Глибина залягання міського водопроводу, м	2,1	
8	Глибина залягання міської каналізації, м	3,8	
9	Наявність підвалу	Ні	
10	Наявність технічного підпілля	Так	
11	Висота технічного підпілля	1,9	
12	Готування гарячої води : швидкісний водонагрівач	Так	
13	Наявність дощової каналізації у кварталі	Ні	
14	Місто	Запоріжжя	

3.2 Базові розрахунки

Розміри будинку в плані. 12 м x 14,6 м. Периметр будинку – 53,2 м. Кількість приладів холодної води – 8 , гарячої – 6. Розрахункова кількість приладів (N) холодної води в 12-ти поверховому будинку – 12x8=96 шт., гарячої – 12*6=72 шт. N=U=96 жителів. Кожна особа, у відповідності споживає за добу холодної води – 150 л, гарячої– 100 л.

$$Q_T^{tot} = 250 \frac{\text{л}}{\text{добу}};$$

$$Q_T^c = 150 \frac{\text{л}}{\text{добу}};$$

$$Q_T^h = 100 \frac{\text{л}}{\text{добу}};$$

При цьому середня за годину витрата загальної, холодної і гарячої води одним споживачем, л/год, знаходиться з виразу:

$$q_T^{tot} = \frac{Q_T^{tot}}{T}; \quad q_T^c = \frac{Q_T^c}{T}; \quad q_T^h = \frac{Q_T^h}{T},$$

де $T = 24$ год – розрахунковий час споживання води в житловому будинку.

$$q_T^{tot} = \frac{250}{24} = 10.41 \text{ л/год};$$

$$q_T^c = \frac{150}{24} = 6.25 \text{ л/год};$$

$$q_T^h = \frac{100}{24} = 4.16 \text{ л/год};$$

Розраховуємо максимальну добову витрату загальної (холодної і гарячої), холодної і гарячої води, одним споживачем, л/добу, за формулою:

- загальна $Q_{\max}^{tot} = Q_T^{tot} \times k_d;$

- холодна $Q_{\max}^c = Q_T^c \times k_d;$

- гаряча $Q_{\max}^h = Q_T^h \times k_d,$

де k_d – коефіцієнт максимальної добової нерівномірності, який приймається згідно з таблицею [1, додаток, табл. А.4] в залежності від середньої за годину витрати води q_T^{tot} , q_T^c , q_T^h , л/год та кількості приладів (N) або споживачів (U).

$$Q_{max}^{tot} = 250 * 1.44 = 360 \frac{\text{л}}{\text{добу}};$$

$$Q_{max}^c = 150 * 1.53 = 229.5 \frac{\text{л}}{\text{добу}};$$

$$Q_{max}^h = 100 * 1.53 = 153 \frac{\text{л}}{\text{добу}};$$

Максимальна добова витрата загальної, холодної і гарячої води на господарсько-питні потреби споживачів для будинку, що проектується, визначиться зі співвідношення, м³/добу:

$$Q_{max.доб}^{tot} = \frac{Q_{max}^{tot}}{1000} \times U;$$

$$Q_{max.доб}^c = \frac{Q_{max}^c}{1000} \times U;$$

$$Q_{max.доб}^h = \frac{Q_{max}^h}{1000} \times U.$$

$$Q_{max.доб}^{tot} = 360/1000 * 96 = 34,56 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}};$$

$$Q_{max.доб}^c = 229,5/1000 * 96 = 22,03 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}};$$

$$Q_{max.доб}^h = 153/1000 * 96 = 14,69 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}};$$

Максимальна добова витрата холодної води в будівлі розраховується, як сума витрат води на господарсько-питні потреби всіма споживачами і витрат на поливку прилеглої території, м³/добу:

$$Q_{max.доб}^c = \frac{Q_{max}^c}{1000} \times N + Q_{пол},$$

$$Q_{max.доб}^c = \frac{229,5}{1000} * 96 + 1,49 = 23,49 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}};$$

3.3 Гідравлічний розрахунок внутрішнього холодного водопроводу на режим максимального господарсько-питного водоспоживання

Таблиця 3.2

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	1,37	1	0,22	15	1,30	440,46	0,603
2-3	1,32	2	0,23	15	1,35	480,44	0,634
3-4	1,59	3	0,24	15	1,41	520,42	0,827
4-5	3,91	4	0,25	15	1,47	560,40	2,191
5-6	24,80	36	0,56	20	1,75	524,46	13,007
6-7	3,10	40	0,59	25	1,10	151,31	0,469
7-8	3,10	44	0,61	25	1,14	161,18	0,500
8-9	3,70	48	0,63	25	1,18	171,94	0,636
9-10	0,58	48	0,63	25	1,18	171,94	0,100
10-11	5,30	96	0,97	25	1,81	403,41	2,138
						ΣH (l)=	21,11

$$H_{l,tot} = (1 + k_1) * \Sigma H_l = (1 + 0,2) * 21,11 = 25,33 \text{ м}$$

3.4. Гідравлічний розрахунок внутрішнього холодного водопроводу на режим максимального господарсько-питного водоспоживання плюс пожежогасіння

Розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу на пропуск максимальної господарсько-питної і протипожежної витрат

Таблиця 3.3

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 на ділянці H (l) = 1000i * l, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1'-9	39,09	0	2,5	2,5	40	1,99	277,6	10,851
9-10	0,58	0,63	2,5	3,13	50	1,47	109,06	0,063
10-11	5,30	0,97	2,5	3,47	50	1,64	133,54	0,708
							ΣH (l)=	11,62

3.5. Лічильники для води

Втрати напору в лічильнику при пропуску розрахункової секундної витрати води визначаються за формулою:

$$H_{\text{ліч}} = S q^{\text{tot}^2}$$

$$H_{\text{ліч}} = S q^{\text{tot}^2} = 1,3 * 1.41^2 = 2,5 \text{ м}; - 1 \text{ умова}$$

Отже підбираємо лічильник діаметром – ø 32 мм

3.6 Гідравлічн й розрахунок внутрішньоквартальної водопровідної мережі

-Внутрішньоквартальна водопровідна мережа

Таблиця 3.4

Номер ділянки	Довжина ділянки l, м	Кількість приладів ояких подається вода поданій розрахунковій ділянці	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 на ділянці H (l) = 1000i * l, м
1	2	3	4	5	6	7	8
4-ВК1	20	96	0,97	50	0,47	12,90	0,258
ВК1-ВК4	136	1650	8,17	80	1,64	77,93	10,598
						ΣH (l)=	10,856

Втрати напору в місцевих опорах в системі враховуються осереднено, як певний відсоток від втрат за довжиною за формулою:

$$\sum H_{l,tot} = (1 + k_1) \sum H_l,$$

$$\sum H_{l,tot} = (1 + k_1) * \sum H_l = (1 + 0,2) * 19,64 = 23,57 \text{ м}$$

$$k_1 = 0,2$$

3.7. Визначення необхідного напору в мережі холодного водопроводу

Необхідний напір у точці підключення до міської водопровідної мережі, тобто напір, який у запроектованому будинку буде забезпечувати подачу розрахункової витрати води на необхідну висоту, визначають за залежністю:

$$H_{\text{необх}} = \pm H_{\text{geod}} + \sum H_{l,tot}^{\text{зобвн}} + H_{\text{geom}} + \sum H_{l,tot}^{\text{BH}} + H_{\text{ліч}} + H_f$$

$$H_{\text{необх}} = 2 + 10,86 + 37,2 + 23,57 + 2,5 + 3 = 79,13 \text{ м}$$

$$\pm H_{\text{geod}} = +2 \text{ м};$$

$$\sum H_{l,tot}^{\text{зобвн}} = 10,86 \text{ м};$$

$$H_{\text{geom}} = 132,2 - 95 = 37,2 \text{ м}$$

$$\sum H_{l,tot}^{\text{BH}} = 23,57 \text{ м};$$

$$H_{\text{ліч}} = 2,5 \text{ м};$$

$$H_f = 3 \text{ м};$$

За завданням гарантований напір $H_g = 33 \text{ м}$.

$H_{\text{гарант}} < H_{\text{необх}}$, тому потрібен насос.

3.8. Розрахунок насосної установки

$$N = \frac{\rho g q H_{\text{нас}}}{1000 \eta} = \frac{1000 * 9,81 * 38,66}{1000 * 0,5} 1,2 = 758 \text{ Вт}$$

$$H_{\text{нас}} = 79,13 - 33 = 46,13 \text{ м}$$

Встановлюємо два насоси: один робочий і один резервний.

3.9. Розрахунок системи гарячого водопостачання

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

Таблиця 3.5

Номер ділянки	Довжина ділянки $l, \text{м}$	Кількість приладів ояких подається вода поданій розахунковій ділянці	Розрахункова витрата на ділянці $q, \text{л/с}$	Діаметр $d, \text{мм}$	Швидкість $V, \text{м/с}$	Втрати напору за довжиною, мм		k_l	на ділянці $H_{l,tot} = 1000 \cdot l, \text{м}$
						1000 $i, \text{мм}$	на ділянці $H(l) = 1000 \cdot l, \text{м}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	1,37	1	0,17	15	1,00	266,2	0,365	0,2	0,438
2-3	1,32	2	0,18	15	1,06	296,1	0,391	0,2	0,469
3-4	4,51	3	0,19	15	1,12	327,6	1,477	0,5	2,216
4-5	24,80	27	0,39	20	1,24	256,2	6,354	0,5	9,531
5-6	3,10	30	0,42	20	1,31	288	0,893	0,5	1,340
6-7	3,10	33	0,44	20	1,40	336,1	1,042	0,5	1,563
7-8	7,14	36	0,46	20	1,42	338	2,413	0,2	2,896
8-9	3,15	72	0,73	25	1,37	228,8	0,721	0,2	0,865
						$\Sigma H(l) =$	13,66	$H_{l,tot} =$	19,32

Циркуляційні витрати в системі будуть дорівнювати 20% від витрат гарячого водопостачання.

Так як витрати дорівнюють 0,93 л/с, то 20% від них – це 0,146 л/с \approx 0,15 л/с

Щоб визначити скільки циркуляційна витрата на кожному стояку, ділимо витрату в системі на кількість стояків. $0,15/2 = 0,075$ л/с.

Циркуляційні витрати

Таблиця 3.6

Номер ділянки	Довжина ділянки $l, \text{м}$	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 $H(l) = 1000 \cdot l, \text{м}$
1'-2'	3,15	0,15	25	0,28	12,5	0,039
2'-3'	46,94	0,075	20	0,23	12,7	0,596
3'-4'	3,15	0,075	20	0,23	12,7	0,040
4'-5'	47,86	0,15	25	0,28	12,5	0,598
					$H_l =$	1,27

1,27*1,1=1,40 м. ≤3 м. отже циркуляційна витрата порахована вірно
 Циркуляційний насос підбирається за двома параметрами витрата =
 циркуляційній витраті, а напір = не менше 3 м. водяного стовпа.

3.10 Розрахунок водонагрівальної установки

$$Q_{hr}^h = 1,16q_{hr}^h(55 - t^c) + Q^{ht},$$

$$Q_{hr}^h = 1.16 * 1,48 * (55 - 2) + 23.7 = 104,6 \text{ Вт};$$

q_{hr}^h - годинна витрата гарячої води в системі в м³/год

Загальна площа поверхні теплообміну в апараті, м², розраховується за залежністю:

$$F = \frac{Q_{hr}^h}{k * \Delta t_{max}}$$

$$F = \frac{104,6}{1500 * 27,55} = 2,53 \text{ м}^2$$

Δt_{max} - середньологарифмічний температурний напір, який визначається за формулою:

$$\overline{\Delta t_{max}} = \frac{(t_1^I - t_2^{II}) - (t_1^{II} - t_2^I)}{\ln \frac{(t_1^I - t_2^{II})}{(t_1^{II} - t_2^I)}},$$

$$\overline{\Delta t_{max}} = \frac{(t_1^I - t_2^{II}) - (t_1^{II} - t_2^I)}{\ln \frac{(t_1^I - t_2^{II})}{(t_1^{II} - t_2^I)}} = \frac{(95 - 55) - (20 - 2)}{\ln \frac{(95 - 55)}{(20 - 2)}} = \frac{-22}{\ln 0,79} = 27,55^\circ\text{C}$$

Кількість пластин у теплообміннику знаходимо із співвідношення:

$$n = \frac{F}{f} + 2 = \frac{2,53}{0,6} + 2 = 6,22 \approx 7 \text{ шт.}$$

3.11 Конструювання системи водовідведення

Розрахункова витрата господарсько-побутових стічних для каналізаційного стояка визначається за залежністю:

$$q^s = q^{tot} + q_0^s = 1,55 + 1,6 = 3,15 \text{ л/с}$$

Для горизонтальних відвідних трубопроводів систем каналізації розрахунковою треба вважати витрату, л/с, значення якої обчислюється залежно від кількості санітарно-технічних приладів N, які приєднані до проєктуємої ділянки трубопроводу L, м, за формулою:

Для першого випуску (48 приладів):

$$q^{SL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s * q_0^{S,2} = 1,87/3,6 + 0,56 * 1,6^2 = 1,95 \text{ л/с}$$

Для другого випуску (48 приладів):

$$q^{SL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s * q_0^{S,2} = 1,87/3,6 + 0,56 * 1,6^2 = 1,95 \text{ л/с}$$

Ванна, умивальник, кухонна мийка, підключаються до внутрішньої каналізаційної мережі трубою діаметром **50 мм**, унітази – **100 мм**.

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

Діаметри каналізаційних стояків приймаємо **100 мм**.

Для першого випуску

Ухил – 0,03 , $h/d = 0,33$, $V = 0,86 \text{ м/с}$.

Перевірка :

$$V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K; \quad 0,86 \sqrt{0,33} = 0,5 = 0,5; \text{ - підходить}$$

Для другого випуску

Ухил – 0,03 , $h/d = 0,33$, $V = 0,86 \text{ м/с}$.

Перевірка :

$$V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K; \quad 0,86 \sqrt{0,33} = 0,5 = 0,5; \text{ - підходить}$$

3.12. Розрахунок мережі внутрішньої системи дощового водовідведення

Витрату дощових вод з покрівлі будинку розраховують за залежностями:

- для плоских покрівель (ухил $\leq 1,5\%$)

$$Q = \frac{Fq_{20}}{10000} = \frac{194,35 * 100}{10000} = 1,94 \text{ л/с}$$

- для похильних покрівель (ухил $> 1,5\%$)

$$Q = \frac{Fq_5}{10000} = \frac{194,35 * 260,27}{10000} = 5,06 \text{ л/с}$$

$F = F_1 + 0,3F_2 = 175,2 + 0,3 * 53,2 * 1,2 = 194,35 \text{ м}^2$ – розрахункова площа, м^2 ;

F_1 – дійсна площа покрівлі в плані, м^2 ;

F_2 – площа вертикального бортика, який огорожує поверхню покрівлі по периметру, м^2 .

Діаметр внутрішніх водостічних стояків – 85 мм для плоских покрівель

$i=0,01$ $V=0,66$ $Q=1,94 \text{ л/с}$

Діаметр внутрішніх водостічних стояків – 100 мм для похильних покрівель

$i=0,01$ $V=0,66$ $Q=5,06 \text{ л/с}$

3.13 Гідравлічний розрахунок внутрішньоквартальної (дворової) мережі водовідведення

Таблиця 3.7

№ ділянок	Довжина l , м	Кількість приладів від яких відводиться вода N шт.	Розрахункова витрата $q_{\text{світ}}$, л/с	Діаметр d , мм	Похил труби, i	Наповнення h/d	Швидкість V , м/с	Відмітки, м					
								Поверхні землі		Лотка труби		Глибина прокладання труби	
								На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці
1	2	3	4	5	6	7	9	11	12	15	16	17	18
1-2	35	120	2,22	150	0,30	0,012	0,69	97,8	97,5	96,8	96,4	1,00	1,10
2-3	35	240	3,27	150	0,32	0,012	0,71	97,5	97,3	96,4	96,0	1,10	1,30
3-4	35	240	3,27	150	0,32	0,012	0,71	97,3	97,0	96,0	95,6	1,30	1,40
4-5	35	240	3,27	150	0,32	0,012	0,71	97,0	96,8	95,6	95,2	1,40	1,60
5-6	35	288	3,68	150	0,33	0,012	0,72	96,8	96,4	95,2	94,8	1,60	1,60
6-7	30	336	4,14	150	0,34	0,012	0,73	96,4	96,3	94,8	94,45	1,60	1,85
7-8	25	336	4,20	150	0,34	0,012	0,73	96,3	96,2	94,45	94,15	1,85	2,05
8-9	20	336	4,25	150	0,34	0,012	0,73	96,2	96,0	94,15	93,9	2,05	2,10
9-10	35	336	4,09	150	0,34	0,012	0,73	96,0	95,8	93,9	93,5	2,10	2,30
10-11	35	1666	13,94	200	0,52	0,008	0,83	95,8	95,0	91,9	91,7	3,90	3,80

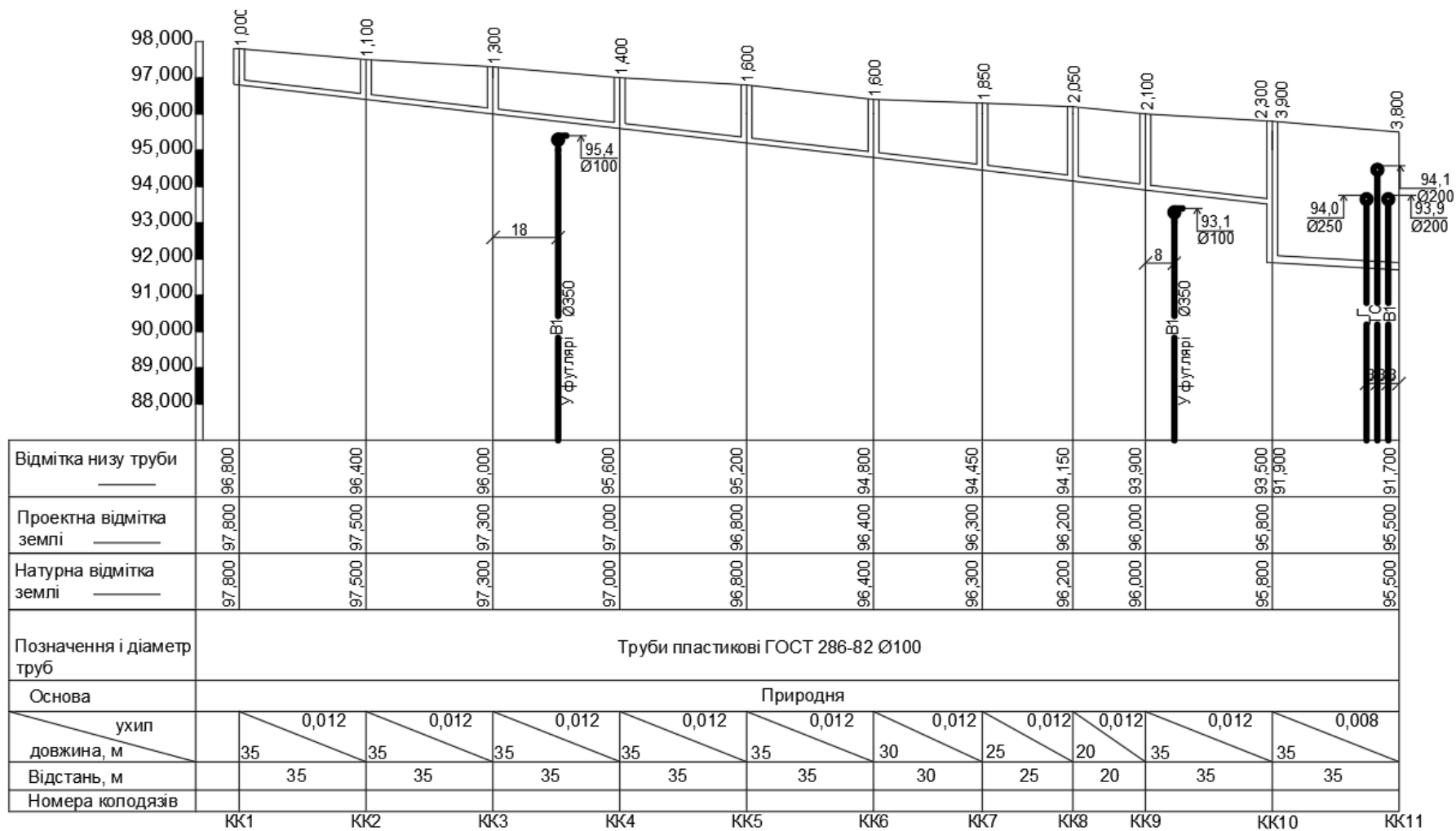


Рис. 3.1 Повздовжній профіль внутрішньоквартальної господарчо-побутової водопровідної мережі

Розділ 4. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВОДИ ТА ПОСЛУГ ВОДОПОСТАЧАННЯ

4.1 Розрахунок чисельності робітників основного і допоміжного виробництва водопроводу.

Розрахунок чисельності робітників основного і допоміжного виробництва водопроводу на 2024р.

Таблиця 4.1

№ п/п	Вид споруд	Професія	Розряд	Обсяг виробництва /продуктивність споруд, протяжність мереж тощо/		Нормативна чисельність робітників (прийнята), чол./добу	Основа
				Одиниця	Кількість одиниць		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Водозабірні споруди	Машиніст насосних установок	3	шт	8	4	Дод 2,2
2	фільтр	Оператор	2	Тисяча м ³ /добу	22,6	3,6 (4)	Дод 2,3
3	Хлораторні установки	Оператор хлораторних установок	4	Тисяча м ³ /добу	22,6	4,2 (4)	Дод 2,3
4	Повітродувні установки	Машиніст повітродувних установок	4	Тисяча м ³ /добу	22,6	2	Дод 2,3
5	Водопровідна мережа / включаючи	Слюсар аварійно-відновлювальних робіт	4	км	15	3	Дод 2,4

	водопроводи, вуличну, внутріквартальну і внутрідворову мережі	Обхідник водопровідні мережі	3	км	15	3	Дод 2,4
6	РЧВ	Водороздатчик	1	шт	2	1	Дод 2,5
7	Насосні станції водопроводу	Машиніст насосних установок	5	Тисяча м ³ /добу	16,26	4,2 (4)	Дод 2.1
		Електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування	5	Тисяча м ³ /добу	16,26	4,2 (4)	Дод 2.1
		Газоелектрозварник	4	Тисяча м ³ /добу	16,26	1,1 (1)	Дод 2,10
		Електромонтер по ремонту устаткування	5	Тисяча м ³ /добу	16,26	1,8 (2)	Дод 2,10
		Електромонтер по обслуговуванню устаткування	3	Тисяча м ³ /добу	16,26	2,2 (2)	Дод 2,10
		Слюсар КВПіО	4	Тисяча м ³ /добу	16,26	1	Дод 2,10
		Лаборанти хіміко-бактеріологічної лабораторії:	5	Тисяча м ³ /добу	16,26	1	Дод 2,10

Всього робітників

36 чол.

МОП

4 чол.

Всього працюючих по підприємству:

40 чол.

4.2 Розрахунок чисельності ІТП і службовців по водопроводу.

Розрахунок нормативної чисельності ІТП і службовців водопроводу на 2024р.

Таблиця 4.2

№ п/п	Функція управління	Структурний підрозділ	Перелік посад з виконанням відповідних функцій	Нормативна чисельність, чол.
1	2	3	4	5
	Загальне керівництво основним виробництвом і кадрами	Управління, відділ кадрів	Начальник управління	1
			головний інженер	1
			інженер по кадрах	1
	Оперативне керівництво спорудами водопроводу	Очисні споруди водопроводу	Начальник очисної станції	1

Оперативне керівництво мережами водопроводу	Водопровідні мережі	Начальник ділянки	1
		Головний диспетчер	1
		Інженери	3
		Техніки	2
Розвиток і технічна підготовка виробництва, охорона праці і техніки безпеки	Виробничій відділ праці	Начальник відділу	1
		інженери	1
		інженер по охороні праці техніці безпеки	1
Технічний контроль якості продукції	Хіміко-бактеріологічна лабораторія	Начальник лабораторії	1
		інженери	2
		лаборанти	2
Ремонт і технічне обслуговування енергетичного та іншого обладнання, будівель, споруд, мереж, КППіА	Допоміжні цехи /ділянки/	Інженери усіх спеціальностей	3
		Начальник відділу	1

Техніко-економічне планування організації праці і заробітної плати, НОТ	Планово-економічний відділ	економісти	2
Бухгалтерський облік і Н ₆ фінансова діяльність, організація взаєморозрахунків з споживачами, водозбут	Бухгалтерія	Головний бухгалтер	1
		бухгалтери	1
Господарчі функції /матеріально-технічне постачання, діловодство, господарське обслуговування/	Відділ матеріально-технічного постачання	Начальник відділу	1
		техніки	1
		комірники	1

Всього по підприємству:

30 чол.

4.3 Розрахунок фонду заробітної плати робітників, ІТП і службовців.

Розрахунок фонду заробітної плати робітників, ІТП і службовців на 2024р.

Таблиця 4.3

№ п/п	Посада	Кількість	Встановлений місячний оклад	Річний фонд заробітної плати, грн	Премія із ФМЗ, %	Річна сума премії, грн	Загальний річний фонд заробітної плати грн
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Начальник управління	1	30000	360000	25%	90000	450000
2	Головний інженер	1	25000	300000	25%	75000	375000
3	Начальник очисної станції	1	20000	240000	25%	60000	300000
4	Начальник ділянки	1	20000	240000	25%	60000	300000
5	Головний диспетчер	1	10000	120000	25%	30000	150000
6	Технік	3	9500	342000	25%	85500	427500
7	Начальник відділу	3	15000	540000	25%	135000	675000
8	Інженери всіх спеціальностей	11	12000	1584000	25%	396000	1980000
9	Начальник лабораторії	1	15000	180000	25%	45000	225000
10	Лаборанти	2	8500	204000	25%	51000	255000
11	Економісти	2	12000	288000	25%	72000	360000
12	Головний бухгалтер	1	15000	180000	25%	45000	225000
13	Бухгалтер	1	10000	120000	25%	30000	150000
14	Комірник	1	8500	102000	25%	25500	127500
15	Робітник 1 розряду	1	9000	108000	25%	27000	135000
16	Робітник 2 розряду	4	9500	456000	25%	114000	570000
17	Робітник 3 розряду	9	10000	1080000	25%	270000	1350000
18	Робітник 4 розряду	11	10500	13860000	25%	346500	1732500
19	Робітник 5 розряду	11	12000	15840000	25%	396000	1980000
20	МОП	4	8000	384000	25%	96000	480000

Всього: 70 чол.

12247500грн

4.4 Розрахунок потреб електроенергії.

Головними споживачами електроенергії є насосні станції. Порядок розрахунків спожитої енергії залежить від типу насосної станції.

4.5 Розрахунок витрат електроенергії насосною станцією I підйому.

Визначають витрату одного насоса SP 160-3:

$$Q_n = Q_{\text{доб}}/24 n = 22600/24/8n = 117,71 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $Q_{\text{доб}}$ – добова витрата насосної станції, м³/добу;

n – кількість робочих насосів, шт.

За характеристикою насоса для $Q = Q_n$ знаходять напір H_n та коефіцієнт корисної дії η_n .

Розраховують потужність насоса $N = 36,02$ кВт

Приймають коефіцієнт запасу потужності електродвигуна κ_1 , що враховує можливі перевантаження при експлуатації.

Значення коефіцієнту запасу потужності електродвигуна

Таблиця 4.4

Потужність електродвигуна, кВт	5 - 100	більше 100
Коефіцієнт запасу потужності, κ_1	1,15 – 1,08	1,05

Визначають розрахункову потужність електродвигуна насоса (за умови приєднання насоса до двигуна через пружну муфту, $\eta_{\text{передач}}$

$$N_{\text{дв}}^p = N_n \kappa_1 = 36,02 * 1,12 = 40,34 \text{ кВт}.$$

Коефіцієнт корисної дії електродвигуна $\eta_{\text{дв}}$ приймають за таблицею 4.5:

Коефіцієнт корисної дії електродвигуна

Таблиця 4.5

Потужність електродвигуна, кВт	До 22	22-40	40-100	100-1000	1000-2000	Більше 2000
К.к.д. електродвигуна, $\eta_{дв}$	0,72-0,89	0,89-0,91	0,91-0,92	0,92-0,94	0,94-0,95	0,95-0,97

Річна витрата електроенергії НС-I, що сплачується

$$E^{НС-II} = 2925491.92 \text{ кВт} - \text{г}$$

4.6 Розрахунок витрат електроенергії насосною станцією II підйому

Споживання електроенергії НС-II та КНС змінюється впродовж доби в залежності від режиму роботи, який має бути максимально наближений до режиму водоспоживання.

Витрати електроенергії розраховуються по годинно. Розрахунок зводиться в таблицю 4.6.

Визначення добової потужності насосної станції II підйому

Таблиця 4.6

Години доби	$P\%$ для $k_{год. max}$	$Q_i, \text{ м}^3/\text{Г}$	Кількість працюючих насосів n , шт.	Витрата одного насоса $Q_n = Q_i/n, \text{ м}^3/\text{Г}$	Потужність насоса за характеристикою $N, \text{ кВт}$	$N \cdot n, \text{ кВт}$
1	2	3	4	5	6	7
0-1	3,35	562,46	2	406,27	100	200
1-2	3,25	552,18	2	276,09	100	200
2-3	3,3	516,90	1	516,90	180	180
3-4	3,2	520,82	1	520,82	180	180
4-5	3,25	630,16	2	315,08	110	220
5-6	3,4	599,89	2	299,95	100	200
6-7	3,85	546,78	2	273,39	100	200
7-8	4,45	628,67	2	314,34	110	220
8-9	5,2	900,43	2	450,22	160	320

9-10	5,05	918,23	2	459,12	170	340
10-11	4,85	879,03	2	439,52	160	320
11-12	4,6	871,19	2	435,60	160	320
12-13	4,6	776,66	2	388,33	140	280
13-14	4,55	760,98	2	380,49	140	280
14-15	4,75	794,09	2	397,05	140	280
15-16	4,7	811,51	2	405,76	150	300
16-17	4,65	723,56	2	361,78	130	260
17-18	4,35	657,09	2	328,55	120	240
18-19	4,4	647,51	2	323,76	120	240
19-20	4,3	614,40	2	307,20	110	220
20-21	4,3	589,14	2	294,57	110	220
21-22	4,2	538,61	2	269,31	100	200
22-23	3,75	599,56	2	299,78	110	220
23-24	3,7	623,72	2	311,86	110	220

$$\Sigma(N \cdot n) = 5860$$

$P\%$ за годинами доби визначають в залежності від $K_{год. max}$.

Витрата за кожен годину доби Q_i : $Q_i = Q_{добр} P/100$, м³/г.

Кількість працюючих насосів визначають умовно, враховуючи максимально можливу подачу одного насоса в межах робочої зони.

Річна витрата активної електроенергії, що сплачується:

$$E_{НС-II} = \frac{\Sigma(N \cdot n) \cdot 365}{\eta_{дв}} k_5 = \frac{5860 \cdot 365}{0.917} 1.05 = 2449122.14 \text{ кВт} \cdot \text{г}$$

Для визначення коефіцієнта корисної дії двигуна $\eta_{дв}$ за потужність насоса N_n приймають найбільше значення потужності. Далі визначають розрахункову потужність електродвигуна насоса

4.7 Визначення вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії водопровідних насосних станцій:

$$B_{el} = C \cdot (E^{HC-I} + E^{HC-II} + E^{електр}) = 8,4(2925491,92 + 2449122,14 + 59\ 882) = 45\ 649\ 766,90 \text{ грн.}$$

C –тариф оплати за 1 кВт-год електроенергії та її розподіл, приймаємо

$$C = 8,40 \text{ грн.}$$

4.8 Розрахунок потреб реагентів.

Річна потреба реагентів для очищення природних вод визначається за плановою подачею води і середньою дозою реагентів:

$$P_p = D_{сер} \cdot Q_p$$

Розрахунок річних витрат на реагенти зводиться у відомість, форма якої наведена в таблиці .

Таблиця 4.7

Розрахунок потреб і вартості реагентів для очищення природних вод на 2024 р.

№ п/п	Реагенти	Одиниця	Доза реагенту	Обсяг виробництва подача води (очищення стічних вод), тис. м ³ /рік	Витрата реагенту, т	Вартість 1 т реагенту грн	Загальна вартість реагенту грн
1	2	3	4	5	6	7	8
1	NaCl	кг/м ³	4,1	8833	36,22	8800	318736

Всього:

318 736 грн

4.9 Розрахунок амортизаційних відрахувань.

Розрахунок амортизаційних відрахувань на 2024 р.

Таблиця 4.8

№ п/п	Основні фонди	Вартість основних фондів <i>B</i> , грн	Строк корисного використання <i>T</i> , років	Сума амортизаційних відрахувань <i>A</i> , тис. грн
1	2	3	4	5
1	Артезіанські свердловини фільтрові, тис.грн	13930	15	928,67
2	Насоси свердловинні, 8 шт	-	5	-
3	Комплекс очисних споруд водопроводу, що включає реагентне господарство, НС-ІІ і устаткування, тис.грн	2982	15	198,80
4	РЧВ залізобетонні, тис.грн	3372	15	224,80
5	Водонапірна башта, тис.грн	1320	15	88,00
6	Залізобетонна огорожа висотою 1,9 м, тис.грн	291,8	5	58,36
7	Водопроводи сталеві тис.грн	1413,16	10	141,32
8	Мережі водопровідні сталеві, тис.грн	20706	10	2070,60

9	Мережі водопровідні чавунні, тис.грн	63650	10	6365,00
10	Мережі водопровідні поліетиленові, тис.грн	3754,8	10	375,48

Всього: 10 450 970 грн

4.10 Розрахунок собівартості води

Для визначення собівартості подачі 1 м³ води, пропуску або очищення стоків складають зведений кошторис витрат за рік (таблиця 9).

Таблиця 4.9

Кошторис витрат на подачу води, грн

Стаття витрат	Кількість	Примітка
1	2	3
Заробітна плата робітників, ІТП і службовців	12 247 500	
Нарахування на заробітну плату (ЄСВ) в розмірі 22%	2 694 450	
Всього:	14 941 950	грн
Електроенергія	45 649 766,90	
Реагенти	318 736	
Амортизація	10 450 970	
Всього:	56 419 472,90	грн
Інші витрати	4 513 557,83	

Всього витрат: 75 874 980,63 грн

Собівартість продукції водопроводу, грн/м³:

$$C = \frac{3}{Q_p} = \frac{75\,874\,980,63}{5\,935\,995} = 12,782 \text{ грн/м}^3$$

Розділ 5. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

5.1. Характеристика споруди. Побудова плану споруди.

Резервуари прямокутні у плані з розмірами в осях 24м × 18м, місткістю 2000 м³ кожний. Заглиблення резервуара в ґрунт прийнято 4,8 м. Ґрунт супісок..

Крок колон 6 м х 6 м. Стінові панелі плоскі ПС2-48-Б без обв'язочної балки і ПС1-48-Б з обв'язочною балкою, які встановлюються в пази монолітного днища. Висота плоских стінових панелей – 4,8 м.

План і розрізи 1-1 і 2-2 резервуару чистої води місткістю 2000 м³ з маркуванням збірних конструкцій каркаса наведений на рис.21 та 22.

План і розрізи 1-1 і 2-2 резервуару чистої води місткістю 3200 м³ з маркуванням збірних конструкцій каркаса наведений на рис.1, 2.

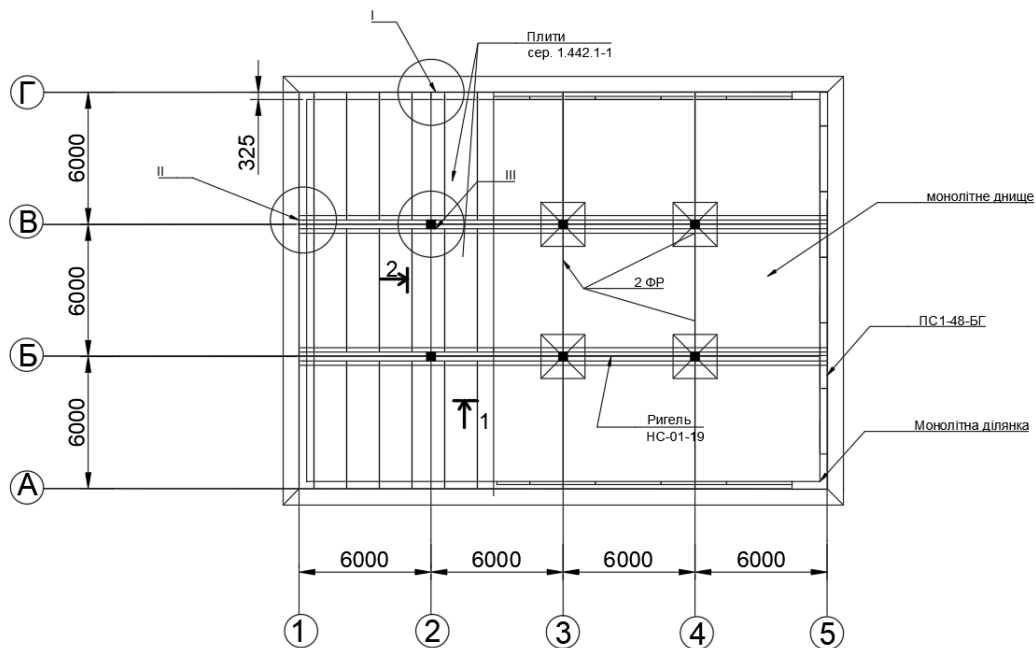


Рис. 5.1. Схематичний план резервуару чистої води місткістю 2000 м³ з маркуванням конструкцій каркаса

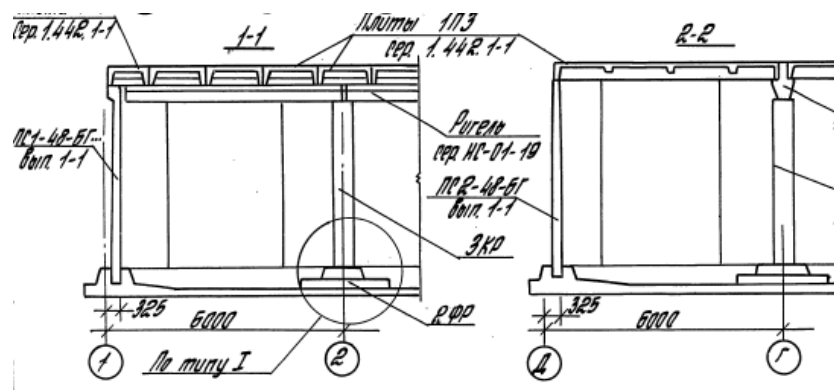


Рис. 5.2. Схематичні розрізи резервуару чистої води місткістю 2000 м³ з маркуванням конструкції каркаса

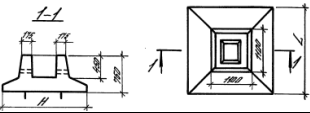
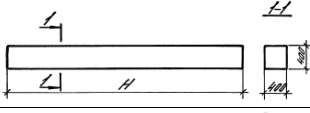
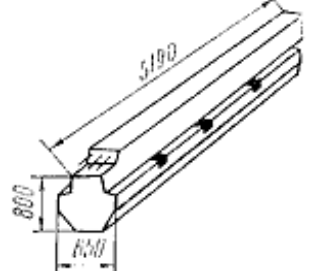
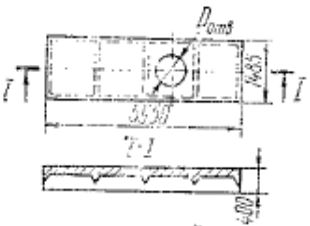
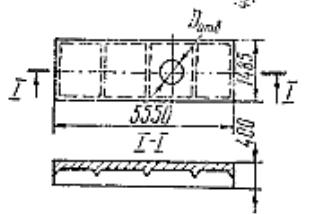
5.2 Характеристики монтажних елементів

Характеристики наведено у таблиці 1, де вказано їх маркування, ескізи, розміри, маса в тонах та об'єм залізобетону.

Характеристика монтажних елементів

Таблиця 5.1

№ п/п	Монтажні елементи	Марка	Ескіз	Маса елемента, т	Об'єм елемента, м ³
1	2	3	4	5	6
1	Стінова панель	ПС2-48-БГ1		6,7	2,69
2	Стінова панель	ПС1-48-БГ1		7,1	2,85

№ п/п	Монтажні елементи	Марка	Ескіз	Маса елемента, т	Об'єм елемента, м ³
1	2	3	4	5	6
3	Фундамент під колону	2ФР2		4,18	1,67
4	Колона	ЗКР48		1,7	0,63
5	Ригель	Р-1		4,2	2,35
6	Плита покриття	1П7		1,2	1,05
7	Плита покриття	1П3		2,3	1,9

5.3 Визначення об'ємів монтажних робіт

Таблиця 5.2

Об'єм монтажних робіт

№ пор.	Найменування елементів	Марка елемента	Кількість елементів, шт.			Об'єм елемента, м ³	Об'єм елементів, м ³
			на ділянках		всього		
			1	2			
1	Стінова панель масою 6,7т	ПС2-48-БГ1	14	14	28	2,69	75,32
	Стінова панель масою 7,1т	ПС1-48-БГ1	12	12	24	2,85	68,4
2	Фундамент під колону масою 4,18 т	2ФР2	6	6	12	1,67	20,04

3	Колона масою 1,7 т	ЗКР48	6	6	24	0,63	15,12
4	Ригель масою 4,2 т	Р-1	8	8	16	2,35	37,6
5	Плита покриття масою 1,2 т	1П7	6	6	12	1,05	12,6
	Плита покриття масою 2,3 т	1П3	45	45	90	1,9	171
	Всього:						400,08

5.4 Визначення об'ємів бетонних робіт.

Таблиця 5.3

Об'єм опалубних робіт

Марка монолітної ділянки	Тип поверхні, яка покривається опалубним щитом	Розміри поверхні, мхм	Кількість поверхонь кожного типу, шт.	Площа одної поверхні, м ²	Площа опалубки за типом поверхні та загальна площа опалубки, м ²
УМ48-БГ1	1	1,59х4,28	2	6,80	13,60
	2	1,21х4,28	2	5,18	10,36
	3	0,28х4,28	1	1,98	1,98
Площа опалубки на одну монолітну ділянку, м ²					25,94
Площа опалубки на монтажну дільницю, м ²					103,76
Площа опалубки на споруду, м ²					207,52

Таблиця 5.4

Об'єм бетонних робіт

Монолітна ділянка УМ48-БГ1	Об'єм бетону, м ³
Об'єм бетонної суміші на одну монолітну ділянку, м ³	3,4
Об'єм бетонної на монтажну дільницю, м ³	13,6
Об'єм бетонної суміші на споруду, м ³	27,2

Таблиця 5.5

Об'єм арматурних робіт

Марка монолітної ділянки	Маса арматури класу в кг				Маса арматури, кг
	A240C	A400C			
	діаметром 6	діаметром 8	діаметром 14	діаметром 16	
	мм	мм	мм	мм	
УМ48-БГ1	3,0	46,3	26,1	289,1	364,5

Маса арматури на одну монолітну ділянку, кг	364,5
Маса арматури на монтажну ділянку, кг	1458,0
Маса арматури на споруду, кг	2916,0

Об'єм робіт з розбирання опалубки дорівнює обсягу робіт з улаштування опалубки.

5.5 Визначення об'ємів робіт із закладання стиків

Таблиця 5.6

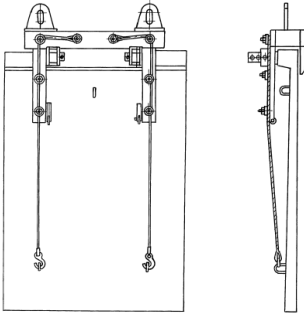
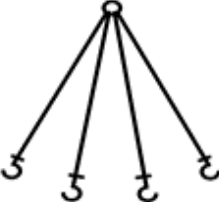
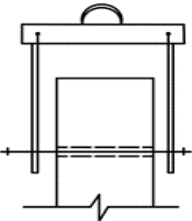


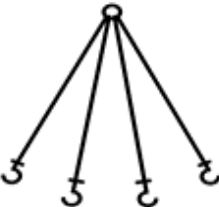
Об'єм робіт із закладання стиків

№ пор.	Назва процесу	Одиниця вимірювання	Об'єм робіт на ділянках			Об'єм робіт на споруду
			одиниці вимірювання	1	2	
1	Зварювання випусків арматури панелей стін	10 м шва	0,432	18 x 0,432 = 7,78	18 x 0,432 = 7,78	15,56
2	Закладання швів дна паза днища бетоном з ущільненням	1 м ³	0,03	0,03x2,98 x18=1,61	0,03x2,98 x18=1,61	3,22
3	Заливання швів панелей стін бетоном механізовано	100 м	0,048	18 x 0,048 = 0,86	18 x 0,048 = 0,86	1,72
4	Замонолічування колон у стаканах фундаментів	1 стик	1	6	6	12
5	Електрозварювання ригеля з колоною	10 м шва	0,062	0,062x6= 0,37	0,062x6= 0,37	0,74
6	Електрозварювання ригеля із стіною панеллю	10 м шва	0,025	0,025x3= 0,08	0,025x2= 0,08	0,16
7	Електрозварювання плити з ригелем	10 м шва	0,024	0,024x45= 1,08	0,024x45= 1,08	2,16
8	Електрозварювання плити покриття із стіною панеллю при обпиранні довшою стороною	10 м шва	0,008	0,008x4= 0,03	0,008x4= 0,03	0,06
9	Заливка швів плит покриття розчином механізовано	100 м	7,06	7,06	7,06	14,12

5.6 Вибір засобів для захоплення конструкцій і їх тимчасового закріплення

Таблиця 5.7

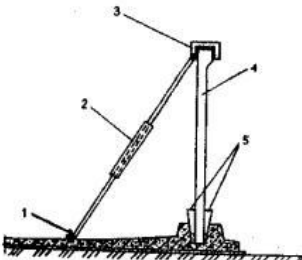
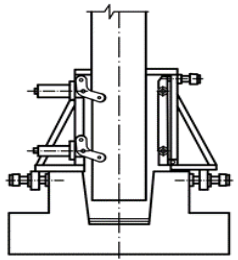
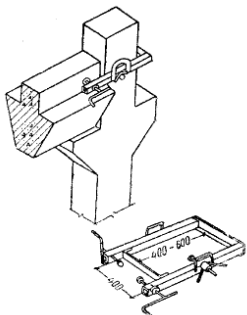
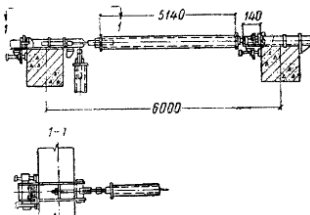
Засоби для захоплення конструкцій

№	Найменування, коротка характеристика, посилання на довідник із зазначенням сторінки	Ескіз	Характеристика		
			вантажопідйомність, т	маса, т	розрахункова висота, м
1	2	3	4	5	6
1	Балансуюча траверса для захоплення стінових панелей с. 6 [17]		8	0,15	0,5
2	Строп чотирьохгілковий для захоплення збірних фундаментів с. 68 [16]		5	0,044	4
3	Стержневий захоплювач колон с. 184 [15]		8	0,135	0,5
4	Строп двогілковий для захоплення ригелів с. 68 [16]		5	0,05	4,3
5	Строп двогілковий для захоплення траверси		8	0,05	2,5
6	Строп чотирьох гілковий для захоплення плит покриття с. 68 [16]		5	0,048	5

5.7 Визначення монтажних характеристик конструкцій

Таблиця 5.8

Засоби для тимчасового закріплення і вивірювання конструкцій

№ п/п	Найменування, характеристика, посилання на довідник із зазначенням сторінки	Принципова схема засобу	Висота над нижньою конструкцією, м	Маса, т
1	2	3	4	5
1	Підкос із струбциною та металеві клини для тимчасового закріплення стінових панелей с. 6 [17]		-	0,05
2	Кондуктор для тимчасового закріплення колон та їх вивірювання с. 73 [16]		0,72	0,282
3	Кондуктор для тимчасового закріплення ригелів та їх вивірювання с. 77 [16]		-	0,026
4	Розчалка для тимчасового закріплення ригелів с. 77 [16]		-	0,078

5.8 Технічний вибір монтажних кранів

Виконання монтажних робіт прийнято за схемою II (ширина резервуара чистої води 24 м).

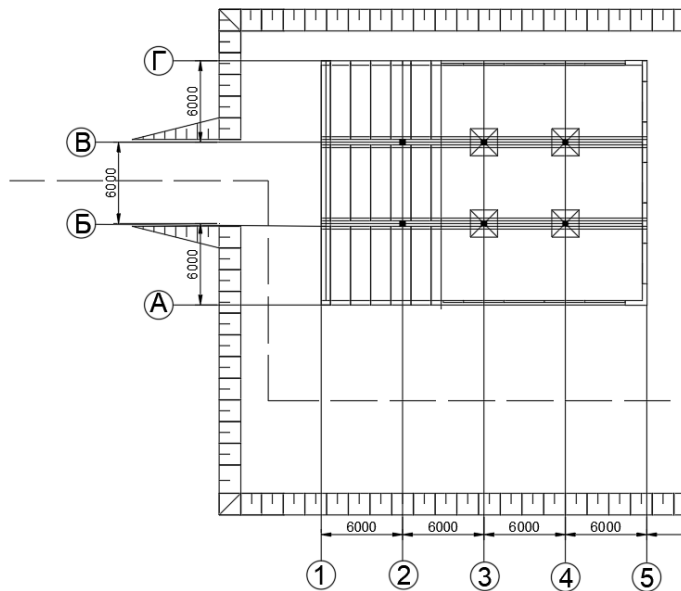


Рис. 5.3. Схема проходок монтажних кранів

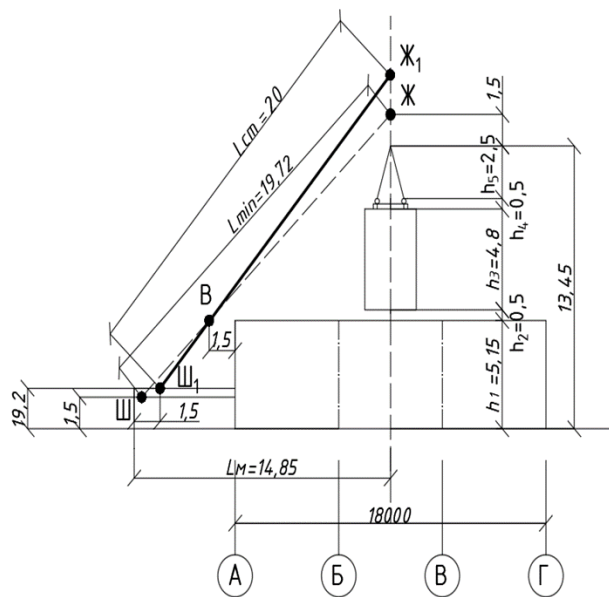


Рис. 5.4. Визначення монтажних характеристик стінових панелей:

$$Q_m^{cn} = 7,1 + 0,15 + 0,05 = 7,3m;$$

$$H_m^{cn} = 5,15 + 0,5 + 4,8 + 0,5 + 2,5 = 13,45m;$$

$$L_m^{\phi} = 14,85m.$$

СКГ 30/10 М

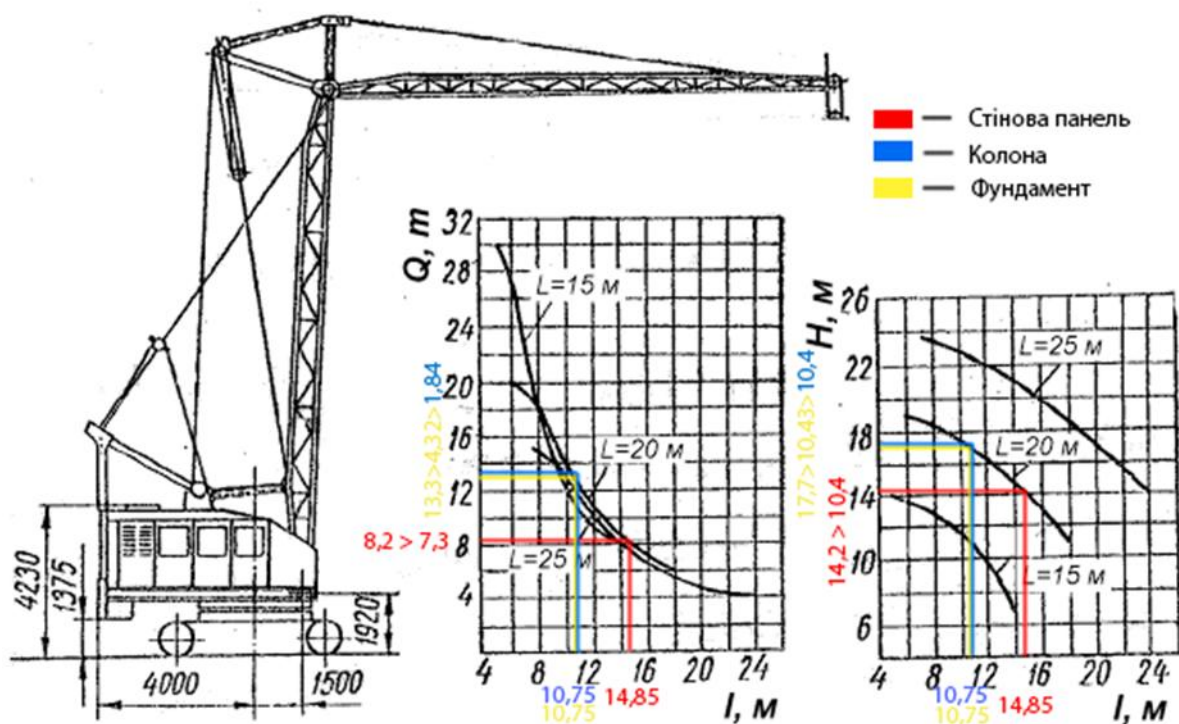


Рис. 5.7. Загальний вид та вантажовисотні характеристики гусеничного
Перевіряємо придатність гусеничного крана СКГ-30/10 зі стрілою 20м
для монтажу стінових панелей та фундаментів. Технічні характеристики якого
становлять:

$$Q_{\text{кр}} = 8,2 \text{ т} > Q_{\text{м}} = 7,3 \text{ т} \text{ за вильоту } L_{\text{м}} = 14,85 \text{ м};$$

$$Q_{\text{кр}} = 13,3 \text{ т} > Q_{\text{м}} = 4,32 \text{ т} > Q_{\text{м}} = 1,84 \text{ т} \text{ за вильоту } L_{\text{м}} = 10,75 \text{ м};$$

$$H_{\text{кр}} = 14,2 \text{ м} > H_{\text{м}} = 13,45 \text{ м} \text{ за вильоту } L_{\text{м}} = 14,85 \text{ м}.$$

$$H_{\text{кр}} = 17,7 \text{ м} > H_{\text{м}} = 10,43 > H_{\text{м}} = 10,4 \text{ м} \text{ за вильоту } L_{\text{м}} = 10,75 \text{ м}.$$

Марку крану заносимо в табл. 9.

$$Q_{\text{м}}^{\text{п}} = 4,2 + 0,05 = 4,25 \text{ м};$$

$$H_{\text{м}}^{\text{п}} = 5,15 + 0,5 + 0,8 + 4,3 = 10,75 \text{ м};$$

$$L_{\text{м}}^{\text{п}} = 10,9 \text{ м}.$$

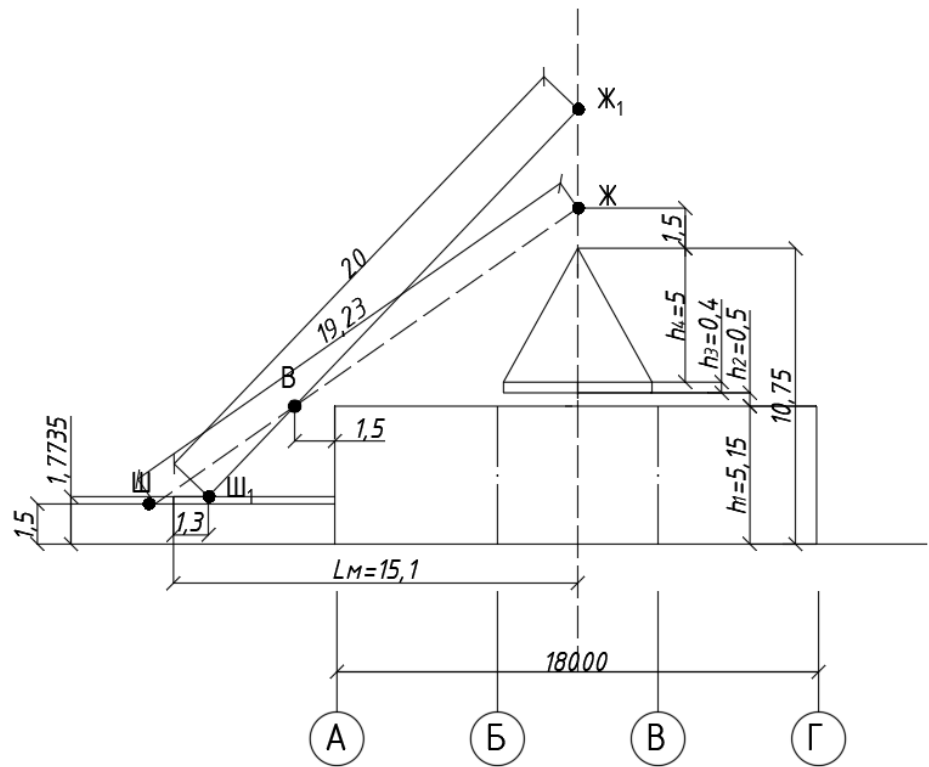
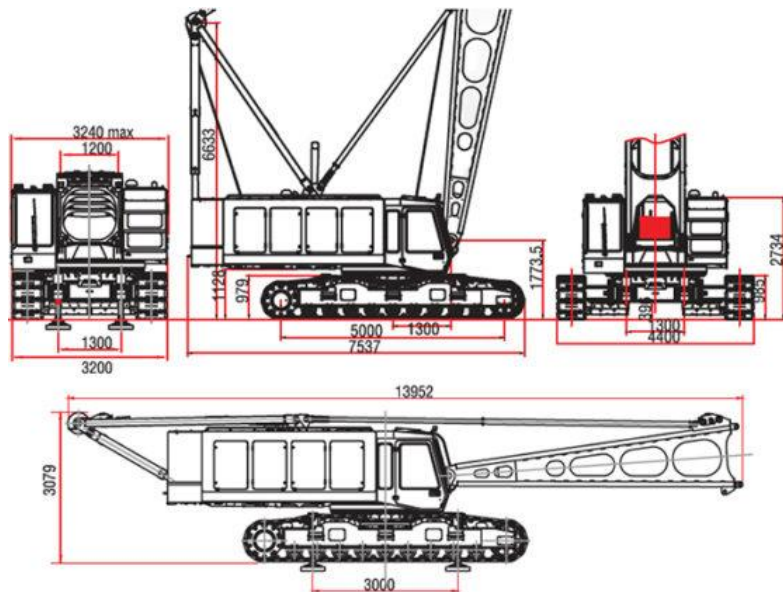


Рис. 5.8. Визначення монтажних характеристик плит покриття:

$$Q_m nn = 2,3 + 0,0048 = 2,35m;$$

$$H_m nn = 5,15 + 0,5 + 0,4 + 5,0 = 11,05m;$$

$$L_m nn = 15,1m.$$



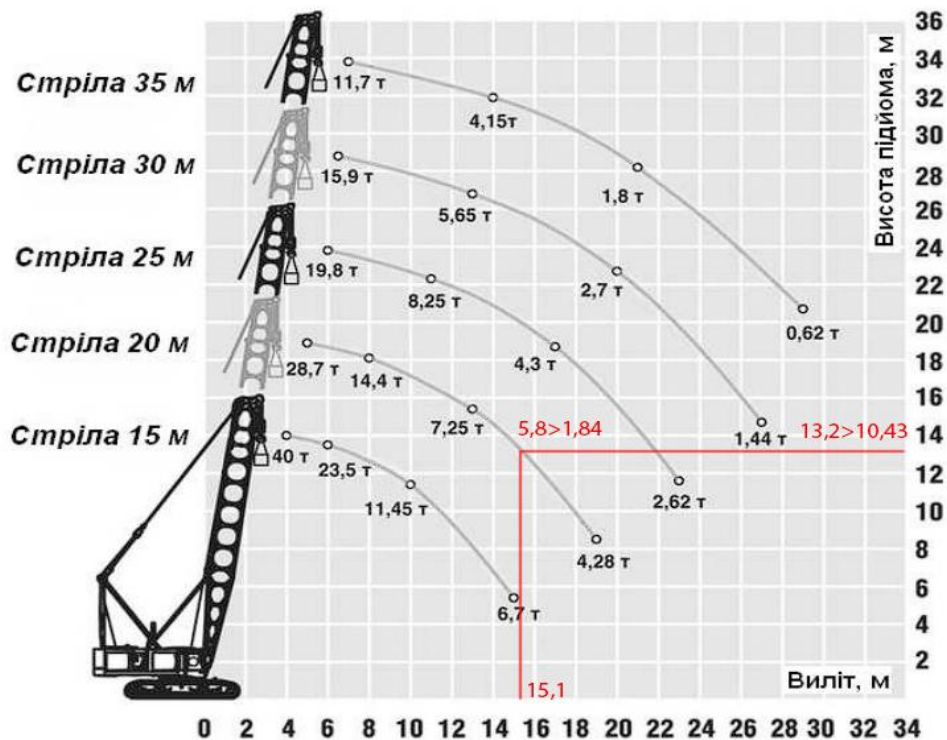


Рис. 5.9. Загальний вид та вантажовисотні характеристики гусеничного крана ДЕК-401 з стрілою 20 м й придатність його для монтажу колон , ригелів та плит покриття за монтажного вильоту 15,1 м.

Перевіряємо придатність гусеничного крана ДЕК-401 зі стрілою 20м для монтажу колон , ригелів та плит покриття. Технічні характеристики якого становлять:

$$Q_{кр} = 10,2 \text{ т} > Q_{м} = 4,25 \text{ т} \text{ за вильоту } L_{м} = 10,9 \text{ м};$$

$$Q_{кр} = 5,8 \text{ т} > Q_{м} = 2,35 \text{ т} \text{ за вильоту } L_{м} = 15,1 \text{ м};$$

$$H_{кр} = 16,2 \text{ м} > H_{м} = 10,75 \text{ м} \text{ за вильоту } L_{м} = 10,9 \text{ м}.$$

$$H_{кр} = 13,2 \text{ м} > H_{м} = 11,05 \text{ м} \text{ за вильоту } L_{м} = 15,1 \text{ м}.$$

Таблиця 5.9

Підібрані монтажні крани, які задовольняють вимогам монтажних характеристик конструкцій в елементарних потоках

№ поз.	Назва конструкції в елементарних монтажних потоках	Монтажні характеристики конструкцій			Гусеничні крани, придатні за технічними характеристиками
		$Q_{м}, \text{т}$	$H_{м}, \text{м}$	$L_{м}, \text{м}$	
1	2	3	4	5	6
1	Стінові панелі	7,3	13,45	18,2	Гусеничний кран ДЕК-401, стріла 35 м механічний привід

2	Фундаментні блоки	4,32	10,4	17,8	Гусеничний кран ДЕК-401, стріла 35 м механічний привід
3	Колони	1,84	10,43	17,8	
4	Ригелі	4,25	10,75	17,4	Гусеничний кран ДЕК-401, стріла 35 м механічний привід
5	Плити покриття	2,35	11,05	13,6	

5.9 Складання калькуляції трудових витрат

Калькуляція трудових витрат розроблено на одну ділянку і наведено в табл.

5.10.

Таблиця 5.10

Калькуляція трудових витрат (на ділянку)

№ пор.	Найменування процесів	Об'єм робіт		Обґрунтування за ГН, ЕНиР	Норма часу люд.-год. маш.-год.	Трудо- міст-кість люд.-год. маш.-год	Склад ланки	
		Одиниця виміру	Кількість одиниць				Професія /розряд/	К-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Установка панелей стін резервуара площею $4,8 \times 2,98 = 14,3 \text{ м}^2$	1 шт	32	Е §4-1-8, табл. 2, п. 10а, б	<u>1,50</u> 0,37	<u>1,5x32</u> 0,37x32 = <u>48,00</u> 11,84	Монтажник 5р., 4 р., 3 р., 2 р. Машиніст 6 р.	1 1 1 1 1
2	Зварювання випусків арматури панелей стін $32 \times 4,32 = 138,3 \text{ м}$	10 м	13,83	Е §22-1-4, п. 4а	<u>7,10</u> -	<u>98,19</u> -	Зварювальник 5 р.	1
3	Закладання швів дна паза днища бетонною сумішшю з ущільненням $(0,08+0,095)/2 \times 0,33 \times 2,98 \times 32 = 2,75 \text{ м}^3$	1 м ³	2,75	Е §4-1-51, п. 1	<u>5,80</u> -	<u>15,95</u> -	Монтажник 4р., 3 р.	1 1
4	Заливання швів панелей стін бетонною сумішшю механізованим способом	100 м	$4,8 \times 32 / 100 = 1,54$	Е §4-1-26, п. 2а	<u>28,00</u> -	<u>43,12</u> -	Монтажник 4р., 3 р.	1 1
5	Установка і в'язання арматури окремими стержнями монолітних ділянок стін резервуарів	1 т	1,458	Е §4-1-46, табл. 2, п. 12г	<u>24,00</u> -	<u>34,99</u> -	Арматурник 6р., 2 р.	1 1

№ пор.	Найменування процесів	Об'єм робіт		Обґрунтування за ГН, ЕНиР	Норма часу люд.-год. маш.-год.	Трудо- міст-кість люд.-год. маш.-год	Склад ланки	
		Одиниця ви-міру	Кількість одиниць				Професія /розряд/	К-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Влаштування опалубки монолітних ділянок стін резервуарів	1 м ²	103,76	Е §4-1-36, табл. 2, п. 8а	<u>1,10</u> -	<u>114,13</u> -	Тесляр 5р., 3 р.	1 1
7	Укладання бетонної суміші в монолітні ділянки стін резервуарів до 5 м ³	1 м ³	13,6	Е §4-1-49, табл. 3, п. 4д	<u>1,20</u> -	<u>16,32</u> -	Бетонник 4р., 2 р.	1 1
8	Розбирання опалубки монолітних ділянок стін резервуарів	1 м ²	103,76	Е §4-1-36, табл. 2, п. 8б	<u>0,35</u> -	<u>36,31</u> -	Тесляр 5р., 3 р.	1 1
9	Установка фундаментів масою до 5т	1 шт	12	Е §4-1-1, табл. 2, п. 8а, б	<u>2,00</u> 0,67	<u>24,00</u> 8,04	Монтажник 4р., 3 р., 2 р., Машиніст 6 р.	1 1 1 1
10	Установка колон масою до 2т у стакани фундаментів за допомогою кондукторів	1 шт	12	Е §4-1-4, табл. 2, п. 2а, б	<u>2,40</u> 0,24	<u>28,80</u> 2,88	Монтажник 5р., 4 р., 3 р., 2 р. Машиніст 6 р.	1 1 2 1 1
11	Замонолічування колон у стаканах фундаментів	1 стик	12	Е §4-1-25, табл. 1, п. 1	<u>0,81</u> -	<u>9,72</u> -	Монтажник 4р., 3 р.	1 1
12	Установка ригелів масою до 5т	1 шт	16	Е §4-1-6, табл. 2, п. 4а, б	<u>2,40</u> 0,48	<u>38,40</u> 7,68	Монтажник 5р., 4 р., 3 р., 2 р. Машиніст 6 р.	1 1 2 1 1
13	Електрозварювання ригеля з колоною 0,62x12=7,44 м	10 м	0,744	Е §22-1-3, п. 1г	<u>6,80</u> -	<u>5,06</u> -	Зварювальник 5 р.	1

№ пор.	Найменування процесів	Об'єм робіт		Обґрунтування за ГН, ЕНиР	Норма часу люд.-год. маш.-год.	Трудо- міст- кість люд.- год. маш.-год	Склад ланки	
		Одиниця ви- міру	Кіль- кість оди- ниць				Професія /розряд/	К-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Електрозварювання ригеля із стіноюю панеллю 0,25x6=1,5 м	10 м	0,15	Е §22-1-3, п. 1г	<u>6,80</u> -	<u>1,02</u> -	Зварювальн ик 5 р.	1
15	Установка плит покриття площею до 10 м ² 1,5x6 = 9 м ²	1 шт	84	Е §4-1-7, п. 9а, б	<u>0,84</u> 0,21	<u>70,56</u> 17,64	Монта- жник 4р., 3 р., 2 р., Машиніст 6 р.	1 2 1 1
16	Електрозварювання плити з ригелем 0,24x76=18,24 м	10 м	1,824	Е §22-1-3, п. 1г	<u>6,80</u> -	<u>12,40</u> -	Зварювальн ик 5 р.	1
17	Електрозварювання плити покриття із стіноюю панеллю при обпиранні довшою стороною 0,08x8=0,64 м	10 м	0,064	Е §22-1-3, п. 1г	<u>6,80</u> -	<u>0,44</u> -	Зварювальн ик 5 р.	1
18	Заливка швів плит покриття розчином механізованим способом	100 м	7,06	Е §4-1-26, п. 3а	<u>4,00</u> -	<u>28,24</u> -	Монта- жник 4р., 3 р.	1 1

5.10 Складання таблиці технологічних розрахунків і побудова графіка виконання робіт

Технологічні розрахунки монтажу РЧВ (на дільницю)

№ процесу	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	Установка панелей стін резервуара площею (п. 1)	1 шт	32	$\frac{48:8}{11,84:8} = \frac{6,00}{1,48}$	$\frac{1,5 \times 4 = 6}{1,5 \times 1 = 1,5}$	Монтажник 5р., 4 р., 3 р., 2 р. Машиніст 6 р.	1 1 1 1 1	6:4=1,5 або 1,48:1=1,48 прийнято 1,5	для монт. 6:6x100= 100 для маш. 1,48:1,5x 100=99
2	Зварювання випусків арматури панелей стін (п. 2)	10 м	13,83	$\frac{12,27}{-}$	$\frac{12,00}{-}$	Зварювальник 5 р.	8	1,5	102
3	Закладання швів дна паза днища і панелей стін бетонною сумішшю (п. 3-4)	1 м ³ 100 м	2,75 1,54	$\frac{1,99+5,39}{-} = \frac{7,38}{-}$	$\frac{7,00}{-}$	Монтажник 4р., 3 р.	2 2	1,75	105
4	Бетонування монолітних ділянок стін резервуару (п. 5-8)	1 т 1 м ² 1 м ³ 1 м ²	1,458 103,76 13,6 103,76	$\frac{25,22}{-}$	$\frac{24,00}{-}$	Арматурник 6р., 2 р., Тесляр 5р., 3 р., Бетонник 4р., 2 р.	2 2 2	4,0	105
5	Установка фундаментів, колон, замоноличування колон у стаканах фундаментів (п. 9-11)	1 шт 1 шт 1 стик	12 12 12	$\frac{7,81}{1,36}$	$\frac{7,50}{1,50}$	Монтажник 5р., 4 р., 3 р., 2 р. Машиніст 6 р.	1 1 2 1 1	1,5	для монт. 104 для маш. 90
6	Установка ригелів, плит покриття (12, 15);	1 шт 1 шт	16 84	$\frac{13,62}{3,16}$	$\frac{15,00}{3,00}$	Монтажник 5р., 4 р., 3 р., 2 р. Машиніст 6 р.	1 1 2 1 1	3,0	для монт. 91 для маш. 105
7	Електрозварювання ригелів з колонами і стіновими панелями, плит покриття з ригелями і стіновими панелями (13-14, 16-17)	10 м 10 м 10 м 10 м	0,744 0,15 1,824 0,064	$\frac{2,36}{-}$	$\frac{3,00}{-}$	Зварювальник 5 р.	1	3,0	78
8	Заливка швів плит покриття розчином механізованим способом (п. 18)	100 м	7,06	$\frac{3,53}{-}$	$\frac{3,50}{-}$	Монтажник 4р., 3 р.	1 1	1,75	101
	Всього:			$\frac{78,19}{6,01}$	$\frac{78,00}{6,00}$				

5.11 Визначення потреби в будівельних конструкціях, деталях, напівфабрикатах, матеріалах і устаткуванні. Потреби в машинах, устаткуванні, інструменті, інвентарі і пристроях

Таблиця 5.13

Потреба в будівельних конструкціях, деталях, напівфабрикатах, матеріалах і устаткуванні

№ пор.	Будівельні конструкції, деталі, напівфабрикати, матеріали та устаткування	Марка	Одиниця вимірювання	Кількість
1	2	3	4	5
1	Стінова панель	ПС2-48-БГ1	шт.	28
2	Стінова панель	ПС1-48-БГ1	шт.	24
3	Фундамент під колони	2ФР2	шт.	6
4	Колона	ЗКР48	шт.	6
5	Ригель	Р-1	шт.	16
6	Плита покриття	1П7	шт.	12
7	Плита покриття	1П3	шт.	90
8	Бетон	С 10/15	м ³	30,5+0,7+3,9=35,1
9	Розчинна суміш	М 100	м ³	4,2+0,8=5
10	Вироби монтажні	-	т	0,3
11	Пісок	-	м ³	15,9
12	Бруски 75 мм	IV сорт	м ³	0,7+1,6= 2,3
13	Дошки 25 – 32 мм	IV сорт	м ³	0,7+0,4+14,2=15,3
14	Дошки 40 мм	IV сорт	м ³	0,5+0,2+4,2=4,9
15	Гвіздки 100 мм	-	кг	19,4
16	Електроди	Е-42	кг	27,0+18,8=45,8
17	Дріт 4 мм	Вр-І	кг	4,8
18	Бетон для монолітних ділянок	С 15/20	м ³	27,2
19	Арматура діаметром 6 мм	A240С	кг	24,0
20	Арматура діаметром 8 мм	A400С	кг	370,4
21	Арматура діаметром 14 мм	A400С	кг	208,8
22	Арматура діаметром 16 мм	A400С	кг	2312,8
23	Гвіздки 120 мм	-	кг	40,3
24	Тісто вапняне	-	кг	159,9

Потреба в машинах, устаткуванні, інструменті, інвентарі і пристроях

№ пор.	Машина, устаткування, інструмент, інвентар і пристрої	Марка	Одиниця вимірювання	Кількість
I. Машина та пристрої				
1	Кран гусеничний	ДЕК-631А стріла 24 м	шт.	1
2	Кран гусеничний	СКГ-30/10 стріла 25 м	шт.	1
3	Кран гусеничний	СКГ-25 стріла 25 м	шт.	1
4	Бортовий автомобіль	ЗиЛ-433440	шт.	1
5	Тягач з напівпричепом-панелевозом	КамАЗ-5410 ПП-1307А	шт.	1
6	Автобетоновоз СБ-113 на базі ЗиЛ-13Д	СБ-113	шт.	1
7	Неповоротний бункер місткістю 0,5 м ³	БНВ-0,5	шт.	1
8	Балансуюча траверса для захоплення стінових панелей	-	шт.	1
9	Строп чотирьохгілковий для захоплення фундаментів	4СК-5,0-4000	шт.	1
10	Стержневий захоплювач колон	-	шт.	1
11	Строп двогілковий для захоплення ригелів	2СК-5,0-4300	шт.	1
12	Строп двогілковий для захоплення траверси	2СК-8,0-2500	шт.	1
13	Строп чотирьохгілковий для захоплення плит покриття	4СК-5,0-5000	шт.	1
14	Підкос зі струбциною	-	шт.	64
15	Металеві клини	-	шт.	192
16	Кондуктор для тимчасового закріплення колон та їх вивіряння	-	шт.	12
17	Кондуктор для тимчасового закріплення ригелів та їх вивіряння	-	шт.	32
18	Кондуктор для тимчасового закріплення ригелів	-	шт.	40

№ пор.	Машина, устаткування, інструмент, інвентар і пристрої	Марка	Одиниця вимірювання	Кількість
II. Ручний будівельний інструмент				
19	Вібратор глибинний	ІВ-113	шт.	2
20	Лопата для розчину	ЛР	шт.	10
21	Зубило слюсарне 20x60°	ЗС	шт.	1
22	Скребок	-	шт.	2
23	Розшивка сталевна	РВ-1	шт.	1
		РВ-2	шт.	1
24	Лом монтажний	ЛМ-20	шт.	2
		ЛМ-24	шт.	3
25	Киянка кругла	КК	шт.	1
26	Сокира будівельна	А-2	шт.	1
27	Маяк причальний	-	шт.	3
28	Каска пластмасова	-	шт.	10
29	Пояс запобіжний	-	шт.	9
30	Відро	-	шт.	4
III. Засоби вимірювання і контролю				
31	Висок будівельний 600 г	ОС-600	шт.	4
32	Рейка з виском	-	шт.	4
33	Рулетка	РЗ-20	шт.	3
34	Метр складний металевий	МС	шт.	9
35	Кутник дерев'яний	УД	шт.	4
36	Правило	-	шт.	4
37	Рівень будівельний	УС-300	шт.	3
IV. Інвентар				
38	Ящик для розчину металевий	-	шт.	2
39	Клиновий вкладиш	-	шт.	18
40	Риштування монтажні	-	шт.	4
41	Драбина монтажна	-	шт.	4
42	Підкіс із струбциною	-	шт.	10
43	Щити опалубки PERI	PERI		
	1200x3300 мм		шт.	8
	600x3300 мм		шт.	4
	300x3300 мм		шт.	6
	1200x1200 мм		шт.	8
	600x1200 мм		шт.	4
300x1200 мм	шт.	6		

5.12 Операційний контроль якості робіт

Таблиця 5.15

Схема операційного контролю якості робіт

Операції, які підлягають контролю		Контроль якості виконання операцій			
виконавцем	майстром	склад	спосіб	строки	залучені служби
1	2	3	4	5	6
-	Монтаж панелей резервуара	Відповідність послідовності монтажу розробленій ТК. Точність установки панелей резервуара. Контроль якості зароблення стиків	Візуально, рулеткою	В процесі монтажу	-
Монтаж панелей резервуара	-	Правильність і надійність стропування. Вертикальність встановлених панелей. Надійність тимчасового кріплення. Правильність прив'язки панелей резервуара в плані	Візуально, рулеткою	В процесі монтажу	-
-	Монтаж фундаментів	Суміщення осей фундаменту відносно осей. Відхилення відміток вирівнюючого шару під блоки і опорні поверхні дна стаканів від проектних. Щільність примикання подошви фундаменту до поверхні основи.	Візуально, рулеткою	В процесі монтажу	Геодезична служба

Закінчення табл. 5.15

Операції, які підлягають контролю		Контроль якості виконання операцій			
виконавцем	майстром	склад	спосіб	строки	залучені служби
1	2	3	4	5	6
Монтаж фундаментів	-	Відхилення відміток опорних поверхонь дна стаканів від проектних. Відповідність положення змонтованих фундаментів в плані.	Візуально, рулеткою	В процесі монтажу	Геодзична служба
-	Монтаж колон, ригелів, плит покриття	Установку конструкцій в проектне положення. Надійність тимчасового кріплення. Якість бетонних робіт при замонолічуванні колон. Глибину обпирання плит.	Візуально, рулеткою	В процесі монтажу	-
Монтаж колон, ригелів, плит покриття	-	Фактичне положення змонтованих конструкцій. Відповідність закріплення конструкцій проектним	Візуально, рулеткою	В процесі монтажу	Геодзична служба
-	Зварювання закладних деталей	Відповідність порядку зварювання і типа використовуваних електродів Проекту. Розміри швів, якість зачистки	Візуально	В процесі зварювання	Лабораторія
Зварювання і антикорозійний захист	-	Якість зварювання, наявність і правильність ведення журналу зварювальних робіт. Якість антикорозійного покриття.	Візуально	В процесі зварювання	Лабораторія
-	Закладення стиків	Дотримання технологічної послідовності операції. Якість закладення стиків. Температурно-вологий режим твердіння розчину. Фактичну міцність бетону і розчину і терміни розбирання опалубки	Візуально	В процесі закладення стиків	Лабораторія
Закладення стиків	-	Якість герметизації зовнішніх стін. Фактичну міцність бетону і розчину. Зовнішній вигляд закладених стиків	Візуально	В процесі закінчення роботи	Лабораторія

Розділ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Зона санітарної охорони

Зоною санітарної охорони (ЗСО) джерела водопостачання називають спеціально визначену ділянку території, що охоплює саму водозабірну ділянку та частину водозбірного басейну. Відповідно до чинних санітарних норм, проектні організації зобов'язані розробити проект ЗСО, який є невід'ємним елементом проектної документації системи водопостачання. Без цього документа затвердження загального проекту неможливе. Проект зони санітарної охорони погоджується з відповідними органами місцевої санітарно-епідеміологічної служби.

Для водозаборів з підземних і поверхневих джерел структура ЗСО передбачає три пояси. Перший пояс — зона суворого режиму, яка охоплює безпосереднє оточення водозабору. Другий і третій пояси є зонами з обмеженнями, призначеними для захисту джерела від мікробіологічного та хімічного забруднення відповідно. Межі кожної з цих зон визначаються таким чином, щоб гарантувати достатній час для природної фільтрації та затримки потенційних забруднювачів перед їхнім надходженням до джерела водопостачання

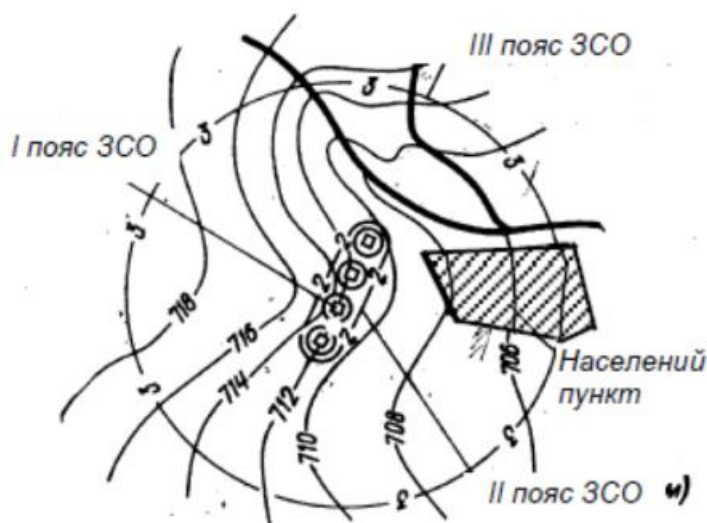


Рис. 6.1 Зони санітарної охорони

Розміри першого поясу зони санітарної охорони (ЗСО) для підземного джерела водопостачання визначаються залежно від норм чинного законодавства, нормативних документів та гідрогеологічних умов конкретної місцевості. Цей пояс є найбільш захищеною ділянкою і, як правило, встановлюється на фіксованій відстані від свердловини. У різних країнах або регіонах ця відстань може варіюватися — зазвичай у межах 50–100 метрів.

Межа другого поясу ЗСО визначається шляхом гідродинамічного моделювання з урахуванням кліматичних, архітектурних та будівельних особливостей району. Основним критерієм є час T_m , необхідний для проникнення можливого мікробного забруднення до водозабірної споруди. Розрахунок проводиться відповідно до вимог ДБН В.2.5-74:2013.

Третій пояс ЗСО також розраховується гідродинамічним методом, проте з урахуванням поширення хімічних речовин у потоці підземних вод. Головним критерієм тут виступає час, за який забруднення досягає зони водозабору. Цей час має бути не меншим за нормативний строк експлуатації водозабірної споруди, проте не менше ніж 25 років.

Відповідно до статті 112 Земельного кодексу України охоронні зони створюються:

- У межах територій, що прилягають до особливо цінних природних комплексів, пам'яток культурної спадщини, гідрометеорологічних об'єктів та інших важливих об'єктів, можуть встановлюватися охоронні зони з метою їхнього захисту від негативного впливу господарської діяльності та інших антропогенних факторів.
- Охоронні зони встановлюються навколо об'єктів електронних комунікацій, зокрема базових станцій мобільного зв'язку, наземних станцій супутникового зв'язку, а також уздовж ліній комунікаційних мереж, ліній електропередач, транспортних коридорів і промислових підприємств. Їх призначенням є забезпечення безперебійної роботи зазначених об'єктів, запобігання їх

пошкодженню, мінімізація негативного впливу на населення, довкілля, сусідні території та природні ресурси.

Правовий режим земель охоронних зон визначається законодавством України.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проєкту було комплексно вирішено завдання з проєктування системи водопостачання для міста із населенням 45 тисяч осіб. У результаті реалізовано повний цикл розрахунків і технічних рішень — від вибору джерела підземного водозабору до визначення собівартості подачі води. Особливу увагу приділено впровадженню сучасної технології пом'якшення води за допомогою кристалактора, яка дозволяє ефективно знижувати вміст жорстких солей у воді. Також розроблено конструктивне рішення для будівництва резервуарів чистої води, здійснено трасування та гідравлічну оцінку мережі, а також враховано санітарні вимоги до зон охорони. Отримані технічні та економічні показники свідчать про доцільність застосованих рішень для забезпечення надійного, якісного та безпечного водопостачання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 180 с.
2. Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. – К: Аграрна наука, 2008 – 534 с.
3. Хоружий П.Д., Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1993. – 230 с.: іл.
4. Шевелёв Ф. А., Шевелёв А. Ф. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб: Справочное пособие. - М.:Стройиздат, 1984 – 117 с.
5. Водозаборные сооружения: Примеры к выполнению графической части курсового проекта для студентов / сост. А.М. Тугай, Е.В. Юрков, В.А. Бурлай, Л.И. Кислицына. – К.: КИСИ, 1992. – 12 с.
6. 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. – 48 с.
7. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування систем водопостачання: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2001. – 256 с.
8. Мандрус В. І. Гідравлічні та аеродинамічні машини: Підручник. – Львів: “Магнолія плюс”, видавець В.М. Піча, 2004. – 340 с.
9. Омельченко О. В., Цвіркун Л. О. Гідравлічні машини: навч. посіб. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2020. 100 с.
10. Очищення питної та технічної води . Приклади і розрахунки/В. Ф. Кожинов – М: Стройиздат, 1971. – 302 с.
11. *Експлуатація* систем водопостачання і водовідведення: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт/ уклад. О.В. Дупляк – К.: КНУБА, 2012. – 40 с.
12. *Прокопчук І.Т., Дупляк О.В., Прокопчук С.І.* Експлуатація споруд і обладнання водопостачання і водовідведення: К.: КНУБА. 2009.- 200 с.
13. Кравчук А.М., Ільїна І.В., Чупрунова Н.А. Альбом завдань по санітарно-технічному обладнанню будівель. – К.; КНУБА, 2002. – 40 с.

14. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина 1. Проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 113 с.
15. Кравчук А.М., Кравчук О.Я. Водопостачання і каналізація: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2012. – 180 с.
16. Константинов Ю.М., Василенко А.А., Сапухин А.А. Гидравлический расчет сетей водоотведения. Расчетные таблицы. – К.: Будівельник, 1987. – 120 с.