

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової
справи

03-06-146М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проекту

«Водопровідна мережа міста»

з навчальної дисципліни **«ВОДОПОСТАЧАННЯ
(системи подачі та розподілення води) з курсовим
проєктом»** для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною
програмою «Будівництво та цивільна інженерія» зі
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(«Водопостачання та водовідведення»)
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною
радою з якості ННІБА
Протокол № 1 від 29.08.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до курсового проекту «Водопровідна мережа міста» з навчальної дисципліни «ВОДОПОСТАЧАННЯ (системи подачі та розподілення води) з курсовим проектом» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» («Водопостачання та водовідведення»), денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Шадура В. О. – Рівне : НУВГП, 2024. – 56 с.

Укладач: Шадура В. О., к.т.н., доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск – Мартинов С. Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» – Караван В. В., к.т.н., доцент.

© В. О. Шадура, 2024
© НУВГП, 2024

Під час підготовки бакалаврів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» провідне місце у вирішенні благоустрою та інженерного забезпечення населених пунктів питною водою вод займає проектування водопровідних мереж та споруд. Експлуатаційна надійність будівель та споруд значною мірою залежить від функціонування систем водопостачання.

Предметом вивчення дисципліни є системи та схеми водопостачання, інженерні мережі водопостачання та водовідведення, основи проектування, будівництва і експлуатації мереж та споруд.

Головне завдання дисципліни є допомога студентам вивчити основні характеристики та сферу застосування систем та схем водопостачання, підібрати труби, водопровідні арматуру які необхідні для проектування та будівництва водопровідних споруд, їх надійної експлуатації.

Студенти вивчають характеристику і сферу застосування схем водопостачання населених пунктів, житлових і промислових об'єктів; методи визначення параметрів мереж і споруд водопостачання.

Під час вивчення курсу **«Водопостачання (системи подачі та розподілення води) з курсовим проектом»** студенти виконують курсовий проект (КП) за індивідуальним завданням, зміст якого передбачає:

- вибір системи і схеми водопостачання міста;
- визначення розмірів водоспоживання, побудова графіків водоспоживання і подачі води;
- трасування магістральних і розподільчих мереж;
- визначення діаметрів труб мережі і водоводів;
- ув'язку водопровідної мережі, визначення п'єзометричних позначок і побудову профіля напорів по контуру мережі;
- визначення розмірів РЧВ, та підбір насосів, що живлять мережу;

- складання конструктивної схеми мережі та деталювання характерних вузлів мережі.

Об'єм КП – 25-32 сторінок формату А4 і до п'яти листів креслень формату А4.

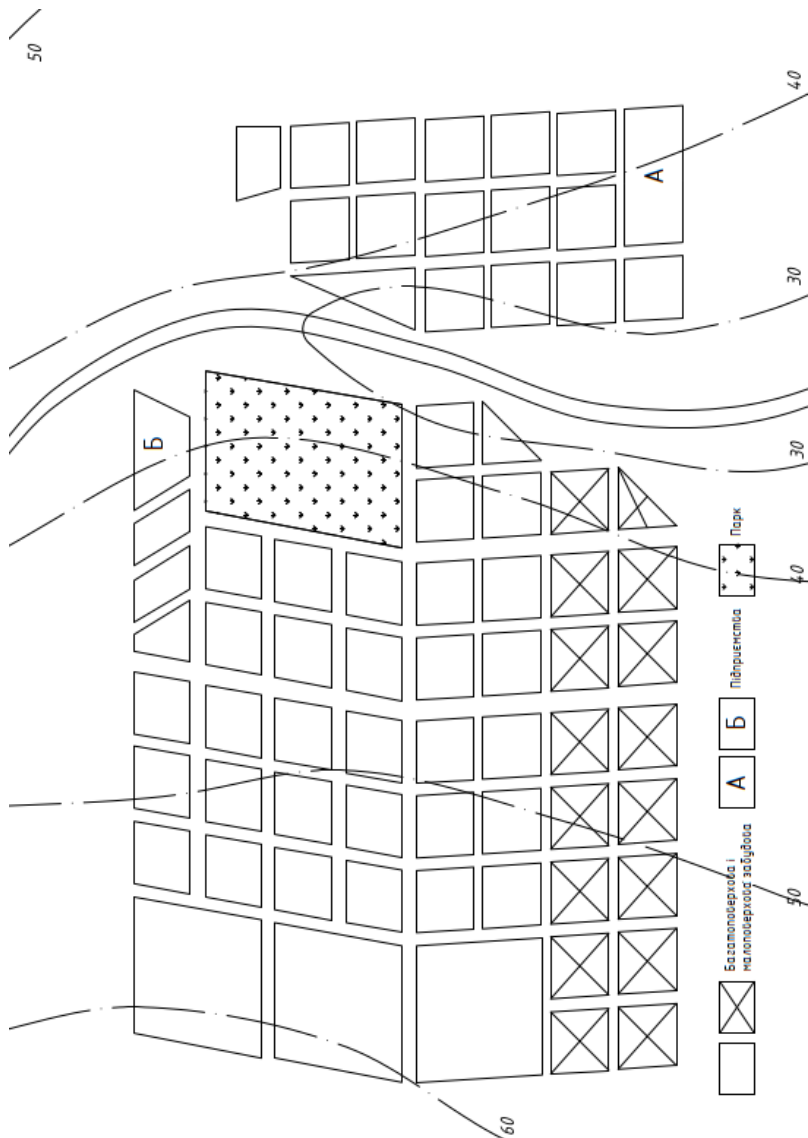


Рис.1.1. План міста

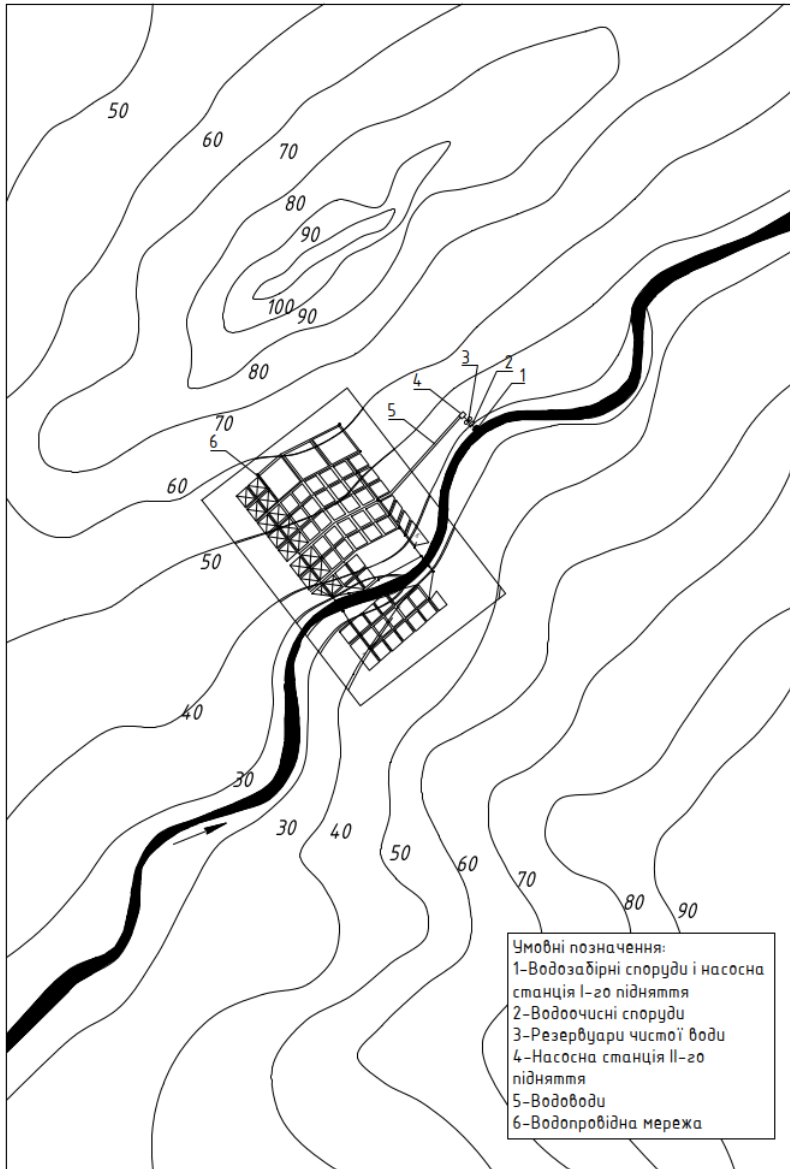


Рис.1. 2. Ситуаційний план з нанесенням водопровідних споруд

Зміст

1. Характеристика об'єкта і вибір схеми водопостачання.....	8
1.1 Характеристика об'єкта водопостачання.....	8
1.2 Визначення системи водопостачання.....	9
2. Визначення розрахункових витрат води	10
2.1 Добові й річні витрати води:	10
2.1.1 Витрати води на підприємствах.	12
2.1.2 Витрати води на полив.....	13
2.2 Погодинні витрати води.....	14
2.3 Графіки водоспоживання і роботинасосів, що живлять водопровідну мережу.	15
2.4 Витрати води на пожежогасіння.	15
2.5 Розрахункові режими роботи водопровідної мережі	19
2.6 Розрахункові витрати води	20
3.Розрахунок водопровідної мережі	22
3.1 Проектування водопровідної мережі.....	22
3.2 Вузлові відбори води.....	22
3.3 Попередній поточкорозподіл	27
3.4 Визначення матеріалу труб водопровідної мережі	31
3.5 Визначення діаметрів труб мережі	31
3.6 Гідравлічні розрахунки	34
3.6.1 Ув'язка мережі.....	34
3.6.2 Розрахунки через Epanet	35
4. Розрахунки водоводів, напірно-регулювальних споруд та насосних станцій.....	42
4.1 Водоводи	42

4.2 Розрахунок РЧВ.....	43
4.3 Насосні станції, що живлять водопровідну мережу.....	45
5. Конструювання водопровідних мереж.....	47
5.1 Розташування водопровідної арматури.....	47
5.2 Деталювання вузлів у мережі.....	49
Список використаної літератури:	56

1. Характеристика об'єкта і вибір схеми водопостачання

Розташування об'єкта водопостачання (населеного пункту) на місцевості показується на планшеті у відповідному масштабі (рис. 1.1), де крім природних об'єктів (річки, болота, ліси) позначають головні дороги, найближчі населені пункти (за необхідністю), а також основні водопровідні лінії та споруди, необхідні для обґрунтування системи й схеми водопостачання.

Використовуючи план забудови населеного пункту, дається коротка характеристика водоспоживачів:

- населення, яке проживає в житлових зонах забудови (його чисельність, кількість поверхів, ступінь санітарного благоустрою житла);
- виробничих підприємств (промислових, сільськогосподарських), зокрема їх назви, обсяги продукції, що вони виготовляють, режими роботи протягом доби й року, показники пожежної безпеки, необхідний напір на ввіді тощо;
- громадських та комунально-побутових закладів (їх назви, об'єм будівлі, кількість поверхів тощо);
- територій, що поливають із водопроводу (квітників, газонів, теплиць), їх площі, графіки поливу протягом року, кількість поливів за добу.

Приклад 1.

Об'єктом водовідведення є місто. Його розташування на місцевості показано на ситуаційному плані (рис. 1.1, 1.2). Основою для проектування водопровідної мережі є план забудови й завдання на проектування.

Згідно завдання в місті є дві житлові зони [1, т. 1]: багатоповерхова (5 поверхів) з 3 ступенем благоустрою і малоповерхова (2 поверхи) з 2 ступенем благоустрою; поливні території: присадибні ділянки площею 1,4 га (тривалість поливного сезону 153 днів); громадський заклад висотою в 6 поверхів і об'ємом будівлі 24 тис. м³, і промислове підприємство А: трикотажна фабрика – з однією зміною, за яку випускається 20 т. продукції за добу, з об'ємом будівлі 15 тис. м³ із категорією виробництва за пожежною безпекою Г і ступеню вогнестійкості будівлі V. Промислове підприємство Б: Завод пластмасових виробів – з двома змінами, за які випускається 28 т. продукції за добу, з об'ємом будівлі 20 тис. м³ із категорією виробництва за пожежною безпекою Г і ступеню вогнестійкості будівлі V.

Геологічні умови такі: ґрунт на трасі водопроводу - суглинок, глибина промерзання ґрунту - 1,2 м, глибина залягання ґрунтових вод – 1,65 м.

1.2 Визначення системи водопостачання

Система водопостачання, як комплекс інженерних споруд, призначених для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, транспортування й розподілу водоспоживачам, повинна забезпечувати подачу необхідної кількості води на потреби всіх категорій споживачів. При цьому повинні бути мінімальними витрати на будівництво й експлуатацію водопровідних споруд і не порушуватись екологічна рівновага навколишнього середовища.

В курсовому проекті приймається централізована система водопостачання з використанням підземних вод. Централізована система водопостачання повинна забезпечити господарсько – питне водоспоживання, виробничі потреби підприємств, витрати води на полив і гасіння пожеж [1, п. 4.3 та 4.4]. Такий водопровід

вважають об'єднаним господарсько-питним, виробничим і протипожежним [2,3,4,4].

Централізована система водопостачання населеного пункту повинна забезпечувати: побутове водоспоживання в житлових і громадських будівлях, потреби комунально-побутових підприємств; побутове водоспоживання на підприємствах, промислові потреби промпідприємств, потреби на пожежегасіння, власні потреби станцій водопідготовки, промивку мереж. Протипожежний водопровід приймаємо низького тиску, що забезпечує вільний напір в мережі на рівні поверхні землі при пожежегасінні не менше 10 м [1. п. 2.29].

2. Визначення розрахункових витрат води

2.1 Добові й річні витрати води

Населення:

Середні витрати води (за рік), м³/доб, на господарсько – питні потреби в комунальному секторі визн. за формулою

$$Q_{сеп}^{доб} = \frac{q * N * K_m}{1000}, \quad (2.1)$$

де q - середньодобове питоме водоспоживання людиною, л/(доб.*люд.)

[1, п.2.1];

N - розрахункова к-сть жителів у районах житлової забудови різного ступеню благоустрою;

K_m - коефіцієнт, що враховує потреби місцевої промисловості, громадських і побутових закладів, зокрема тих, що забезпечують населення продуктами харчування ($K_m = 1,1 \dots 1,2$) [1, табл.1, прим 4; 2, с.15].

Розрахункові витрати води за добу найбільшого і найменшого водоспоживання, м³/добу

$$Q_{max}^{доб} = Q_{сеп}^{доб} * K_{max}^{доб}, \quad (2.2)$$

$$Q_{min}^{доб} = Q_{сеп}^{доб} * K_{min}^{доб}, \quad (2.3)$$

де $K_{\max}^{доб}$ та $K_{\min}^{доб}$ - максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання, які враховують устрій життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, зміни водоспоживання протягом року, днів тижня: $K_{\max}^{доб} = 1,1 \dots 1,3$; $K_{\min}^{доб} = 0,7 \dots 0,9$ [1, п.2.2].

Після обчислення витрат води для кожної групи споживачів визначають загальні розрахункові максимальні, середні та мінімальні добові витрати води, що відбираються з водопроводу населеного пункту. Як правило всі обчислення та результати розрахунків наводять у таблицях (див. приклад, табл.2.1).

Приклад 1.

Розрахунки ведемо в табличній формі:

Таблиця.2.1

Добові витрати води населенням

Зона забудови	Кількість жителів N, осіб	Питома водоспожив., q, л/добу	Невраховані витрати K _m	Коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання		Добові витрати, м ³ /добу		
				K _{max}	K _{min}	Q _{сеп}	Q _{max}	Q _{min}
Багатоповерхова	28000	250	1,1	1,1	0,9	7700	8470	6930
Малоповерхова	14000	200	1,2	1,2	0,8	3080	3696	2464
Всього:	51000	-	-	-	-	10780	12166	9394

2.1.1 Витрати води на підприємствах.

Враховуються витрати на технологічні потреби, господарсько – питні цілі та користування душами. Цілком достатньо визначити тільки головні показники, що характеризують величини витрат води та їх зміну протягом доби, року, тощо.

Тому витрати води на підприємствах слід визначати за формулою:

$$Q_{\text{пр}} = P * q_{\text{пр}}, \quad (2.4)$$

де P – кількість продукції, що випускається підприємством за визначений період (зміну, добу, рік);

$q_{\text{пр}}$ – питома витрата води на одиницю продукції, що випускається підприємством, м³, за визначений період [2,3,4].

Мінімальні й максимальні витрати води на підприємствах визначають залежно від коефіцієнтів зміни водоспоживання у літній та зимовий період $K_{\text{літ}}$ та $K_{\text{зим}}$, які приймають за [2,3].

Обчислення та результати розрахунків ведемо в табличній формі: (табл.2.2)

Приклад 2.

Таблиця 2.2

Добові витрати води на потреби підприємств

Підприємство	Питома витрати	Зміна	Од.	Обсяг	К		Добові витрати		
					літ	зим	сер	макс	мін
Трико-тажна фабрика	15	1		20	1,0	0,9	300	300	200
Завод пластмасових виробів	10	1		18	1,0	1,0	180	180	180
		2		10	1,0	1,0	100	100	100
Разом							580	580	480

2.1.2 Витрати води на полив.

Витрати води на полив, м³/доб, визначаються за формулою

$$Q_{\text{пол}} = 10 \cdot q_n \cdot F_n \cdot m, \quad (2.5)$$

де q_n – питомі витрати на один полив, л/м², які залежать від виду поливної території та кліматичних умов [1, п.2.3];

F_n – площа поливу, га;

m – кількість поливів за добу $m = 1 \dots 2$ [1, п.2.3].

Приклад 3.

Таблиця. 2.3

Добові витрати води на полив						
Територія поливання	Площа Га.	Питомі витрати л/м ²	Кількість поливів	Добові витрати		
				Середні	Макс.	Мін.
Квітники та газони	3,2	5	1	160		
Полив трави	3,5	3	1	105		
Разом				265		

Добові витрати води, що відбираються з міського водопроводу, визначаються як сума витрат всіма категоріями споживачів, що забезпечуються водою із об'єднаного водопроводу. Ці витрати наведено в таблиці. 2.4

Приклад 4.

Таблиця. 2.4

Підсумкова таблиця добових витрат води споживачами міста

№	Споживачі	Добові витрати, м ³ /доб		
		середні	максимальні	мінімальні
1	2	3	4	5
А. Комунальний сектор (таблиця 1.1)				

Продовження табл.2.4.				
1	Багатоповерхова зона забудови	7700	8470	6930
2	Малоповерхова зона забудови	3080	3696	2464
	Разом	10780	12166	9394
Б. Поливання (таблиця 1.2)				
1	Квітники та газони	160	160	-
2	Полив трави	105	105	-
	Разом	265	265	-
В. Підприємства (таблиця 1.3)				
1	Трикотажна фабрика	300	300	300
2	Завод пластмасових виробів	280	280	280
	Разом	580	580	480
	ВСЬОГО	11625	13011	9874

2.2 Погодинні витрати води.

Розподіл води по годинах проводять для доби макс. водоспоживання. Для цього за величиною коефіцієнта $K_{\text{год макс}}$ вибирають відповідний типовий процентний розподіл [2,3,4].

$$K_{\text{год макс}} = \alpha_{\text{макс}} * \beta_{\text{макс}}, \quad (2.6)$$

де $\alpha_{\text{макс}}$ – коеф, який враховує ступінь санітарного благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови і приймається рівним $\alpha_{\text{макс}} = 1, 2 \dots 1,4$ [1, п.2.3];

$\beta_{\text{макс}}$ – коефіцієнт, який враховує кількість жителів в населеному пункті [1, табл.2]:

Приклад 5.

Для наших вихідних даних визначаємо коефіцієнти годинної нерівномірності і всі розрахунки проведемо в табличній формі (табл.2.5.)

$$N_A = 28000 \text{ чол.} - \beta_{\text{макс}} = 1,18;$$

$$N_A = 14000 \text{ чол.} - \beta_{\text{макс}} = 1,25.$$

$$\text{Для зони „А”}: K_{\text{год макс}} = 1,2 * 1,18 = 1,42 \text{ прийнято } 1,4$$

$$\text{Для зони „Б”}: K_{\text{год макс}} = 1,3 * 1,25 = 1,63 \text{ прийнято } 1,7$$

За отриманими результатами таблиці 2.5 будемо графіки водоспоживання (рисунки 2.1 і 2.2), визначаємо годину максимального водоспоживання та погодинні витрати води що їм відповідають, а також удуємо графіки роботи насосів, що живлять водопровідну мережу.

2.4 Витрати води на пожежогасіння.

Визначення кількості одночасно – можливих пожеж.

Для об'єднаного пожежного водопроводу, кількість одночасних пожеж приймають від сумарної кількості жителів в населеному пункті [1, п.2.12].

Розрахункові пожежні витрати.

Їх приймають максимальними від розрахункової к-сті пожеж.

Для цього визначають:

- а) всі можливі місця виникнення пожеж;
- б) к-сть одночасних пожеж;
- в) витрати на зовнішнє і внутрішнє пожежогасіння;
- г) Сумарні пожежні витрати для кожного можливого місця їх виникнення.

Розрахункові витрати на пожежогасіння.

- Для населення [1, табл.5,6];
- для підприємств [1, табл.7,8];
- для громадського закладу [1, табл.6].

Таблиця. 2.5

Погодинні витрати води в населеному пункті

Години доби	Населення		Населення		Пром. підприєм., м³/год		Полів, м³/год	Сумарні витрати		Ордина ти інтегр. граф., %
	I-ї житлової зони		II-ї житлової зони		А	Б		м³/год	%	
	%	м³/год	%	м³/год						
0-1	2,50	211,75	1	36,96				248,71	1,91	1,91
1-2	2,65	224,46	1	36,96				261,42	2,01	3,92
2-3	2,20	186,34	1	36,96				223,30	1,72	5,64
3-4	2,25	190,58	1	36,96				227,54	1,75	7,39
4-5	3,20	271,04	2	73,92			26,5	344,96	2,65	10,04
5-6	3,90	330,33	3	110,88			26,5	467,71	3,59	13,63
6-7	4,50	381,15	5	184,80			26,5	592,45	4,55	18,18
7-8	5,10	431,97	6,50	240,24			26,5	698,71	5,37	23,55
8-9	5,35	453,15	6,50	240,24	37,5	22,5	26,5	779,89	5,99	29,54
9-10	5,85	495,50	5,50	203,28	37,5	22,5		785,28	6,04	35,58
10-11	5,35	453,15	4,50	166,32	37,5	22,5		679,47	5,22	40,8
11-12	5,25	444,68	5,50	203,28	37,5	22,5		707,96	5,44	46,24
12-13	4,60	389,62	7	258,72	37,5	22,5		708,34	5,44	51,68
13-14	4,40	372,68	7	258,72	37,5	22,5		691,40	5,31	56,99
14-15	4,60	389,62	5,50	203,28	37,5	22,5		652,90	5,02	62,01
15-16	4,60	389,62	4,50	166,32	37,5	22,5		615,94	4,73	66,74
16-17	4,90	415,03	5	184,80		12,5	26,5	638,83	4,91	71,65
17-18	4,60	389,62	6,50	240,24		12,5	26,5	668,86	5,14	76,79
18-19	4,70	398,09	6,50	240,24		12,5	26,5	677,33	5,21	82
19-20	4,50	381,15	5	184,80		12,5	26,5	604,95	4,65	86,65
20-21	4,40	372,68	4,50	166,32		12,5	26,5	578,00	4,44	91,09
21-22	4,20	355,74	3	110,88		12,5		479,12	3,68	94,77
22-23	3,70	313,39	2	73,92		12,5		399,81	3,07	97,84
23-24	2,70	228,69	1	36,96		12,5		278,15	2,14	100
Всього	100	8470	100	3696	300	280	265	13011	100	

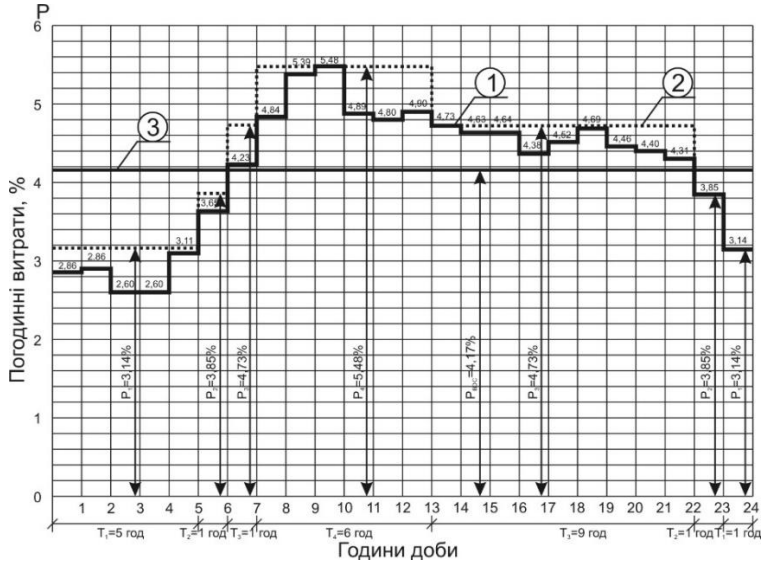


Рис. 2.1 Ступінчастий графік водоспоживання

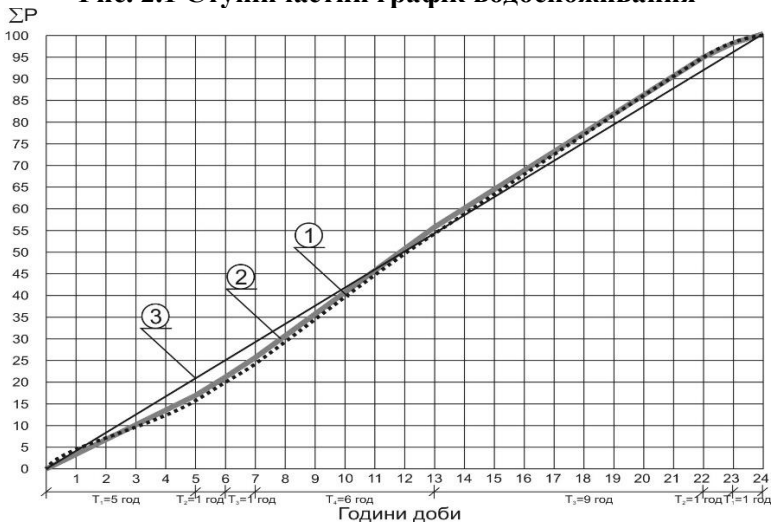


Рис. 2.2 Інтегральний графік водоспоживання

Витрати на внутрішнє пожежогасіння.

Витрати на внутрішнє пожежогасіння на підприємствах і громадських закладах, визначають залежно від характеристик підприємств, будівельного об'єму й кількості поверхів будівель [1,2,3,4].

Приклад 6

Можливі місця виникнення пожеж:

- а) багатоповерхова зона ($N = 28,0$ тис. нас.), кількість одночасних пожеж – 2;
- б) малоповерхова зона ($N = 14$ тис. нас.), кількість одночасних пожеж – 2;
- в) підприємство (трикотажна фабрика), площа підприємства 15 тис.м², кількість одночасних пожеж – 1;
- г) підприємство (завод пластмасових виробів), площа підприємства 20 тис.м², кількість одночасних пожеж – 1;
- д) Громадських закладах (готель), площею 38 тис.м², кількість одночасних пожеж – 1. Розрахунки ведемо в табличній формі (табл.2.7)

Таблиця.2.7

Витрати води на пожежогасіння

№ п.п.	Місце пожежогасіння	Кількість одночасних пожеж	q _{пож} , л/с		Сумарні пожежні витрати, л/с
			Зовн	Внутр.	
1	Багатоповерхова зона	2	25	0	25
2	Малоповерхова зона	2	10	0	10
3	Підприємство А	1	20	5	25
4	Підприємство Б	1	30	5	35
5	Готель	1	20	5	25

Висновок: приймаємо дві пожежі з найбільшими сумарними витратами, які припадають на два підприємства
 $q_{\max} = 35 + 25 = 60 \text{ л/с}$

2.5 Розрахункові режими роботи водопровідної мережі

В курсовому проекті водопровідну мережу будемо розраховувати на 3 розрахункові випадки:

I розрахунковий випадок: максимальне водоспоживання (максимальне погодинне в добу максимального водоспоживання);

II розрахунковий випадок: пожежогасіння (у годину максимального водоспоживання на господарсько-питні і виробничі цілі в добу максимального водоспоживання);

III розрахунковий випадок: мінімальне водоспоживання (в добу максимального водоспоживання)

I розрахунковий випадок: для нашого випадку максимальне водоспоживання (9-10 година, в яку населений пункт споживає
 $Q_{\text{год}}^{\max} = 785,28 \text{ м}^3/\text{год} = 785,28/3,6 = 218,1 \text{ л/с}$.

В цю годину різні категорії споживачів розбирають із мережі таку кількість води:

- населення I-ї житлової зони: $495,5/3,6 = 137,6 \text{ л/с}$;
- населення II-ї житлової зони: $203,3/3,6 = 56,5 \text{ л/с}$;
- підприємство : $37,5/3,6 + 22,5/3,6 = 16,7 \text{ л/с}$;

II розрахунковий випадок: пожежогасіння в годину максимального водоспоживання.

$$Q_{\text{пож}} = 60 + 218.16 = 278.1 \text{ л/с.}$$

III розрахунковий випадок: мінімальний розрахунковий випадок, година 1-2. $Q_{\text{год}}^{\text{min}} = 223,30 \text{ м}^3/\text{год} = 223,3/3,6=62,03$

2.6 Розрахункові витрати води

На основі таблиць 2.5, 2.6, 2.7 та графіків (рис. 2.1 та 2.2), визначають розрахункові витрати води, які зводять в таблицю.

Таблиця. 2.8

Розрахункові витрати води

№ п.п.	Назва	Одиниці виміру	Витрата
Водоспоживання			
1	Річна	м ³ /рік	4186945
2	Максимальна добова	м ³ /доб	13011
3	Максимальна годинна	м ³ /год	785,28
4	Максимальна секундна	л/с	218,1
5	Протипожежна	л/с	60
6	Протипожежна повна	л/с	278,1
Подача води в мережу			
1	Річна	м ³ /рік	4186945
2	Добова	м ³ /доб	13011
3	Погодинні		
	1) насосами I – го ступеню	м ³ /год	278,44
	2) насосами II – го ступеню		399,44
	3) насосами III – го ступеню		478,80
	4) насосами IV – го ступеню		605,10
	5) насосами V – го ступеню		668,76
	6) насосами VI – го ступеню		707,80
7) насосами VII – го ступеню	785,28		

Продовження табл.2.8			
4	Секундні	л/с	77,34
	1) насосами I – го ступеню		110,96
	2) насосами II – го ступеню		133,00
	3) насосами III – го ступеню		168,08
	4) насосами IV – го ступеню		185,77
	5) насосами V – го ступеню		196,61
	6) насосами VI – го ступеню		218,10
	7) насосами VII – го ступеню		

3. Розрахунок водопровідної мережі

3.1 Проектування водопровідної мережі.

Робимо трасування і складаємо розрахункову схему мережі. Для даного міста приймаємо комбіновану схему мережі. В місцях під'єднання водонапірної башти, підприємств, при переході перешкод, якщо довжина магістральних мереж перевищує 800...1000 м, при зміні зони забудови та при сходженні трьох магістральних ліній в одній точці влаштуємо вузли. (див. рис. 3.1)

3.2 Вузлові відбори води

Вузлові відбори пропорційні довжині кожної ділянки і визначаються за формулою:

$$q_{\text{вз}} = 0,5 \left(q_{\text{нит}_I} \sum_{i=1}^{n_I} \ell_i + q_{\text{нит}_{II}} \sum_{i=1}^{n_{II}} \ell_j \right) + q_{\text{к.с.}}, \quad (3.5)$$

де $q_{\text{нит}}$ - питомі витрати води в зоні забудови;

$q_{\text{к.с.}}$ - витрати води крупними споживачами;

$\ell_{i,j}$ - розрахункові довжини ділянок в зоні;

n - кількість ділянок, що прилягають до вузла в 1-й, 2-й зонах забудови.

Вираховуємо розрахункові довжини ділянок магістралі.

Для зони забудови в загальному випадку питомі витрати води визначаються за формулою:

$$q_{\text{нит}} = \frac{q_{\text{ш}}}{L_p} = \frac{q_n + q_{\text{пол}}}{L_p}, \quad (3.6)$$

де $q_{\text{нит}}$ - питомі витрати води; $q_{\text{ш}}$ - шляхові витрати води; q_n - витрати води населенням;

$q_{\text{пол}}$ - витрати води на полив;

L_p - розрахункова довжина магістральних ліній.

Для I-го і II-го розрахункових випадків питомі витрати води будуть однаковими, оскільки в годину максимального водоспоживання полив не проводиться, а отже $q_{пол} = 7,36$:

$$q_{num_1} = \frac{q_{ш}}{L_p} = \frac{q_{н_1}}{L_{p_1}} = \frac{137,6}{5025} = 0,027383 \text{ л/с/м}$$

$$q_{num_2} = \frac{q_{ш}}{L_p} = \frac{q_{н_2}}{L_{p_2}} = \frac{63,86}{1940} = 0,032918 \text{ л/с/м}$$

Для III-го розрахункового випадку питомі витрати води:

$$q_{num_1} = \frac{q_{ш}}{L_p} = \frac{q_{н_1} + q_{пол}}{L_{p_1}} = \frac{51,75}{5025} = 0,010308 \text{ л/с/м}$$

$$q_{num_2} = \frac{q_{ш}}{L_p} = \frac{q_{н_2} + q_{пол}}{L_{p_2}} = \frac{10,2}{1940} = 0,005258 \text{ л/с/м}$$

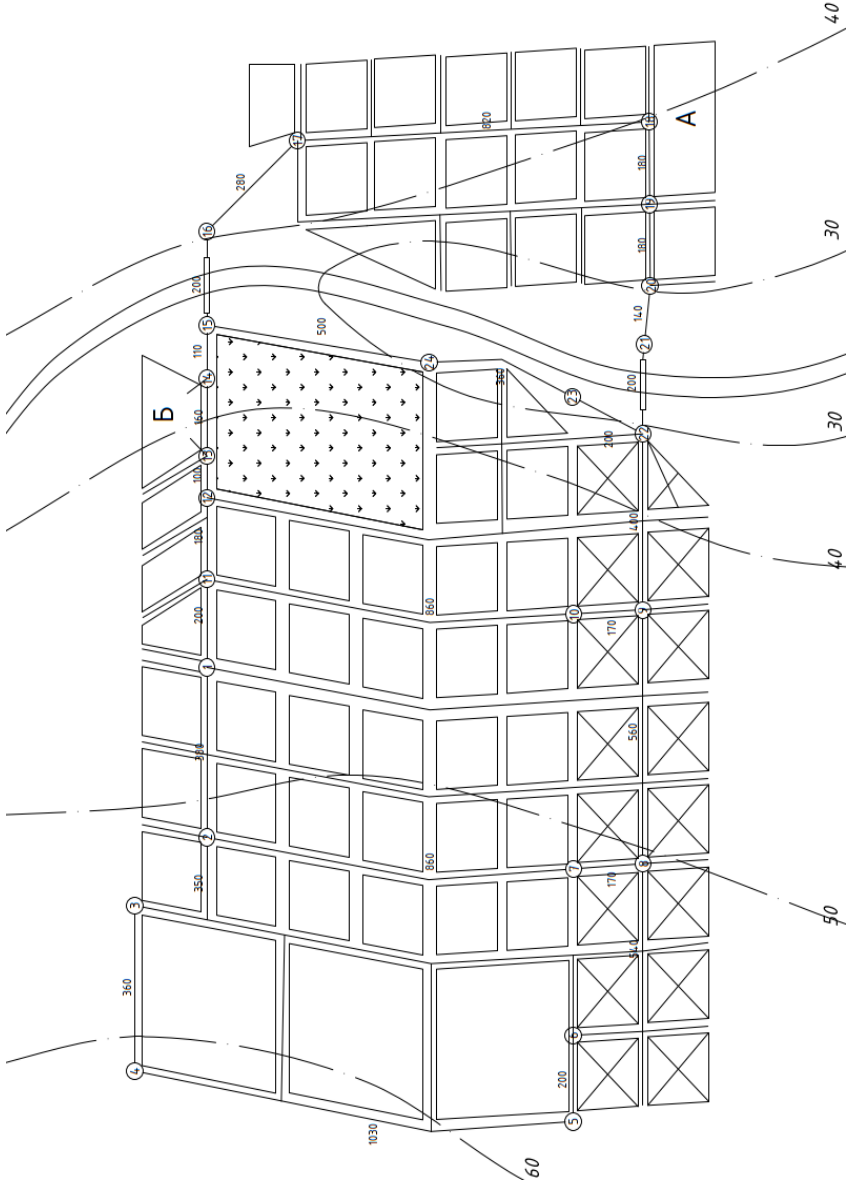


Рис.3.1. Розрахункова схема водопровідної мережі.

3.1 Розміщення розрахункових вузлів для складання розрахункової схеми магістральної водопровідної мережі

Для випадку пожежі в годину максимального водоспоживання приймаємо пожежу у вузлах №13, №14, №18, №19.

Таблиця 3.1

Вузлові відбори для випадку максимального водоспоживання і пожежогасіння

№ вузла	По значення ділянок	1-ша житлова зона			2-га житлова зона			Великі водоспоживачі	Загальна вузлова витрата, л/с	пожежогасіння	Загальні
		I _p , м		Відбір, л/с	I _p , м		Відбір, л/с				
		ділянок	сума		ділянок	сума					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1-2	380	580	7,94					7,94		7,94
	1-11	200									
2	1-2	380	159 0	21,7 7					21,7 7		21,77
	2-3	350									
	3-4	860									
3	3-4	350	530	7,26					7,26		7,26
	4-5	180									
4	4-5	180	695	9,52					9,52		9,52
	5-6	515									
5	4-5	515	615	8,42		100	1,65		10,0 7		10,07
	5-6	100									
6	5-6	100	100	1,37	100	640	10,53		11,9		11,9
	6-8										
7	2-7	860	860	11,77		170	2,8		14,5 7		14,57
	7-8										
8	6-8				540	1270	20,9		20,9		20,9
	7-8				170						
	8-9				560						
9	8-9				560	1130	18,6		18,6		18,6
	9-10				170						
	9-22				400						
10	9-10		860	11,77	170	170	2,8		14,57		14,57

	10-11	860									
11	1-11	200	1240	16,98				16,98		16,98	
	10-11	860									
	11-12	180									
12	11-12	180	230	3,15				3,15		3,15	
	12-13	50									
13	12-13	50	130	1,78				4,88		21,88	
	13-14	80					3,1		17		
14	13-14	80	80	1,1			3,2	4,3	18	22,3	
	14-15										
15	14-15							0		0	
	15-16										
	15-24										
16	15-16							0		0	
	16-17										
17	16-17		820	11,23				11,23		11,23	
	17-18	820									
18	17-18	820	910	12,46				17,66		29,66	
	18-19	90					5,2		12		
19	18-19	90	270	3,7			5,2	8,9	13	21,9	

	19-20	180									
20	19-20	180	180	2,46					2,46		2,46
	20-21										
21	20-21								0		0
	21-22										
22	9-22				400	400	6,58		6,58		6,58
	21-22										
	22-23										
23	22-23		180	2,46					2,46		2,46
	23-24	180									
24	23-24	180	180	2,46					2,46		2,46
	15-24										
Разом		10050	10050	137,6	3880	3880	63,86	16,7	218,16	60	278,16

3.3 Попередній поточкорозподіл

Попередній поточкорозподіл водопровідній мережі є першим етапом техніко-економічного та гідравлічного розрахунків СПРВ, в процесі яких визначають параметри ділянок труб, втрати напору в мережі, висоту ВБ та необхідний напір насосів, що живлять водопровідну мережу.

При виконанні попереднього поточкорозподілу слід враховувати такі рекомендації [2,3,6]:

1. Повинен виконуватись перший закон Кірхгофа, який читається: алгебраїчна сума витрат води в вузлі =0.

2. По головних магістралях необхідно направляти приблизно однакові витрати води.
3. Крупним споживачам воду необхідно подавати найкоротшим шляхом.

Початковий потокорозподіл потоків q_i виконують для кожного розрахункового випадку. Для цього на розрахункових схемах мережі (рис. 3.2; 3.3; 3.4) стрілками позначають напрямки руху води на кожній ділянці мережі, величини витрат на ділянках та у вузлах мережі, а також коефіцієнти x_i , які враховують роль ділянок у затратах енергії на транспортування води.

Коефіцієнти x_i визначають в процесі розподілу одиничних (фіктивних) витрат, що подається від НС і транзитом проходять через всю мережу до однієї, або кількох точок сходу потоків. Їх розподіл проводять аналогічно розподілу витрат води q_i , але з врахуванням таких особливостей [2,3]:

- ✓ від НС подається величина $x_i=1,0$;
- ✓ напрямки руху фіктивних витрат x_i на ділянках збігаються з напрямками руху фактичних витрат q_i ;
- ✓ фіктивні витрати відбираються тільки в точках сходу потоків в сумі $x_i=1,0$, тому в проміжних вузлах їх відбори рівні нулю;
- ✓ алгебраїчна сума фіктивних витрат x_i для кожного вузла повинна дорівнювати нулю.

Для випадку пожежегасіння та при розрахунках мережі на аварійні ситуації, розподіл фіктивних витрат x_i не проводять.

Результати показані на рис. 3.2; 3.3; 3.4.

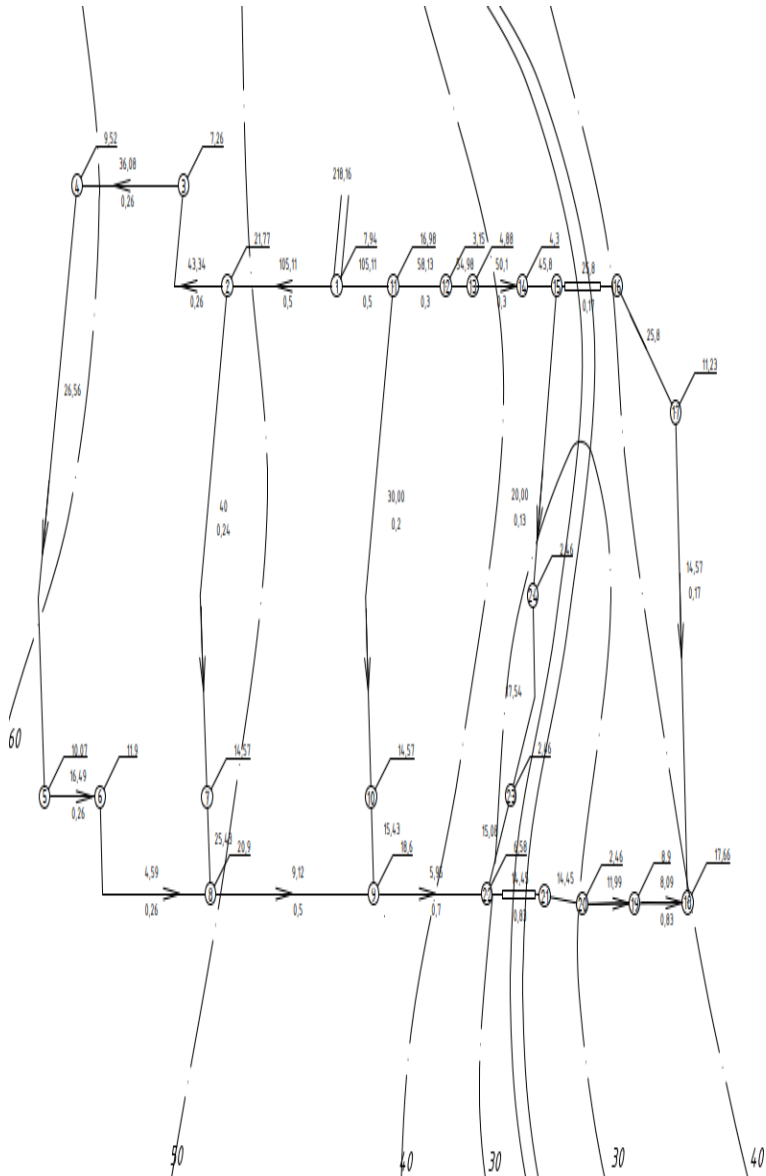


Рис.3.2 Вузлові відбори і попередній поточкорозподіл (випадок максимального водовідбору)

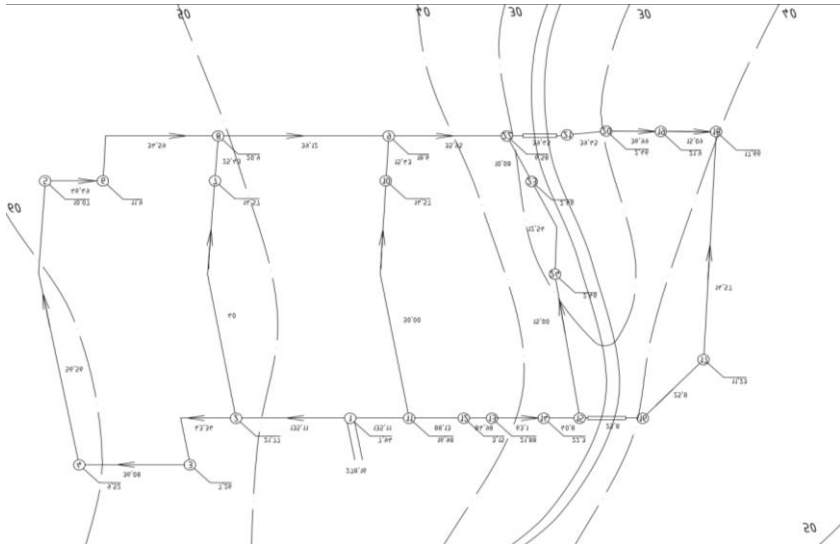


Рис.3.3 Вузлові відбори і попередній потікорозподіл (випадок пожежі в годину максимального водовідбору)

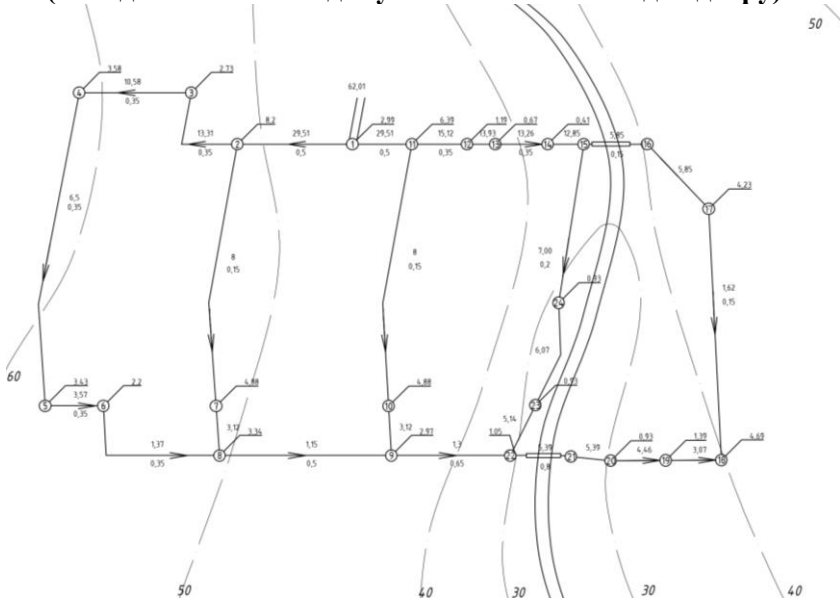


Рис.3.4 Вузлові відбори і попередній потікорозподіл (випадок мінімального водовідбору)

3.4 Визначення матеріалу труб водопровідної мережі

Матеріал труб у системах господарсько-питного водопостачання не повинен викликати погіршення якості води відповідно до *Державних санітарних правил і норм «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання»*. Матеріал і клас міцності труб необхідно вибирати на основі статистичного розрахунку з урахуванням санітарних умов, агресивності ґрунту й води, а також умов роботи трубопроводу і вимог до якості води [1, п. 8.21].

Так приймаємо для магістральних трубопроводів – пластмасові труби, (на перетині водних перешкод сталеві); для розподільчої мережі – пластмасові.

3.5 Визначення діаметрів труб мережі

Економічно вигідні діаметри труб ділянок мережі визначають на основі техніко-економічних розрахунків для двох розрахункових режимів: максимального водоспоживання (рис. 3.2) і пожежегасіння (рис. 3.3). Для варіанту пожежегасіння виконується перевірка на пропускання протипожежних витрат.

Економічно вигідні діаметри труб можна визначити за номограмами [3]; усі необхідні для цього величини наводять у табличній формі (табл. 3.2). Величини прийнятих економічно-вигідних діаметрів $d_{ек}$ перевіряють на пропускання пожежних витрат води. При цьому швидкість води у трубах не повинна перевищувати 2,0...2,5 м/с, що викликано значним збільшенням втрат напору при більших швидкостях, а в деяких випадках – кавітацією в трубах і їх руйнуванням.

Значення економічного фактора та сталевих (ділянки 15-16 та 21-22) труб приймаємо $E=1$.

Приклад 7.

Таблиця 3.2

Визначення діаметрів водопровідної мережі

№ діл	Мах. Водоспоживання						Прийнято діаметр		
	Q, л/с	Xi	D, мм	Труби класу ПЕ 100+			Q, л/с	V, м/с	D, мм
				Дзовн	t	Двн			
1-2	105,1 1	0,5	354	400	15,3	369,4	135,11	1,26	400
2-3	43,34	0,26	244	280	10,7	258,6	73,34	1,4	280
3-4	36,08	0,26	231	250	9,6	230,8	66,08	1,58	250
4-5	26,56	0,26	211	250	9,6	230,8	56,56	1,35	250
5-6	16,49	0,26	183	200	7,7	184,6	46,49	1,74	200
6-8	4,59	0,26	125	160	6,2	147,6	34,59	2,02	160
7-8	25,43	0,24	205	225	8,6	207,8	25,43	0,75	225
2-7	40	0,24	235	250	9,6	230,8	40	0,96	250
8-9	9,12	0,5	171	180	6,9	166,2	39,12	1,8	180
1-11	105,1 1	0,5	354	400	15,3	369,4	135,11	1,26	400
9-11	15,43	0,2	172	180	6,9	166,2	15,43	0,71	180
10-11	30	0,2	209	225	8,6	207,8	30	0,89	225
11-12	58,13	0,3	272	355	13,6	327,8	88,13	1,04	355
12-13	54,98	0,3	268	280	10,7	258,6	84,98	1,62	280
13-14	50,1	0,3	260	280	10,7	258,6	63,1	1,2	280
14-15	45,8	0,3	254	280	10,7	258,6	40,8	0,78	280

Продовження табл.3.2									
15-16	25,8	0,17	180	194	6	182	25,8	0,99	194
16-17	25,8	0,17	194	225	8,6	207,8	25,8	0,76	225
17-18	14,57	0,17	164	180	6,9	166,2	14,57	0,67	180
15-24	20	0,13	172	180	6,9	166,2	15	0,69	180
23-24	17,54	0,13	166	180	6,9	166,2	12,54	0,58	180
22-23	15,08	0,13	159	180	6,9	166,2	10,08	0,46	180
9-22	5,95	0,7	159	180	6,9	166,2	35,95	1,66	180
22-21	14,45	0,83	195	219	6	207	39,14	1,16	219
21-20	14,45	0,83	213	225	8,6	207,8	39,14	1,15	225
20-19	11,99	0,83	202	225	8,6	207,8	36,99	1,09	225
19-18	3,09	0,83	135	160	6,2	147,6	15,09	0,88	160

Трубопроводи розподільчої мережі прийнято конструктивно - діаметром 160мм.

3.6 Гідравлічні розрахунки

Гідравлічні розрахунки передбачають проведення серій перевірочних обчислень, в результаті яких визначають фактичні витрати води та втрати напору на ділянках, а також п'єзометричні позначки та вільні напори у вузлах мережі. При розрахунках сумісної роботи споруд і мереж СПРВ визначають дійсні подачі й напори насосних станцій, витрати і рівні води в напірно-регулювальних спорудах тощо.

Як відомо, [2,3,5,] стан гідравлічно врівноваженої мережі повинен відповідати аналогам обох правил Кірхгофа. *Першого:* для будь-якого вузла, як і для мережі в цілому, алгебраїчна сума витрат води дорівнює нулю $-\sum q_i = 0$. *Другого:* для будь-якого замкнутого контуру алгебраїчна сума втрат напору дорівнює нулю $-\sum h_i = 0$. В результаті попереднього розподілу потоків води забезпечується виконання першого правила. Для того щоб виконувалось і друге правило необхідно провести перерозподіл потоків на ділянках мережі, який називають *ув'язкою*. За отриманими значеннями витрат води визначають втрати напорів на ділянках, а на їх основі величини вільних напорів та п'єзометричних позначок у вузлах мережі.

3.6.1 Ув'язка мережі

За основу для ув'язки кільцевої водопровідної мережі приймають її розрахункову схему (рис. 3.1). На підготовчих етапах розрахунків визначають: витрати води на ділянках (в результаті попереднього поточкорозподілу) q_i та гідравлічні опори ділянок (за отриманими значеннями діаметрів труб) S_i , наприклад, за формулою [2, 4]

$$S_i = \frac{k \cdot K_s \cdot l_s}{d_s^m}, \quad (3.7)$$

де k і m - коефіцієнт і показник степеня, які залежать від матеріалу труб (табл.3.2);

K_s –коефіцієнт збільшення гідравлічного опору труб в процесі експлуатації $K_s \in 1.0$ [2,3,4];

l_i та d_i – довжина та діаметр i -ї ділянки, м.

За відомими значеннями витрат та гідравлічних опорів визначають втрати напору для кожної ділянки мережі

$$H_i = S_i \cdot q_i^2, \quad (3.8)$$

Для кожного елементарного кільця мережі визначають нев'язку

$$\Delta h_k = \sum_{i=1}^{m_k} h_{ik}, \quad (3.9)$$

де m_k - кількість ділянок у кільці;

h_{ik} - втрати напору на i -й ділянці, яка входить у k -те кільце.

Теоретично для гідравлічно врівноваженої („ув'язаної“) мережі $\Delta h_k = 0$, тобто має виконуватися аналог другого правила Кірхгофа. Практично завжди $\Delta h_k \neq 0$. Тому, у процесі ув'язки проводять такий перерозподіл потоків, щоб для будь-якого замкненого контуру (елементарного кільця чи контуру з кількох кілець) не порушувався аналог першого правила Кірхгофа та виконувалась умова

$$|\Delta h_k| \leq \Delta h_{\text{дон}}, \quad (3.10)$$

Суть ув'язки полягає в тому, що у визначеному ув'язочному контурі витрати води на кожній його ділянці змінюють на поправкову витрату Δq_k , яку вносять із врахуванням напрямів руху води. Процес ув'язки є ітераційним і його продовжують до досягнення умови (3.10) для кожного замкненого контуру.

3.6.2 Розрахунки через Epanet

Гідравлічні розрахунки велися за допомогою програмного комплексу Epanet 2.0 (табл.3.3-3.5 та рис.3.5)

Таблиця 3.3

Результати розрахунку параметрів вузлів для випадку
максимального водоспоживання

Таблиця Мережі - Вузли				
	Відмітка	Витрата	Напір	Тиск
ІД Вузла	м	л/с	м	м
Junc 1	47	7,94	89,58	42,58
Junc 2	52	21,77	88,79	36,79
Junc 3	54	7,26	88,04	34,04
Junc 4	61,1	9,52	87,1	26
Junc 5	57,6	10,07	85,73	28,13
Junc 6	55,8	11,9	85,47	29,67
Junc 7	51,7	14,57	85,71	34,01
Junc 8	50,5	20,9	85,46	34,96
Junc 10	44,6	14,57	86,1	41,5
Junc 9	43,6	18,6	85,4	41,8
Junc 11	44,5	16,98	89,06	44,56
Junc 12	41,8	3,15	88,83	47,03
Junc 13	40,7	4,88	88,44	47,74
Junc 14	38	4,3	87,92	49,92
Junc 15	37	0	87,62	50,62
Junc 16	40,1	0	87,33	47,23
Junc 17	42,2	11,23	86,5	44,3
Junc 18	39,9	17,66	84,97	45,07
Junc 19	35,1	8,9	84,98	49,88
Junc 20	30,1	2,46	85,05	54,95
Junc 21	28	0	85,12	57,12
Junc 22	30,1	6,58	85,21	55,11
Junc 23	28	2,46	85,51	57,51
Junc 24	29	2,46	86,26	57,26
Tank 25	88,58	-218,16	89,58	1

Таблиця 3.4

Результати розрахунку параметрів ділянок для випадку максимального водоспоживання

Таблиця Мережі - Ланки						
	Дов- жина	Діам- етр	Шорс- ткість	Потік	Швид- кість	Питома втрата напору
ІД Ланки	м	мм	мм	л/с	м/с	м/км
Pipe 1	380	369,4	0,15	99,21	0,93	2,08
Pipe 2	350	258,6	0,15	39,39	0,75	2,15
Pipe 3	360	230,8	0,15	32,13	0,77	2,59
Pipe 4	1030	230,8	0,15	22,61	0,54	1,33
Pipe 5	200	184,6	0,15	12,54	0,47	1,34
Pipe 6	540	184,6	0,15	0,64	0,02	0,01
Pipe 7	860	230,8	0,15	38,05	0,91	3,59
Pipe 8	170	230,8	0,15	23,48	0,56	1,42
Pipe 9	200	369,4	0,15	111,01	1,04	2,59
Pipe 10	860	230,8	0,15	37,24	0,89	3,44
Pipe 11	170	184,6	0,15	22,67	0,85	4,12
Pipe 12	560	184,6	0,15	3,22	0,12	0,11
Pipe 13	180	327,8	0,15	56,79	0,67	1,31
Pipe 14	100	258,6	0,15	53,64	1,02	3,9
Pipe 15	160	258,6	0,15	48,76	0,93	3,24
Pipe 16	110	258,6	0,15	44,46	0,85	2,72
Pipe 17	500	184,6	0,15	18,27	0,68	2,73
Pipe 18	360	184,6	0,15	15,81	0,59	2,07

Продовження табл.3.4

Pipe 19	200	184,6	0,15	13,35	0,5	1,5
Pipe 20	400	184,6	0,15	7,29	0,27	0,48
Pipe 21	200	207	2	13,1	0,39	1,44
Pipe 22	200	207	2	13,1	0,39	1,44
Pipe 23	280	207,8	0,15	26,2	0,77	2,98
Pipe 24	820	184,6	0,15	14,97	0,56	1,87
Pipe 25	180	184,6	0,15	-2,69	0,1	0,08
Pipe 26	180	230,8	0,15	-11,59	0,28	0,38
Pipe 27	140	230,8	0,15	-14,05	0,34	0,54
Pipe 28	200	207	2	7,03	0,21	0,42
Pipe 29	200	207	2	7,03	0,21	0,42
Pipe 30	1	1000	0,15	218,16	0,28	0,07

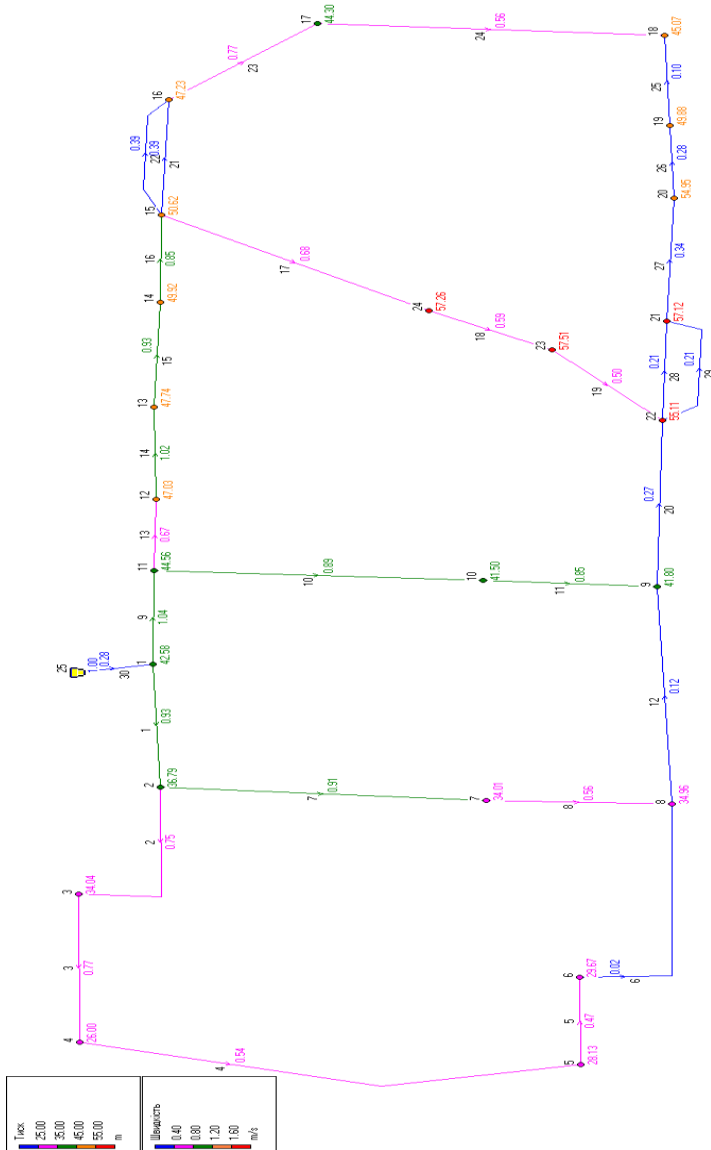


Рис. 3.5 Розрахункова схема магістральної мережі з результатами гідравлічного розрахунку (максимальний водовідбір)

Таблиця 3.5

Результати розрахунку параметрів вузлів для випадку протипожежного водоспоживання

Таблиця Мережі - Вузли				
	Відмітка	Витрата	Напір	Тиск
ІД Вузла	m	LPS	m	m
Junc 1	47	7,94	74,1	27,1
Junc 2	52	21,77	73,15	21,15
Junc 3	54	7,26	72,25	18,25
Junc 4	61,1	9,52	71,1	10
Junc 5	57,6	10,07	69,26	11,66
Junc 6	55,8	11,9	68,81	13,01
Junc 7	51,7	14,57	69,08	17,38
Junc 8	50,5	20,9	68,71	18,21
Junc 10	44,6	14,57	69,04	24,44
Junc 9	43,6	18,6	67,91	24,31
Junc 11	44,5	16,98	73,03	28,53
Junc 12	41,8	3,15	72,32	30,52
Junc 13	40,7	21,88	71,08	30,38
Junc 14	38	22,3	69,86	31,86
Junc 15	37	0	69,44	32,44
Junc 16	40,1	0	69	28,9
Junc 17	42,2	11,23	67,75	25,55
Junc 18	39,9	29,66	64,8	24,9

Продовження табл. 3.5.

June 19	35,1	21,9	64,92	29,82
June 20	30,1	2,46	65,34	35,24
June 21	28	0	65,72	37,72
June 22	30,1	6,58	66,18	36,08
June 23	28	2,46	66,61	38,61
June 24	29	2,46	67,63	38,63
Tank 25	73,1	-278,16	74,1	1

4. Розрахунки водоводів, напірно-регулювальних споруд та насосних станцій

4.1 Водоводи

Водоводи транспортують воду від джерел до об'єктів водопостачання. В нашому випадку довжина водоводів становить 4 км, що вказує на їх значну будівельну вартість і великі витрати електроенергії на транспортування води. Тому слід правильно розрахувати водоводи.

Економічно вигідним діаметром труб напірних водоводів у системах водопостачання називають такий, при якому будуть найменшими зведені витрати у всьому комплексі гідравлічно взаємозв'язаних водопровідних споруд (насосна станція-водовід-резервуари).

Визначаємо економічно вигідний діаметр труб:

$$d_{ек} = \mathcal{E}^{\frac{1}{\alpha+m}} \left(\frac{Q_е}{n} \right)^{\frac{\beta+1}{\alpha+m}} \quad (4.1)$$

де \mathcal{E} - економічний фактор, значення якого для чавунних труб діаметром до 500 мм – 0,5...0,7, для нашого випадку приймаємо $\mathcal{E} = 0.65$;

$Q_е$ - розрахункові витрати води по водоводу, м³/с; n – кількість ниток водоводу; α, β, m показники степеня, що залежать від матеріалу труб [5, с. 139]

$$d_{ек} = 0,65^{\frac{1}{1,75+4,9}} \left(\frac{0,278}{2} \right)^{\frac{1,81+1}{1,75+4,9}} = 0.407 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр чавунних труб
D=450 мм

4.2 Розрахунок РЧВ.

Резервуари чистої води застосовують для зберігання господарських, протипожежних, технологічних і аварійних запасів води. Резервуари чистої води, які розташовують в основному біля станцій підготовки води, розраховують за формулою, м³:

$$W_p = W_{p.p.} + W_{p.n} + W_{p.в.} \quad (4.2)$$

де $W_{p.p.}$ - регулювальний об'єм, м³; $W_{p.n}, W_{p.в.}$ - об'єм води, відповідно, для пожежегасіння і промивки фільтрів на станції підготовки води.

$$W_{p.p} = \frac{(P_j - 4,17) \cdot T}{100} \cdot Q \quad (4.3)$$

де ΔP_1 - різниця між величинами надходження води в резервуар і її відбору насосами 1-го ступеня, %, тобто

$$\Delta P_1 = 4,17 - P_1 = 4,17 - 1,8 = 2,37 \%$$

ΔP_2 - те саме, для насосів другого ступеня:

$$\Delta P_2 = P_2 - 4,17 = 5,85 - 4,17 = 1,68 \%$$

T_1 і T_2 - тривалість роботи насосів відповідно першого і другого ступенів.

$$W_{p.p} = \frac{(4,65 - 4,17) \cdot 3 + (5,14 - 4,17) \cdot 5 + (5,44 - 4,17) \cdot 5 + (6,04 - 4,17) \cdot 2}{100} \cdot 13011 = 2113,2 \text{ м}^3$$

Об'єм води $W_{p.в.}$ визначається з розрахунку на 2 або більше промивок фільтрів за формулою:

$$W_{p.в.} = (0,01 \dots 0,015) Q_{p.добр} = 0,015 \cdot 13011 = 195,17 \text{ м}^3 \quad (4.15)$$

Протипожежний об'єм визначається за формулою:

$$W_{p.n} = (3,6q_{пож} - Q_{c.n})T_n + W_{зосп} \quad (4.16)$$

$$\text{де } Q_{c.n} = \frac{Q_{p.добр}}{24} = \frac{13011}{24} = 542,13 \text{ м}^3/\text{год} - \text{подача води}$$

в резервуари від станції підготовки води, м³/год;

T_n - розрахункова тривалість пожежегасіння: 2...3 год
[1, п.2.24];

$\sum Q_{\max}$ - сума максимальних погодинних витрат води в населеному пункті за період пожежегасіння T_n , м³; $Q_{\text{с}}$ - сумарні витрати води в душах, теплицях і на поливання територій підприємств протягом розрахункового часу пожежегасіння м³/год.

$$W_{p.n} = (3,6 \cdot 60 - 542,13) \cdot 3 + 779,9 + 785,3 + 698,3 = 1285,13 \text{ м}^3$$

Тоді загальний об'єм дорівнюватиме:

$$W_p = 2131,2 + 195,17 + 1285,13 = 3611,5 \text{ м}^3$$

Приймаємо 2 РЧВ по 2000 м³ кожний і розмірами в плані 24x18 м та з глибиною води 4,84м [4 додаток 12].

Для всіх складових об'ємів $W_{p.i}$ визначають висоти шарів води в кожному із них за формулою:

$$H_{p.i} = W_{p.i} / F_p \quad (4.17)$$

де F_p – площа дзеркала води в резервуарі, м².

$$H_{p.p} = \frac{2131,2}{2 \cdot 24 \cdot 18} = 2,47 \text{ м}; \quad H_{p.n} = \frac{1285,13}{2 \cdot 24 \cdot 18} = 1,49 \text{ м};$$

$$H_{p.с} = \frac{195,2}{2 \cdot 24 \cdot 18} = 0,23 \text{ м}$$

$$H_{p.p} + H_{p.n} + H_{p.с} = 2,47 + 1,49 + 0,23 = 4,19 \text{ м} < H_{p.чв} = 4,84 \text{ м}$$

В кінцевому розрахунку приймаємо $H_{p.n} = 1,50 \text{ м}$;

$H_{p.рег} = 4,84 - 1,50 = 3,34 \text{ м}$. Максимальний рівень води в

резервуарі приймаємо на $\Delta H_{p.чв} = 2 \text{ м}$ вищим від поверхні землі

з тим, щоб забезпечити роботу насосів під заливом. Для позначки землі на технологічному майданчику, де знаходиться РЧВ,

$Z_3 = 25,00 \text{ м}$, позначки рівнів води в них і дна будуть рівні:

- максимального:

$$Z_{p.\max} = Z_3 + \Delta H_{pчв} = 45,00 + 2,00 = 47,00 \text{ м};$$

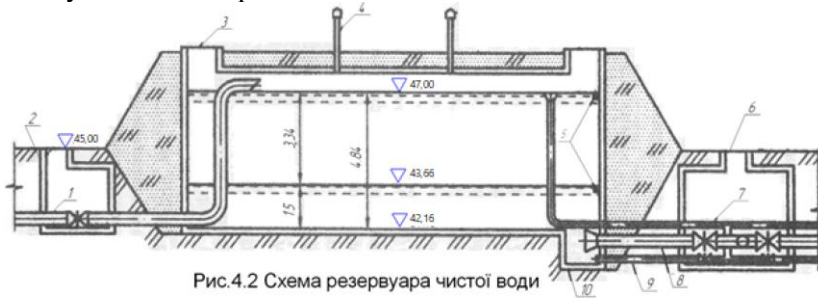
- мінімального:

$$Z_{p.\min} = Z_{p.\max} - H_{p.\text{рег}} = 47,00 - 3,34 = 43,66 \text{ м};$$

- дна:

$$Z_{p.\text{дна}} = Z_{p.\max} - H_{pчв} = 47,00 - 4,84 = 42,16 \text{ м}.$$

Схема одного резервуару і визначені позначки рівнів води в ньому показані на рис.4.2



1 - трубопровід подачі води; 2 - водопровідний колодязь; 3 - люк-лаз; 4 - вентиляційна труба; 5 - датчики рівнів води; 6 - камера переключень; 7 - переливний трубопровід; 8 - трубопровід забору води з РЧВ; 9 - грязьовий трубопровід; 10 - прямик.

4.3 Насосні станції, що живлять водопровідну мережу

Розрахунковий напір насосів визначають за формулою:

$$H_{p.n} = H_{z.ep} + h_k + h_g + h_m, \quad (4.18)$$

де $H_{z.ep}$ - середня геометрична висота підняття води, м;

h_k - втрати напору в комунікаціях насосної станції: для господарсько-питних насосів $h_k = 2$ м; для пожежних $h_k = 3$ м [2, 3, 4, 5]; h_g - втрати напору у водоводах при пропуску розрахункових витрат води; h_m - середні втрати напору у водопровідній мережі від вузла, до якого під'єднані водоводи.

Середня геометрична висота підняття для пожежних насосів

$$H_{z.пож} = Z_{\partial.n} + H_{н.н} - Z_{\partial.рчв}, \quad (4.19)$$

де $Z_{\partial.n}$ - геометрична позначка землі в «диктуючій точці» для 2-го розрахункового випадку; $H_{н.н}$ - необхідний вільний напір у цій точці для 2-го розрахункового випадку; $Z_{\partial.рчв}$ - геодезична позначка дна РЧВ.

Господарсько-питні насоси:

Для 3-го ступеня приймаємо розрахункову подачу насосів $Q_n = 785,2 \text{ м}^3/\text{год}$; для 2-го ступеня $Q_n = 707,8 \text{ м}^3/\text{год}$; для 1-го ступеня $Q_n = 399 \text{ м}^3/\text{год}$ (табл. 2.8)

Розрахунковий напір насосів:

$$H_{z.ер} = \frac{97.24 + 100.24}{2} - \frac{58.56 + 62.0}{2} = 49.85 \text{ м.}$$

Для даного випадку $h_k = 2 \text{ м}$; $h_m = 0$.

$$h_g = \frac{1000i \cdot l}{1000} \cdot n, \quad (4.20)$$

де $1000i = 1,56$ [6], $l = 1250 \text{ м}$ - довжина водоводу, n - кількість ниток водоводу.

$$h_g = \frac{1,56 \cdot 1250}{1000} = 1,95 \text{ м};$$

$$H_{г+h_m} = \Pi_1 - Z_{рчв} = 87,1 - 43,6 = 43,44 \text{ м}$$

де Π_1 - п'езометрична позначка у диктуючій точці
 $H = 43,44 + 1,95 + 2 = 47,39$

Приймаємо три робочих насоси для 3-го ступеня марки 320Д-50 ($n = 1470 \text{ об/хв}$). Надругому ступені працюватиме два насоси названої марки, на першому один насос.

Пожежні насоси:

$$Q_{н.пож} = 278.2 \text{ л/с (табл. 2.8);}$$

$$H_{z.пож} = Z_{\partial.n} + H_{н.н} - Z_{\partial.рчв} = 61.1 + 10 - 42.16 = 28,94 \text{ м}; h_k = 3 \text{ м}; h_g = 3,03 \text{ м [6];}$$

$$H_{н.пож} = 28,94 + 3,03 + 3 = 34,97 \text{ м.}$$

Для гасіння пожеж додатково приймаємо ще один насос марки

Д320-50 ($n=1470$ об/хв).

При трьох робочих насосах для системи водопостачання II – ї категорії, додатково приймаємо один резервний насос [1, п. 7.3] марки 320Д-50, а всього таких насосних агрегатів – п'ять.

5. Конструювання водопровідних мереж

Після визначення діаметрів труб магістральної мережі та її гідравлічних розрахунків, визначають діаметри труб розподільчої мережі, монтажні схеми (деталювання) їх окремих вузлів і розробляють робочі креслення. Діаметри розподільчих мереж визначають конструктивно, за умови пропуску пожежних витрат води (зовнішніх і внутрішніх) на гасіння однієї пожежі в даній житловій зоні, типу мереж та довжин ліній. На конструктивній схемі водоводів і мереж розміщують водопровідну арматуру. На монтажних схемах показують всю арматуру, фасонні частини, контури колодязів та всі трубопроводи. Робочі креслення складають для типових колодязів, великих і складних робочих камер та унікальних камер.

5.1 Розташування водопровідної арматури

На водопровідних мережах і водоводах установлюють регулюючу, запірну, водорозбірну й запобіжну арматури, а також водовипуски для спорожнення ділянок мережі чи водоводів (рис 5.1.).

Розрахункова відстань між пожежними гідрантами при простому лінійному розташуванні визначають за формулою:

$$R = kl_p + r - H_{буд}, \quad (5.1)$$

l_p – розрахункова довжина ліній пожежних рукавів, яка залежить від засобів пожежегасіння: для авто насосів беруть 200 м; k – коефіцієнт, який враховує згини і повороти пожежних рукавів, беруть в межах 0,6..0,95; r – радіус дії компактного струменя води, який залежить від витрат і діаметра сприскування,

у розрахунках допускається $r = 11..17$ м; $H_{\text{буд}}$ – висота будинку від поверхні землі до його найвищої точки, яка залежить від кількості поверхів, м:

$$H_{\text{буд}} = 3(n_{\text{пов}}+1), \quad (5.2)$$

$n_{\text{пов}}$ – кількість поверхів забудови.

Віддаль між гідрантами не повинна бути меншою за 80..85 м.

Для багатоповерхової зони:

$$H_{\text{буд}} = 3(n_{\text{пов}}+1) = 3*(5+1) = 18 \text{ м};$$

$$R = kl_p+r-H_{\text{буд}} = 0,9*200+14-18 = 176 \text{ м};$$

Для малоповерхової зони:

$$H_{\text{буд}} = 3(n_{\text{пов}}+1) = 3*(2+1) = 9 \text{ м}.$$

$$R = kl_p+r-H_{\text{буд}} = 0,9*200+14-9 = 185 \text{ м};$$

На магістралях із діаметром труб понад 400 мм пожежні гідранти не встановлюють, оскільки вони знижують надійність роботи цих мереж. У цьому випадку [1, п. 8.7] для встановлення пожежних гідрантів та підключень водоспоживачів прокладаються дублюючі лінії з діаметром, що дорівнює діаметру розподільчої мережі, або встановлюють їх на відгалуженнях до будівель (внутрішні квартальні мережі). Доцільно встановлювати гідранти на розподільчих лініях у місцях їх під'єднань до магістральних, а в окремих випадках, і на підключеннях споживачів. Допускається встановлення гідрантів на байпасах. При обґрунтуванні застосовують нестандартні пожежні підставки. Не допускається встановлення пожежних гідрантів на тупикових відгалуженнях від ліній водопроводу, якщо в них відсутнє постійне протікання води.

Розташували на схемі пожежні гідранти й водорозбірні колонки, приступають до розміщення засувок на мережі керуючись вимогами [1. п. 8.10, 5, с. 194]:

— на всіх водопровідних лініях у місцях приєднання водоводів від насосних станцій та башт до магістральної мережі;

— в місцях підключення усіх ліній розподільчих мереж до магістральних;

— на вводах до підприємств (їх повинно бути не менше двох із підключенням до різних ремонтних ділянок) і до громадських будівель;

— на початку і в кінці кожної ремонтної ділянки з таким розрахунком [1, п. 8.10], щоб відключалось не більше п'яти пожежних гідрантів.

В найнижчих точках ремонтних ділянок передбачаються водовипуски [1, п. 8.14] для спорожнення при ремонтах чи промиванні. Діаметри випусків й обладнання для впускання повітря назначають таким, щоб забезпечувалось спорожнення ремонтних ділянок не більше як за 2 год.

На поворотах трубопроводів у вертикальній і горизонтальній площині, коли зусилля, що виникають, не можуть бути сприйняті стиками труб, необхідно передбачати упори. Влаштувають упори з бетону, бутобетону та бутової кладки.

5.2 Деталювання вузлів у мережі

Уся водопровідна арматура, яка має фланцеві типи з'єднань, встановлюється у водопровідних колодязях. На схемі всі водопровідні колодязі нумерують. Для встановлення водопровідної арматури застосовують стандартні чавунні [8], або сталеві зварні фасонні частини.

За відомими діаметрами труб мережі та арматурою, яка встановлюється на ній, складають її монтажну схему, тобто виконують деталювання вузлів мережі. На цій схемі за допомогою умовних позначень показують труби, фасонні частини й арматуру [2,3,4,5,6]. Деталюванням одного призначення, розмірів (довжина, діаметр) і виготовленим з одного матеріалу, присвоюють на схемі один (наскрізний) номер (позицію).

За монтажною схемою мережі упорядковують специфікацію труб, фасонних частин та арматури [2,3,4], а при будівництві виконують монтаж колодязів на мережі. Специфікація необхідна для складання кошторису й замовлення необхідних труб та деталей для будівництва мережі.

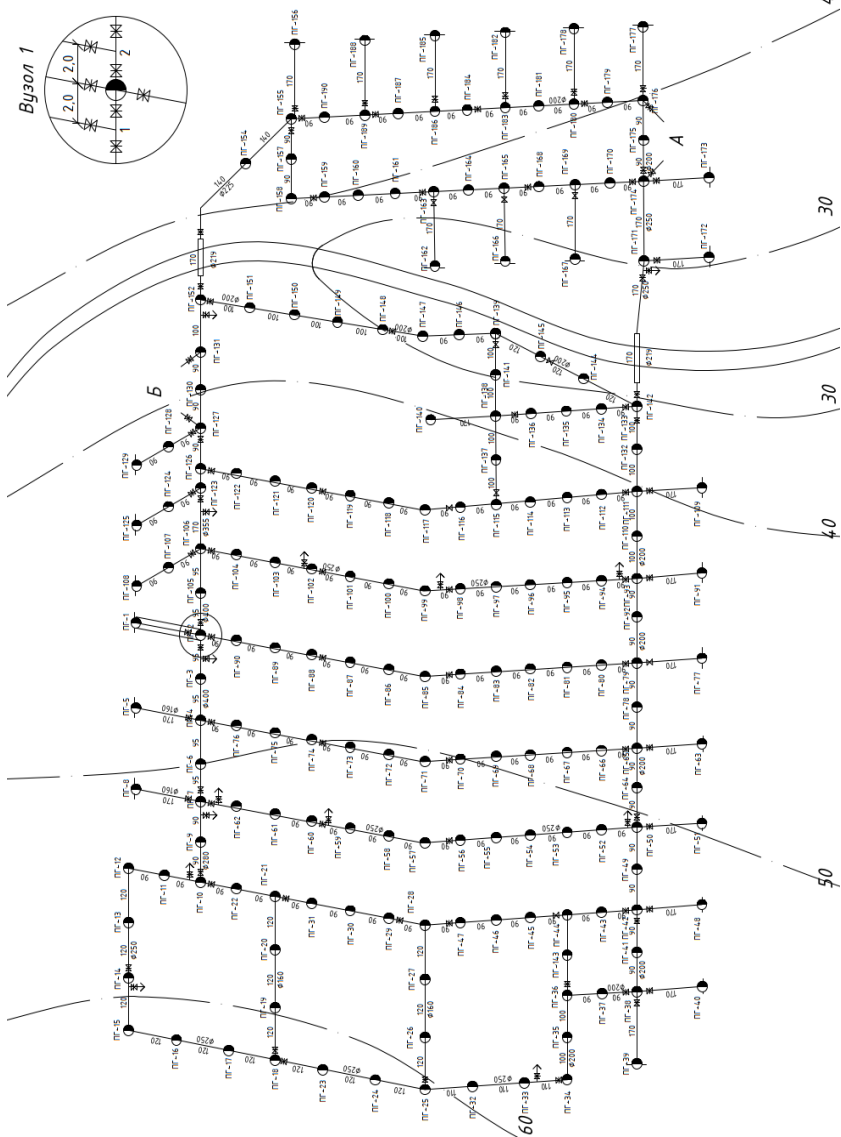
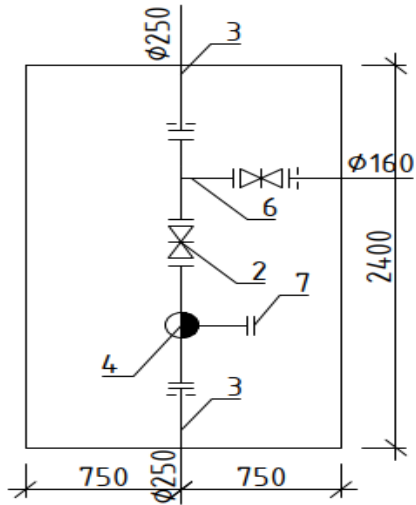
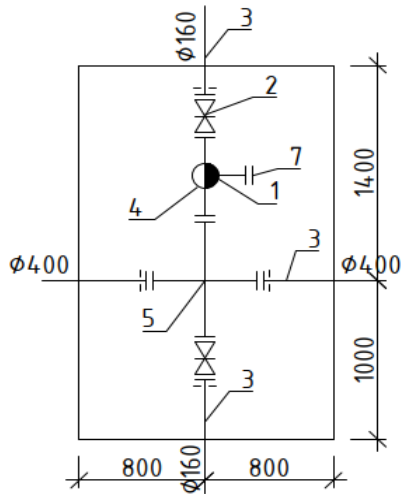


Рис.5.1 Схема розміщення водопровідних колодязів

ПГ-98



ПГ-4










Примітка : ПГ-4 і ПГ-98 виконані з моноліту залізобетону

Рис.5.2. Деталювання колодязів

Таблиця 5.1.

Специфікація фасонних частин і арматури

№ п/п	Назва фасонних частин арматури	Умовні позначення		Розміри		Усього в колодязях			Заг. г-ть.	Маса, кг	
		схема	документ	D/d0	L/10	ПГ-156	П4	ПГ98		Од.	Заг.
1	Пожежний гідрант		ПГ	125	1000	1	1	1	3	100	300
2	Засувка		30ч90сбр	200	330	2	2	1	5	99	495
				250	450	-	-	1	1	185	185
3	Патрубок фланець гладкий кінець		ПФГ	200	350	3	2	1	6	32	192
				250	350	-	-	2	2	42,3	84,6
				400	400	-	2	-	2	89,2	178,4
4	Пожежна підставка		ППТФ	200	300	1	1	-	2	83	166
				250	300	-	-	1	1	111	111
5	Хрест фланцевий		КФ	400	400 325	-	1	-	1	166	166
6	Випуск фланцевий		ВФ	250	300	-	-	1	1	86,8	86,8
7	Заглушка		ЗФ	200	25	-	1	1	2	3	6

A-A
M 1:20

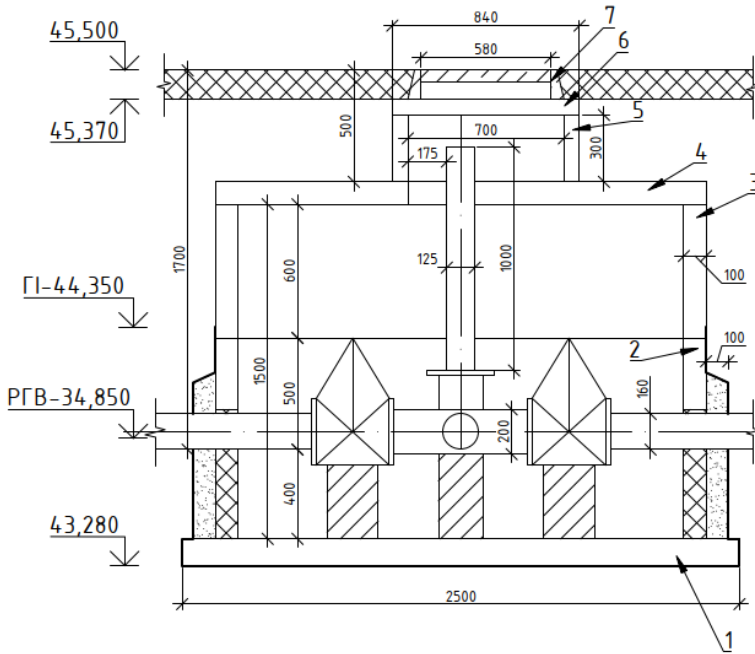


Рис.5.3. Водопровідний колодязь (розріз)

План
М 1:20

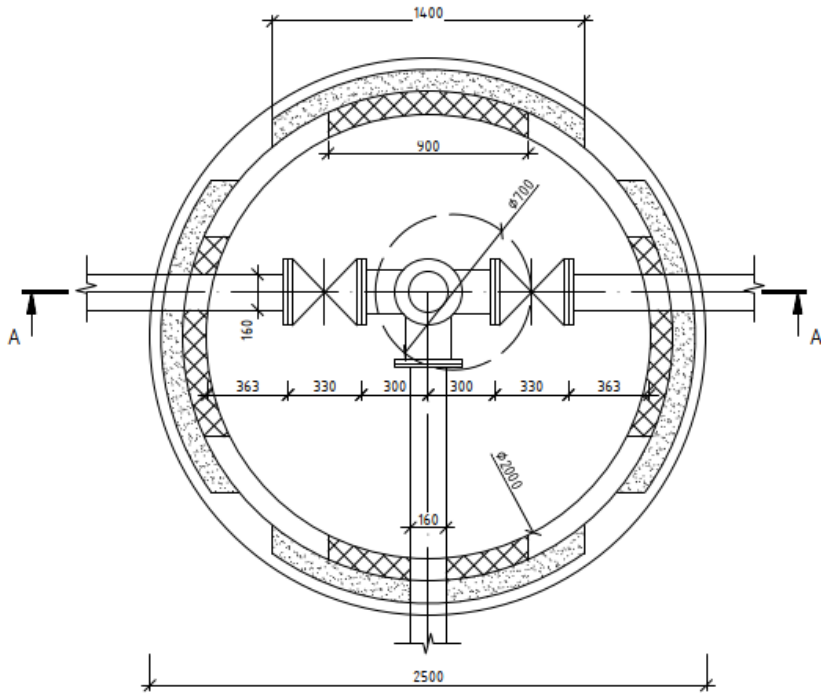


Рис.5.4. Водопровідний колодязь (план)

Специфікація виробів на будівництво колодязя ПГ-63

№ п/п	Позначення	Назва, марка	Одиниці вим.	Кількість одиниць	Маса, кг
1	ГОСТ 8020-90	Плита днища ПН20	Шт.	1	1480
2	ГОСТ 8020-90	Стінове кільце КС20.96	Шт.	1	1100
3	ГОСТ 8020-90	Стінове кільце КС20.6	Шт.	1	950
4	ГОСТ 8020-90	Плита перекриття 4ПП20-2	Шт.	1	1280
5	ГОСТ 8020-90	Стінове кільце КС7.3	Шт.	1	130
6	ГОСТ 8020-90	Опорне кільце	Шт.	1	50
7	ГОСТ 3634-79	Люк	Шт.	1	132

Список використаної літератури:

1. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Київ, 2013. 136 с.
2. Ткачук О. А., Шадура В. О. Водопровідні мережі: навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2010. 146 с.
3. Ткачук О. А., Шадура В. О. Водопровідні мережі : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2004. 117 с.
4. Хоружий П. Д., Ткачук О. А Водопровідні системи і споруди. К. : Вища школа, 1993. 262 с.
5. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню та каналізації / Хоружий П. Д., Орлов В. О., Ткачук О. А. та інші. К. : Урожай, 1992. 328 с.
6. Методичні вказівки до курсового проекту «Водопровідна мережа міста» з дисципліни «ВОДОПОСТАЧАННЯ. Системи подачі та розподілення води» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» («Водопостачання та водовідведення») денної та заочної форм навчання / Шадура В. О. Рівне : НУВГП, 2019. 64 с.