

Міністерство освіти і науки України
Інженерний навчально-науковий інститут
Запорізького національного університету

О. Г. Добровольська

ВОДОПРОВІДНІ МЕРЕЖІ

Методичні вказівки до самостійної роботи
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної
програми
«Міські інженерні мережі»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол №_ від
_____ р.

Запоріжжя

2021

УДК 628.1/.2(075)

Д 560

Добровольська О. Г. Водопровідні мережі : Методичні вказівки до самостійної роботи для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійною програмою «Міські інженерні мережі». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 106 с.

В рукопису подано в систематизованому вигляді стислий виклад завдань до самостійної роботи студентів з дисципліни «Водопровідні мережі», інформацію та приклади їх виконання, зроблено акцент на устрої водопровідних інженерних мереж і споруд, що на них влаштовуються для забезпечення надійної експлуатації, способах прокладання, особливостях розміщення мереж різного призначення у підземному просторі. Містить ілюстративний (рисунок, схеми) і табличний матеріали.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Міські інженерні мережі».

Рецензенти:

В. А. Банах, доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи та технічної освіти Запорізького національного університету

Є. А. Манідіна,

кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної екології та охорони праці

Запорізького національного університету

Відповідальний за випуск

А. В. Банах, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва і архітектури

Завдання до змістового модулю 1 «Системи водопостачання»

Визначити середню добову витрату води на господарсько-питні потреби міста, розташованого в області В, з населенням N_1 . Ступінь благоустрою будинків С. Чисельні значення прийняти по табл.1 згідно з номером в журналі групи.

Таблиця 1 – Вихідні величини, які характеризують місто

Номер варіанту	Область будівництва В	Кількість мешканців N_1 , тис. люд	Ступінь благоустрою С	Площа міста F_1 , га	Щільність населення ρ , люд/га	Кількість поверхів Е	Об'єм суспільного будинку $V_{сп}$	Площа газонів F_2 , га
1	Харківська	136	1	365	370	7	18	95
2	Рівненська	78	2	252	310	4	20	66
3	Тернопільська	49	3	245	200	3	15	64
4	Закарпатська	64	2	256	250	4	18	67
5	Івано-Франківська	56	2	207	270	5	14	54
6	Житомирська	37	1	116	320	6	16	30
7	Хмельницька	62	3	214	290	6	22	56
8	Чернівецька	81	1	257	315	7	25	67
9	Чернігівська	39	2	163	240	5	17	42
10	Луганська	60	3	300	200	3	21	78
11	Херсонська	44	1	147	300	7	16	38
12	Кіровоградська	92	3	256	360	9	28	67
13	Дніпропетровська	151	2	397	380	9	35	103
14	Вінницька	55	3	212	260	5	21	55
15	Черкаська	73	2	215	340	7	24	56
16	Одеська	120	1	316	380	10	40	82

17	Львівська	75	1	234	320	9	29	64
18	Кримська АР	200	3	513	390	12	45	133
19	Запорізька	162	1	463	350	8	33	120
20	Полтавська	66	2	300	220	4	22	78
21	Донецька	186	3	600	310	8	41	156
22	Київська	173	2	524	330	9	39	136
23	Миколаївська	58	1	223	260	6	19	58
24	Волинська	33	3	165	200	3	15	43
25	Сумська	77	2	285	270	5	24	74

Примітка: Номер ступеню благоустрою будинків, які наведено в таблиці, відповідає порядку видів благоустрою, наведених в [1,табл. 1].

Приклад розв'язання

До задачі № 1. Вихідні дані: $N_1 = 50000$ людей, С – внутрішній водопровід, каналізація, централізоване гаряче водопостачання. Місто розташоване в Харківській області.

Розв'язок. Згідно з [1,п.2.1] із врахуванням географічного розташування населеного пункту приймаємо норму водоспоживання $q_M = 300$ л/добу на одного мешканця. Тоді середньодобова витрата на господарсько-питні потреби міста визначається за формулою

$$\bar{Q}_{\text{доб}} = 0,001 q_M \times N_1 .$$

Завдання до змістового модулю 2 «Режими роботи системи водопостачання»

Розрахувати і побудувати графік сумарного водоспоживання міста, в якому є два різних райони і два промислових підприємства, які характеризуються такими показниками:

- Витрата води на господарсько-питні потреби мешканців I-го району Q_1 при максимальному коефіцієнті годинної нерівномірності K_1 ; II-го району – Q_2 при $K_{\text{макс.год}} = K_2$.

- Витрата води на полив для I-го району $Q_{\text{п.1}}$, для II-го району – $Q_{\text{п.2}}$.

- Витрати води на промисловому підприємстві № 1 характеризуються такими даними:

а) витрати на господарсько-питні потреби по змінах в гарячих цехах $q_{\text{г.1}}, q_{\text{г.2}}, q_{\text{г.3}}$;

б) витрати на господарсько-питні потреби по змінах в холодних цехах $q_{\text{х.1}}, q_{\text{х.2}}, q_{\text{х.3}}$;

в) витрати по змінах на приймання душу $q_{\text{д.1}}, q_{\text{д.2}}, q_{\text{д.3}}$;

г) витрати на виробничі потреби $Q_{\text{т}}$ при коефіцієнті годинної нерівномірності рівному одиниці.

- Витрати води на промисловому підприємстві № 2 аналогічні витратам на підприємстві № 1, але в 1,5 рази більші для всіх видів витрат.

Чисельні значення вказаних величин приймаються по табл. 1 і 2.

Приклад розв'язування завдання

Вихідні дані:

- витрата на господарсько-питні потреби мешканців I району міста $Q_1 = 66109 \text{ м}^3/\text{добу}$ при $K_{1\text{макс.год}} = 1,412$, II району – $Q_2 = 25721 \text{ м}^3/\text{добу}$ при $K_{2\text{макс.год}} = 1,439$;

- витрати води на полив в I районі – $Q_{\text{пол 1}} = 11018 \text{ м}^3/\text{добу}$, в II районі – $Q_{\text{пол 2}} = 6523 \text{ м}^3/\text{добу}$;

- витрати води на промисловому підприємстві №1:

а) господарсько-питні витрати в гарячих цехах:

I зміна – $q_{\text{г1}} = 48,4 \text{ м}^3/\text{зм}$, II зміна – $q_{\text{г2}} = 37 \text{ м}^3/\text{зм}$, III зміна – $q_{\text{г3}} = 32,6 \text{ м}^3/\text{зм}$;

б) господарсько-питні витрати в холодних цехах:

I зміна – $q_{x1} = 80,6 \text{ м}^3/\text{зм}$, II зміна – $q_{x2} = 61,9 \text{ м}^3/\text{зм}$, III зміна – $q_{x3} = 54,4 \text{ м}^3/\text{зм}$;

в) сумарні витрати на душ:

I зміна – $q_{д1} = 215 \text{ м}^3/\text{зм}$, II зміна – $q_{д2} = 165 \text{ м}^3/\text{зм}$, III зміна – $q_{д3} = 145 \text{ м}^3/\text{зм}$;

г) витрати питної води на виробничі потреби $Q_T = 12400 \text{ м}^3/\text{добу}$ при $K_{\text{год}} = 1,0$;

- витрати води на промисловому підприємстві №2:

а) господарсько-питні витрати в гарячих цехах:

I зміна – $q'_{г1} = 45,0 \text{ м}^3/\text{зм}$, II зміна – $q'_{г2} = 36 \text{ м}^3/\text{зм}$, III зміна – $q'_{г3} = 29,3 \text{ м}^3/\text{зм}$;

б) господарсько-питні витрати в холодних цехах:

I зміна – $q'_{x1} = 75 \text{ м}^3/\text{зм}$, II зміна – $q'_{x2} = 65 \text{ м}^3/\text{зм}$, III зміна – $q'_{x3} = 48,8 \text{ м}^3/\text{зм}$;

в) сумарні витрати на душ:

I зміна – $q'_{д1} = 415 \text{ м}^3/\text{зм}$, II зміна – $q'_{д2} = 325 \text{ м}^3/\text{зм}$, III зміна – $q'_{д3} = 275 \text{ м}^3/\text{зм}$;

г) витрати питної води на виробничі потреби $Q'_T = 9400 \text{ м}^3/\text{добу}$ при $K_{\text{год}} = 1,0$.

Розв'язок. Для розподілу максимальної добової витрати по годинах доби необхідно підібрати найближчі розподіли для кожного з районів, виходячи з коефіцієнтів годинної нерівномірності їх водоспоживання. Типові розподіли для деяких $K_{\text{год}}$ приведені в літературі [табл.7 [2]; табл.12 [3]].

Таблиця 2 – Характеристика водоспоживання міста

Номер варіанту	$Q_1,$ $\text{м}^3/\text{год}$	$Q_2,$ $\text{м}^3/\text{год}$	K_1	K_2	$Q_{\text{пол 1}},$ $\text{м}^3/\text{добу}$	$Q_{\text{пол 2}},$ $\text{м}^3/\text{добу}$
1	7841	13016	1,43	1,41	1782	1972
2	4420	8840	1,60	1,43	1360	1965

3	15273	11340	1,44	1,55	3182	2908
4	13829	9504	1,40	1,51	2096	2160
5	8185	14742	1,36	1,24	2273	3194
6	18166	26078	1,46	1,32	4780	6048
7	7891	20087	1,56	1,29	2466	4185
8	18081	28354	1,36	1,35	2100	3100
9	5481	8904	1,56	1,49	1523	1998
10	7044	17207	1,64	1,40	3131	3374
11	11407	24195	1,51	1,36	3510	5377
12	7294	13032	1,53	1,42	2762	2567
13	10691	7595	1,42	1,53	2048	2166
14	10478	6735	1,47	1,65	2270	2027
15	11642	16507	1,49	1,39	3153	2991
16	21060	11346	1,37	1,50	3803	3073
17	10639	19625	1,49	1,38	3224	3848
18	6814	11306	1,58	1,42	1520	2080
19	3240	7880	1,61	1,50	1430	2100
20	13270	9560	1,28	1,45	2250	1976
21	15820	11509	1,38	1,42	2720	2430
22	8200	15060	1,54	1,27	1550	3180
23	18215	28461	1,26	1,22	2950	3436
24	7644	15202	1,59	1,39	2132	2377
25	12590	9645	1,41	1,51	1430	1150

Таблиця № 3 – Характеристика водоспоживання промислового підприємства

Номер варіанту	$Q_{Г1,}$	$Q_{Г2,}$	$Q_{Г3,}$	$Q_{Х1,}$	$Q_{Х2,}$	$Q_{Х3,}$	$Q_{Д1,}$	$Q_{Д2,}$	$Q_{Д3,}$	$Q_{Т,}$ м ³ /добу
-------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------------------------------

	M ³ /3M	M ³ /3M	M ³ /3M	M ³ /3M	M ³ /3M	M ³ /3M	M ³ /3M	M ³ /3M	M ³ /3M	M ³ /3M	
1	56	45	34	94	75	56	62	45	34	15000	
2	85	64	64	60	45	45	80	60	60	12000	
3	72	63	45	60	53	38	60	53	38	10000	
4	79	47	32	81	49	33	105	71	43	11000	
5	72	54	54	60	45	45	53	34	34	10000	
6	68	50	50	74	49	49	45	28	28	10500	
7	40	34	20	53	44	26	39	28	18	11000	
8	94	71	71	83	69	69	55	30	30	12000	
9	72	54	54	60	45	45	170	128	128	9000	
10	72	63	45	63	53	38	60	53	28	13000	
11	41	27	27	53	35	35	55	33	33	7000	
12	41	41	20	52	52	26	52	52	26	10500	
13	72	54	54	60	45	45	60	45	45	9600	
14	72	54	54	69	60	45	50	40	40	12000	
15	63	54	45	53	45	28	53	45	38	9000	
16	113	79	79	63	44	44	120	55	55	12000	
17	72	54	54	60	45	45	60	45	45	9000	
18	55	40	40	72	50	50	45	33	33	10000	
19	56	45	34	83	64	55	51	34	33	12500	
20	70	61	42	62	55	40	62	55	40	14000	
21	76	44	28	40	26	18	50	36	24	15000	
22	70	52	52	58	43	43	31	22	22	10000	
23	96	73	73	86	69	69	58	35	35	9600	

24	69	59	41	56	49	36	56	49	34	10500
25	62	59	44	54	46	39	52	44	27	12100

Виходячи з коефіцієнтів годинної нерівномірності $K_{iг.макс}$, які вказані в вихідних даних, доцільно прийняти розподіл по найближчим коефіцієнтам годинної нерівномірності $K_{iг.табл}$ [2,3] відповідно:

для I району – $K_{iг.табл} = 1,4$,

для II району – $K_{iг.табл} = 1,45$.

Значення витрати у відсотках від $Q_{доб}$ в годину максимального водоспоживання повинно бути замінено значенням:

$$P_{иск} = K_{iг.макс} \cdot 4,17,$$

де $P_{иск}$ – витрата води в годину максимального водоспоживання у відсотках від $Q_{доб.макс.i}$.

Тоді в годину максимального водоспоживання для I району повинно бути $P_{иск} = 1,412 \cdot 4,17 = 5,89 \%$, а для II району – $P_{иск} = 1,439 \cdot 4,17 = 6,0 \%$.

В табличному розподілі [2,3] максимальною годиною для I и II району являється проміжок часу 9 – 10, в якому для $K_{год}=1,4$ $P = 5,85 \%$, а для $K_{год}=1,45$ – $P=6,05 \%$. Тоді для збереження в розподілі балансу в 100% відносна витрата для I району в проміжки часу 1-2, 8-9 і 10-11 зменшена сумарно на $5,89-5,85 = 0,04\%$, а для II району в проміжок часу 13-14 збільшена на $6,05 - 6,0 = 0,05\%$.

За скорегованим відсотковим розподілом добових витрат визначаємо витрату води для кожної години, m^3 :

$$Q_j = \frac{P_j \cdot Q_{дiб.макс.i}}{100}, \quad (1)$$

де P_j – значення j -ої годинної витрати, %;

$Q_{\text{доб.макс.і}}$ – максимальна витрата для i -го району міста, $\text{м}^3/\text{доб.}$

Результати розрахунків вносимо в табл. 4.

Таблиця 4 – Погодинне водоспоживання міста на господарсько-питні потреби

Годинний проміжок	Господарсько-питні потреби міста							
	Населення				Поливка			
	І район		ІІ район		І район		ІІ район	
	%	м^3	%	м^3	двірники, ' м^3	машини, м^3	двірники, ' м^3	машини, м^3
0-1	2,5	1653	2,0	515	-	-	-	-
1-2	2,63	1739	2,1	540	-	-	-	-
2-3	2,2	1454	1,85	476	-	-	-	-
3-4	2,25	1487	1,9	489	-	-	-	-
4-5	3,2	2115	2,85	733	551	-	326	-
5-6	3,9	2578	3,7	952	551	472	326	280
6-7	4,5	2975	4,5	1157	551	472	326	280
7-8	5,1	3372	5,3	1363	551	472	326	280
8-9	5,34	3530	5,8	1492	-	473	-	280
9-10	5,89	3894	6,0	1543	-	472	-	279
10-11	5,34	3530	5,8	1492	-	472	-	279
11-12	5,25	3471	5,7	1466	-	473	-	279
12-13	4,6	3041	4,8	1235	-	472	-	279
13-14	4,4	2909	4,75	1222	-	472	-	279
14-15	4,6	3041	5,05	1299	-	472	-	279

15-16	4,6	3041	5,3	1363	-	473	-	280
16-17	4,9	3239	5,45	1402	551	472	326	280
17-18	4,8	3173	5,05	1299	551	472	326	280
18-19	4,7	3107	4,85	1247	551	472	326	280
19-20	4,5	2975	4,5	1157	550	-	327	-
20-21	4,4	2909	4,2	1080	-	-	-	-
21-22	4,2	2777	3,6	926	-	-	-	-
22-23	3,6	2380	2,85	733	-	-	-	-
23-24	2,6	1719	2,1	540	-	-	-	-
Всього	100	66109	100	25721	4407	6611	2609	3914

Таблиця 5 – Погодинне водоспоживання промислових підприємств і сумарна погодинна витрата міста

Годинний проміжок	Господарсько-побутові і виробничі потреби підприємства												Сумарна витрата міста	
	Промислове підприємство №1						Промислове підприємство №2							
	гарячі цехи		холодні цехи		душ	виробничі потреби	гарячі цехи		холодні цехи		душ	виробничі потреби		
	%	м ³	%	м ³	м ³	м ³	%	м ³	%	м ³	м ³	м ³	%	м ³
0-1	15,65	5,3	18,75	10,2	165,0	516	15,65	4,8	18,75	9,15	160,0	391	2,58	3429,45
1-2	12,05	3,9	6,25	3,4		516	12,05	3,5	6,25	3,05		391	2,41	3199,85
2-3	12,05	3,9	12,5	6,8		516	12,05	3,5	12,5	6,1		391	2,15	2857,3
3-4	12,05	3,9	12,5	6,8		517	12,05	3,5	12,5	6,1		392	2,19	2905,3
4-5	12,05	3,9	18,75	10,2		517	12,05	3,5	18,75	9,15		392	3,51	4660,75
5-6	12,05	3,9	6,25	3,4		517	12,05	3,5	6,25	3,05		392	4,58	6081,85

6-7	12,05	3,9	12,5	6,8		517	12,05	3,5	12,5	6,1		392	5,04	6690,3
7-8	12,05	3,9	12,5	6,8		517	12,05	3,5	12,5	6,1		392	5,49	7293,3
8-9	15,65	7,8	18,75	15,1	145,0	516	15,65	7,2	18,75	14,1	130,0	391	5,27	7001,2
9-10	12,05	5,8	6,25	5,0		516	12,05	5,4	6,25	4,6		391	5,36	7115,8
10-11	12,05	5,8	12,5	10,1		516	12,05	5,4	12,5	9,4		391	5,05	6710,7
11-12	12,05	5,8	12,5	10,1		517	12,05	5,4	12,5	9,4		392	4,99	6628,7
12-13	12,05	5,8	18,75	15,1		517	12,05	5,4	18,75	14,1		392	4,50	5976,4
13-14	12,05	5,8	6,25	5,0		517	12,05	5,4	6,25	4,6		392	4,38	5811,8
14-15	12,05	5,8	12,5	10,1		517	12,05	5,4	12,5	9,4		392	4,54	6030,7
15-16	12,05	5,8	12,5	10,1		517	12,05	5,4	12,5	9,4		392	4,59	6096,7
16-17	15,65	5,5	18,75	11,6	215,0	516	15,65	5,9	18,75	12,2	200,0	391	5,74	7627,3
17-18	12,05	4,5	6,25	3,9		516	12,05	4,3	6,25	4,1		391	5,29	7024,8
18-19	12,05	4,5	12,5	7,8		517	12,05	4,3	12,5	8,1		392	5,21	6916,7
19-20	12,05	4,5	12,5	7,7		517	12,05	4,3	12,5	8,1		392	4,47	5942,6
20-21	12,05	4,5	18,75	11,6		517	12,05	4,3	18,75	12,2		392	3,71	4930,6
21-22	12,05	4,5	6,25	3,9		517	12,05	4,3	6,25	4,1		392	3,49	4628,8
22-23	12,05	4,5	12,5	7,7		517	12,05	4,3	12,5	8,1		392	3,05	4046,6
23-24	12,05	4,5	12,5	7,7		517	12,05	4,3	12,5	8,1		392	2,41	3192,5
Всього	300	118	300	196,9	525	12400	300	110,3	300	188,8	490,0	9400	100	132800

Режим витрачання води на поливку приймаємо рівномірним на протязі частини доби. При цьому поливку силами двірників приймаємо на протязі 8 годин (по 4 години вранці та ввечері). Поливка машинами передбачається безперервною на протязі 14 годин.

Витрата води на поливку силами двірників

в I районі буде

$$Q_{\text{дв.1}} = 0,4 Q_{\text{пол.1}} = 0,4 \times 11018 = 4407 \text{ м}^3/\text{добу},$$

в II районі –

$$Q_{\text{дв.2}} = 0,4 Q_{\text{пол.2}} = 0,4 \times 6523 = 2609 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на поливку машинами в I районі буде

$$Q_{\text{маш.1}} = 0,4 Q_{\text{пол.1}} = 0,6 \times 11018 = 6611 \text{ м}^3/\text{добу},$$

в другому районі –

$$Q_{\text{маш.2}} = 0,4 Q_{\text{пол.2}} = 0,6 \times 6523 = 3914 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Годинна витрата води на поливку:

$$Q_{\text{г.пол}} = Q_{\text{доб.пол}} / T_{\text{пол}},$$

де $Q_{\text{доб.пол}}$ – витрата води на поливку (силами двірників або машинами відповідно), $\text{м}^3/\text{доб}$;

$T_{\text{пол}}$ – тривалість поливки, г.

Результати розрахунків вносимо в табл. 5.

Розподіл витрат води на господарсько-питні потреби робочих по годинам зміни у відсотках від загальної витрати води за зміну наведені у [3]. Згідно з цим розподілом за формулою (1) визначаються годинні витрати для промислових підприємств, які заносяться в табл.6.

Витрати на душ кожної зміни записують в табл. 6 в першу годину зміни, наступної за тією зміною, яка розглядається. При цьому утрішня зміна повинна бути найбільшою, а нічна найменшою.

Так як на виробничі потреби вода витрачається з коефіцієнтом нерівномірності водоспоживання $K_{\text{год}} = 1,0$, то загальна витрата промислового підприємства розподіляється рівномірно по 24 годинам доби.

Розподіл всіх видів витрат по годинам доби (табл. 5 і 6) дозволяє визначити сумарні витрати в кожній із годин шляхом їх складання по

кожному рядку (табл.6). Після чого визначаються їх відносні значення в відсотках від добової витрати.

За даними таблиці 6 будемо ступінчатий графік погодинного водоспоживання міста (рисунок 1), на який наноситься проектний режим подачі насосною станцією II підйому.

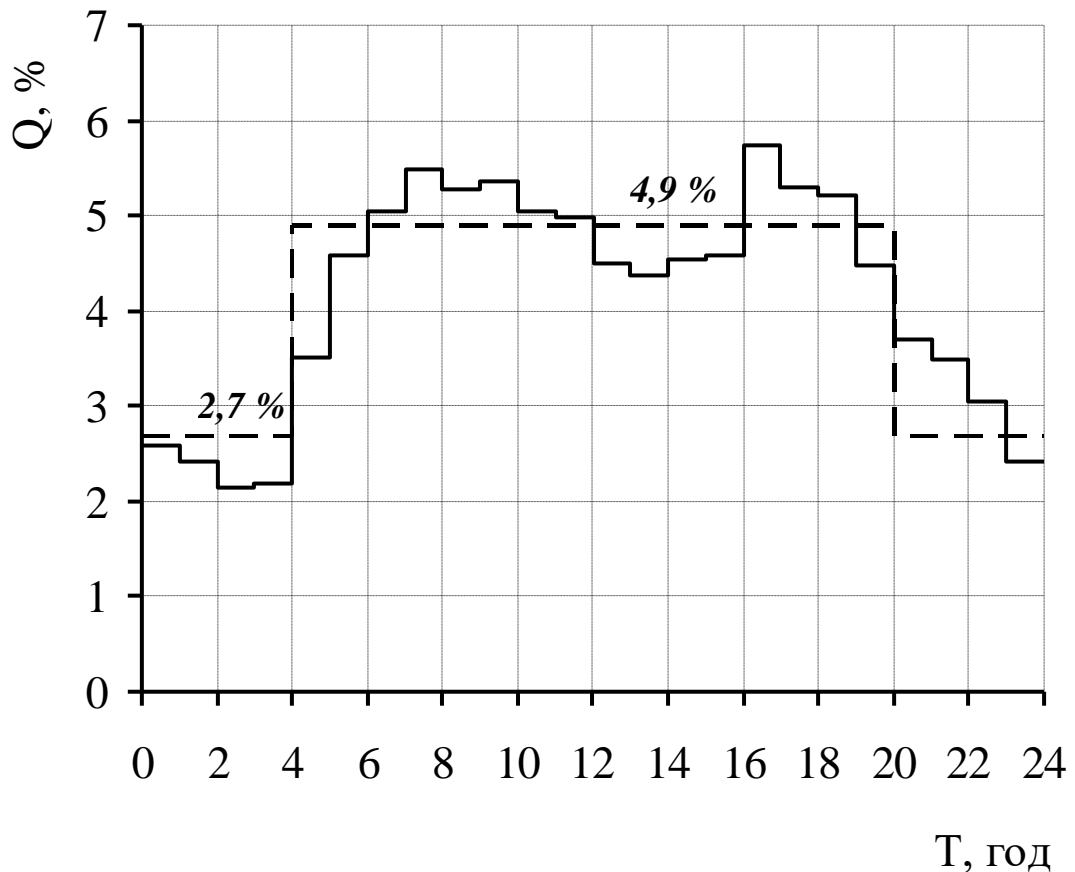


Рисунок 1 – Ступінчатий графік погодинного водоспоживання міста

При проектуванні режиму подачі насосної станції II підйому треба виходити з того, що режим подачі повинен бути якомога ближче до режиму споживання, а кількість ступенів подачі повинна дорівнювати 2÷3. Сумарна подача насосної станції за добу повинна бути 100%. При цьому допускається при необхідності виключати або включати той чи інший ступінь на неповну годину.

Завдання до змістового модулю 3 «Основи проєктування водопровідних мереж»

В невідгідній точці мережі вільний напір повинен дорівнювати H_1 , втрати напору в мережі від невідгідної точки до точки підключення водоводів h_1 , втрати напору в водоводах h_2 . Абсолютна позначка невідгідної точки Z_1 , позначка вісі насосів Z_2 . Водонапірна башта розташована на початку мережі на позначці Z_3 . Висота баку башти h_3 . Визначити необхідну висоту стовбуру водонапірної башти і необхідний напір насосів. Чисельні значення вихідних величин прийняти по табл.9 згідно з номером в журналі групи.

Приклади розв'язування типових задач

Вихідні дані: $H_1 = 36$ м, $h_1 = 20$ м, $h_2 = 5$ м, $Z_1 = 150$ м, $Z_2 = 120$ м, $Z_3 = 160$ м, $h_3 = 5$ м.

Розв'язок. На основі умов задачі № 20 будуються п'єзометричні лінії (рис.2). Згідно з рис.2 висота стовбура водонапірної башти буде

$$H_6 = P_3 - Z_3 ,$$

де P_3 – п'єзометрична позначка в точці 3, яка визначається за формулою

$$P_3 = P_1 + h_1 = H_1 + Z_1 + h_1 ,$$

де P_1 – п'єзометрична позначка в точці 1.

Тоді

$$P_3 = 36 + 150 + 20 = 206 \text{ м} ,$$

а висота башти буде

$$H_6 = 206 - 160 = 46 \text{ м.}$$

Напір насосів насосної станції II підйому при порожньому баці визначається за формулою:

$$H_H = \Pi_2 - z_2 = \Pi_3 + h_2 - z_2,$$

$$H_H = 206 + 5 - 120 = 91 \text{ м.}$$

Необхідний напір при повному баці

$$H'_H = H_H + h_3 = 91 + 5 = 96 \text{ м.}$$

Завдання до змістового модулю 4 «Гідрравлічні розрахунки водопровідних мереж»

Визначити розрахункові витрати ділянок розгалуженої водопровідної мережі, яка показана на рис. 1, якщо вузлові витрати води $Q_1 \div Q_{10}$ такі, як вказано в табл. 1.

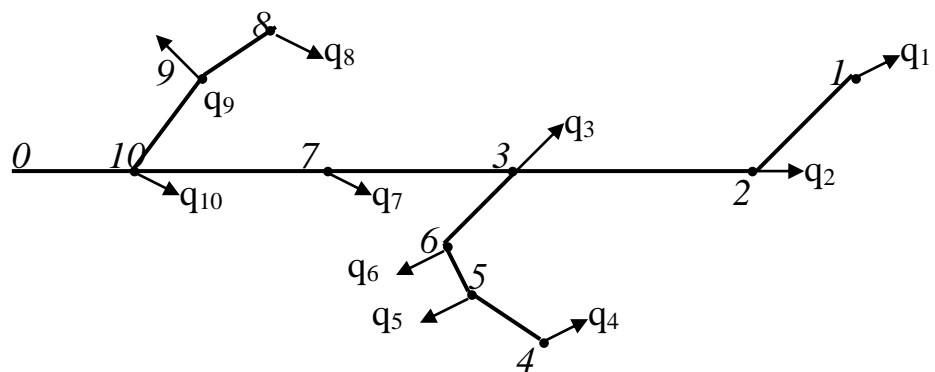


Рисунок 2 – Схема відбору води з вузлів мережі

Приклад розв'язування завдання

Вихідні дані: $q_1 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, $q_2 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$, $q_3 = 0,7 \text{ м}^3/\text{с}$, $q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$,
 $q_5 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$, $q_6 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$, $q_7 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$, $q_8 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, $q_9 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$, $q_{10} = 0,5$
 $\text{м}^3/\text{с}$.

Розв'язок. Виходячи з того, що алгебраїчна сума витрат в кожному вузлі дорівнює нулю, при послідовному переборі всіх вузлів отримаємо:

$$q_{1-2} = q_1 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}; q_{2-3} = q_{1-2} + q_2 = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$q_{4-5} = q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}; q_{5-6} = q_{4-5} + q_5 = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$q_{3-6} = q_{5-6} + q_6 = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$q_{3-7} = q_{3-6} + q_3 + q_{3-2} = 0,6 + 0,7 + 0,3 = 1,6 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$q_{7-10} = q_{3-7} + q_7 = 1,6 + 0,4 = 2,0 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$q_{8-9} = q_8 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}, q_{9-10} = q_{8-9} + q_9 = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$q_{0-10} = q_{9-10} + q_{7-10} + q_{10} = 0,3 + 2,0 + 0,5 = 2,8 \text{ м}^3/\text{с},$$

Завдання до змістового модулю 5 «Аналіз гідравлічних розрахунків водопровідних мереж»

Згідно з завданням на курсовий проект розробити план магістральної мережі міста, виходячи з відстані між магістралями і перемичками в межах 300...800 м.

Завдання до змістового модулю 6 «Зонні системи водопостачання»

Скласти схеми використання енергії в незонуваній та зонуваній системі водопостачання, пояснити чим вони відрізняються.

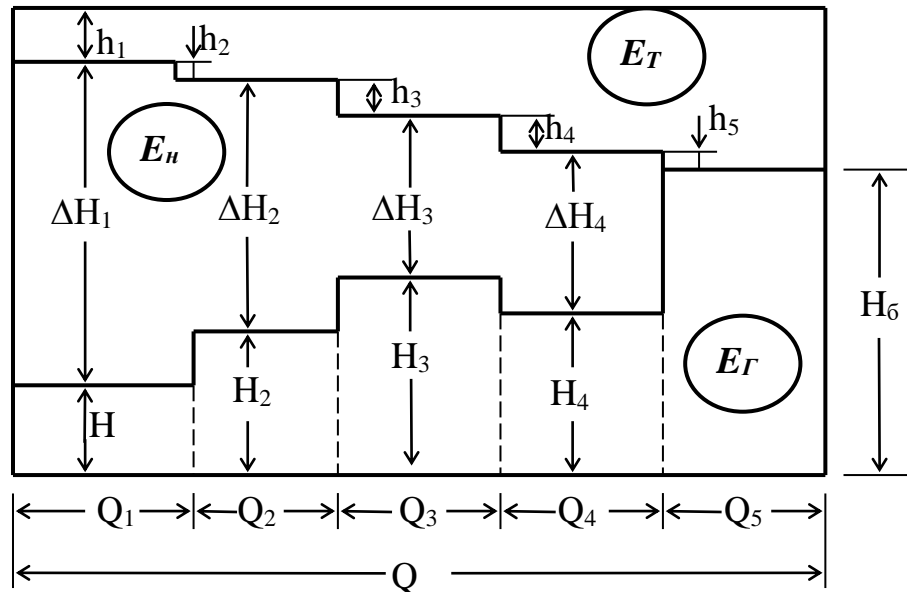


Рисунок 3 – Схема використання енергії в незонуваній системі

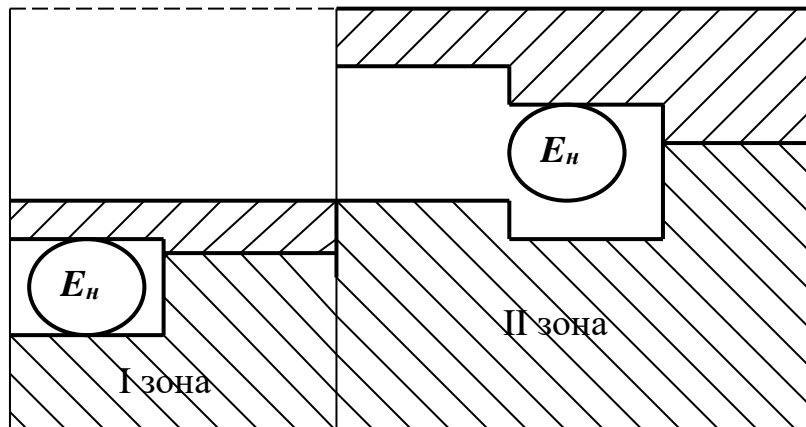


Рисунок 4 – Схема використання енергії в зонуваній системі

Завдання до змістового модулю 7 «Особливості будівництва водопровідних мереж»

Для схеми кільцевої мережі №1, яка показана на рис.1, визначити кількість точок живлення і показати напрям руху води на ділянках. Чисельні значення необхідних величин прийняти по табл. 1.

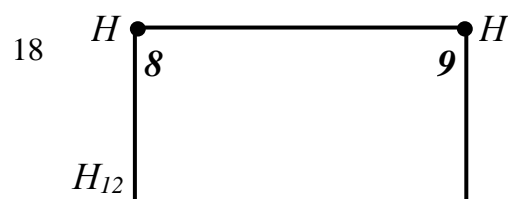


Рисунок 5 – Схема кільцевої мережі № 1

Приклад розв'язування завдання

Вихідні дані: $Z_1=30$ м; $H_1=50$ м; $Z_2=35$ м; $H_2=50$ м; $Z_3=35$ м; $H_3=55$ м; $Z_4=35$ м; $H_4=60$ м; $Z_5=40$ м; $H_5=40$ м; $Z_6=35$ м; $H_6=50$ м; $Z_7=35$ м; $H_7=47$ м; $Z_8=40$ м; $H_8=40$ м; $Z_9=35$ м; $H_9=40$ м; $Z_{10}=Z_{11}=30$ м; $H_{10}=50$ м; $H_{11}=60$ м; $Z_{12}=40$ м; $H_{12}=20$ м.

Розв'язок. Першим етапом розв'язування цієї задачі являється розрахунок п'єзометричних позначок для всіх вузлів мережі, за допомогою яких визначається напрям руху води на ділянках. Вода рухається від більш високої позначки до меншої.

Для визначення точок живлення необхідно перевірити кожний вузол на принципову можливість дотримання в ньому балансу витрат води, які сходяться в ньому і виходять з нього. Точки, з яких витрати тільки виходять, будуть точками живлення.

П'єзометричні позначки в вузлах визначаються за формулою:

$$П_i = Z_i + H_i .$$

$П_1=80$ м; $П_2=85$ м; $П_3=90$ м; $П_4=95$ м; $П_5=80$ м; $П_6=85$ м;

$\Pi_7=82$ м; $\Pi_8=80$ м; $\Pi_9=75$ м; $\Pi_{10}=80$ м; $\Pi_{11}=90$ м; $\Pi_{12}=60$ м.

Визначення точок живлення зводиться в табл. 6.

Таблиця 6 – Перевірка балансів витрат в вузлах

Номер вузла	Вхід/вихід з вузла		Висновок відносно балансу витрат
	вхід від вузла	вихід до вузла	
1	11, 2	вузловий відбір	можливий
2	3	1	можливий
3	4	5	можливий
4	-	3, 11, 6	не можливий
5	3	12	можливий
6	4	7	можливий
7	6	10, 12	можливий
8	-	12, 9	не можливий
9	10, 8	вузловий відбір	можливий
10	7	9	можливий
11	4	1	можливий
12	8, 7, 5	вузловий відбір	можливий

Замість складання табл. 6 простіше нанести на схему мережі напрями руху води в ділянках мережі, які дозволять відразу визначити кількість і номери вузлів живлення, якщо там, де можуть бути порушення балансу, показати стрілками вхід води.

Як видно з табл. 15 вузлами живлення являються вузли 4 і 8.

Таблиця 7 – Вихідні дані для аналізу роботи мереж

Номер варіанту	D	Q ₁	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁	Z ₁₂	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁	H ₁₂	S ₁	S ₂	S ₃	Q ₂
1	1	1	51	42	52	57	56	53	55	56	54	49	56	55	20	28	30	26	24	24	22	26	28	26	30	26	10	18	18	2
2	2	4	59	62	64	61	63	62	64	66	58	52	61	64	28	26	28	22	32	24	28	30	28	26	24	28	29	16	30	5
3	1	2	53	49	47	48	45	54	53	52	51	49	51	53	32	20	28	26	24	30	28	24	26	24	26	28	19	31	18	3
4	3	4	58	50	53	52	54	51	55	53	56	54	60	58	30	28	32	28	32	28	26	24	28	26	28	30	11	17	10	4
5	2	3	59	48	53	52	54	49	55	50	56	51	59	57	32	30	20	24	26	30	28	30	26	26	25	28	28	15	32	2
6	3	2	57	50	55	54	56	53	57	52	58	54	52	51	26	24	22	26	28	28	30	32	28	26	30	22	35	12	30	3
7	1	1	51	48	54	45	53	46	52	47	51	49	58	50	30	32	24	20	22	24	30	26	26	28	30	26	17	11	16	1
8	2	3	56	62	59	60	56	61	55	62	57	63	57	58	32	30	26	28	32	28	26	24	22	30	22	30	10	15	20	4
9	1	5	60	49	57	56	55	50	54	58	53	59	52	51	32	24	26	22	20	26	24	26	22	26	30	28	29	15	28	6
10	1	4	54	44	48	49	45	50	46	51	47	52	55	53	30	26	28	30	32	26	28	27	30	22	24	22	20	10	15	1
11	1	5	55	44	49	45	50	46	51	46	52	48	53	54	24	30	28	30	28	20	26	28	22	24	30	26	12	20	34	3
12	3	1	51	60	57	59	52	58	53	57	54	56	58	55	32	28	30	32	32	26	28	20	22	26	24	28	14	27	12	2
13	2	2	54	50	54	53	49	51	56	52	54	55	54	56	30	24	26	28	30	26	20	28	26	28	26	30	25	16	10	1
14	2	3	58	47	54	55	48	53	49	56	50	57	51	52	28	24	26	28	30	28	22	32	30	28	26	28	13	23	33	5
15	1	1	53	62	58	59	54	60	55	56	57	61	55	55	26	30	24	30	26	25	27	20	32	26	24	28	15	30	20	4
16	3	5	55	49	54	55	50	52	51	51	52	50	54	53	32	28	26	28	22	22	30	28	32	26	28	24	26	17	10	5

17	3	4	52	51	56	53	57	54	58	54	55	56	60	59	26	24	26	24	22	24	26	30	20	28	26	24	21	11	16	3
18	1	1	57	55	54	59	52	58	53	60	56	57	56	56	30	32	28	28	30	28	32	26	24	28	22	20	10	16	26	1
19	2	3	58	48	51	57	49	52	55	56	50	54	51	53	32	26	30	22	24	30	28	24	26	20	24	30	14	24	18	2
20	2	2	52	45	50	51	46	52	48	53	54	49	57	55	30	30	32	28	30	24	26	22	28	20	25	27	11	21	29	3
21	1	4	59	56	67	61	64	59	65	66	60	62	59	63	26	28	22	24	28	24	22	26	28	24	20	24	25	15	22	4
22	1	3	60	57	65	56	61	62	55	63	58	64	58	60	30	32	27	30	28	25	24	28	23	26	29	33	16	10	22	2
23	3	5	54	52	54	52	56	56	53	55	54	56	53	54	32	22	26	28	26	24	24	26	24	30	24	20	13	18	23	4
24	2	2	52	46	49	49	47	50	48	51	52	55	59	56	30	28	26	30	24	28	26	28	22	20	24	26	23	20	15	1
25	1	1	56	57	54	57	55	58	55	56	53	50	51	52	22	30	32	26	28	30	28	24	26	30	28	30	25	24	24	2

Завдання до змістового модулю 8 «Обладнання водопровідних мереж та споруди на них»

За схемою водопровідної мережі, приведеною у додатку А, підрахувати необхідну кількість пожежних гідрантів на мережі (варіант 1), необхідну кількість трійників для збору вузлів мережі (варіант 2), необхідну кількість хрестовин (варіант 3), необхідну кількість патрубків (варіант 4).

Інформація до розв'язування завдання

Перелік фасонних частин вказати у специфікації за формою, показаною на рис. 1.

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

№	НАЙМЕНУВАННЯ	Кіл.	Прим.
1	Поліамідна підставка хрестовини фланцева D=200	1	
2	Загуски D=200	10	

Рисунок 6 – Специфікація обладнання мережі

ЗАВДАННЯ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ З ДИСЦИПЛІНИ «ВОДОПОВІДНІ МЕРЕЖІ»

Визначити допустимий повний опір ділянок 2-3 і 3-5 мережі, схема якої приведена на рис. 1, а чисельні характеристики – в табл.8.

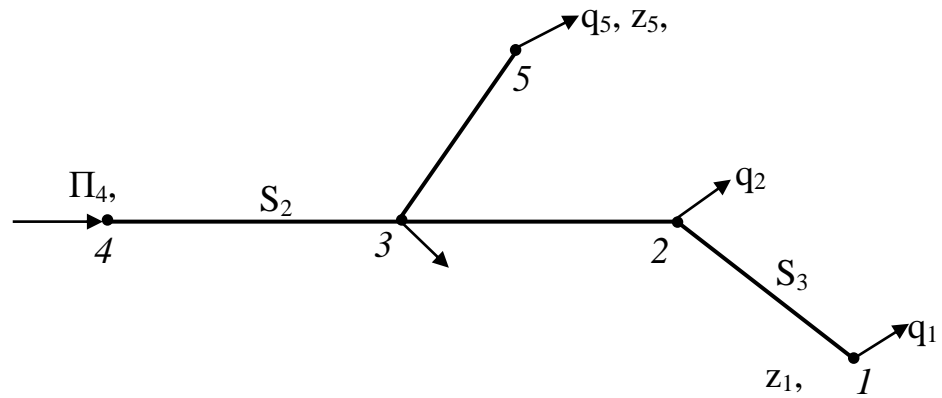


Рисунок 7 – Схема розгалуженої мережі № 2

Розв'язок. Визначити витрати води на окремих ділянках. На основі балансів витрат в вузлах отримуємо:

$$q_{1-2}=0,3 \text{ м}^3/\text{с}; q_{2-3}=0,6 \text{ м}^3/\text{с}; q_{3-5}=0,4 \text{ м}^3/\text{с}; q_{3-4}=1,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розраховуються п'езометричні позначки вузлів мережі:

$$\Pi_1 = Z_1 + H_1 = 50 + 16 = 66 \text{ м},$$

$$\Pi_2 = \Pi_1 + S_3 q_{1-2}^2 = 66 + 40 \cdot 0,3^2 = 69,6 \text{ м};$$

$$\Pi_3 = \Pi_2 + S_{2-3} q_{2-3}^2 = \Pi_4 - S_2 q_{4-3}^2 = 120 - 20 \cdot 1,2^2 = 91,2 \text{ м}.$$

Визначити втрати напору на ділянках 3-5 і 2-3.

$$h_{3-5} = \Pi_3 - \Pi_5 = \Pi_3 - Z_5 - H_5 = 91,2 - 30 - 32 = 29,2 \text{ м},$$

$$h_{2-3} = \Pi_3 - \Pi_2 = \Pi_3 - Z_2 - H_2 = 91,2 - 69,6 = 21,6 \text{ м}.$$

На основі втрат напорів і витрат по окремих лініях визначаємо допустимі опори ділянок за формулою:

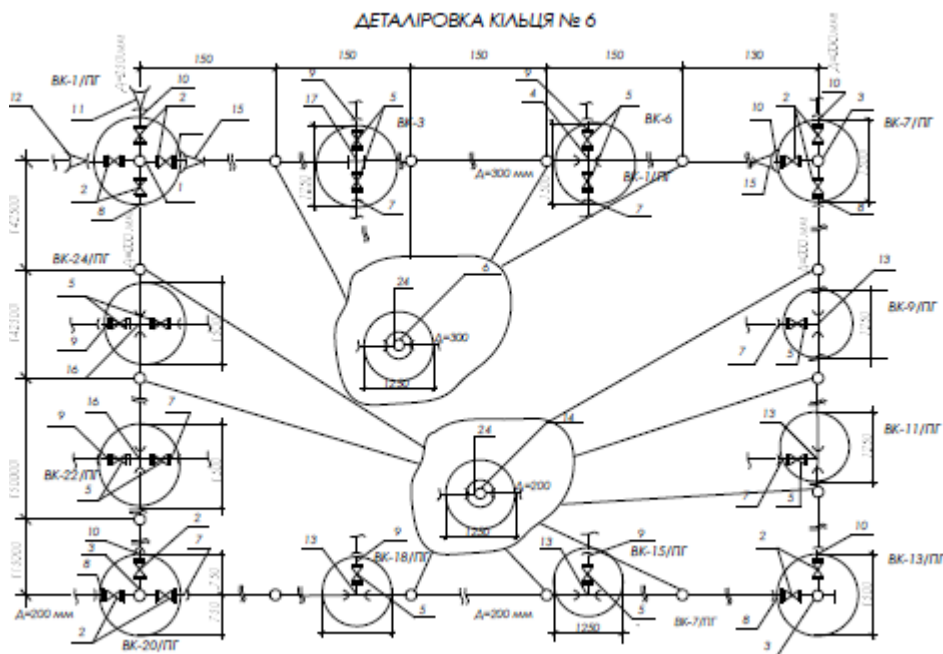
$$S_{i-k} = \frac{h_{i-k}}{q_{i-k}^2}.$$

Тоді

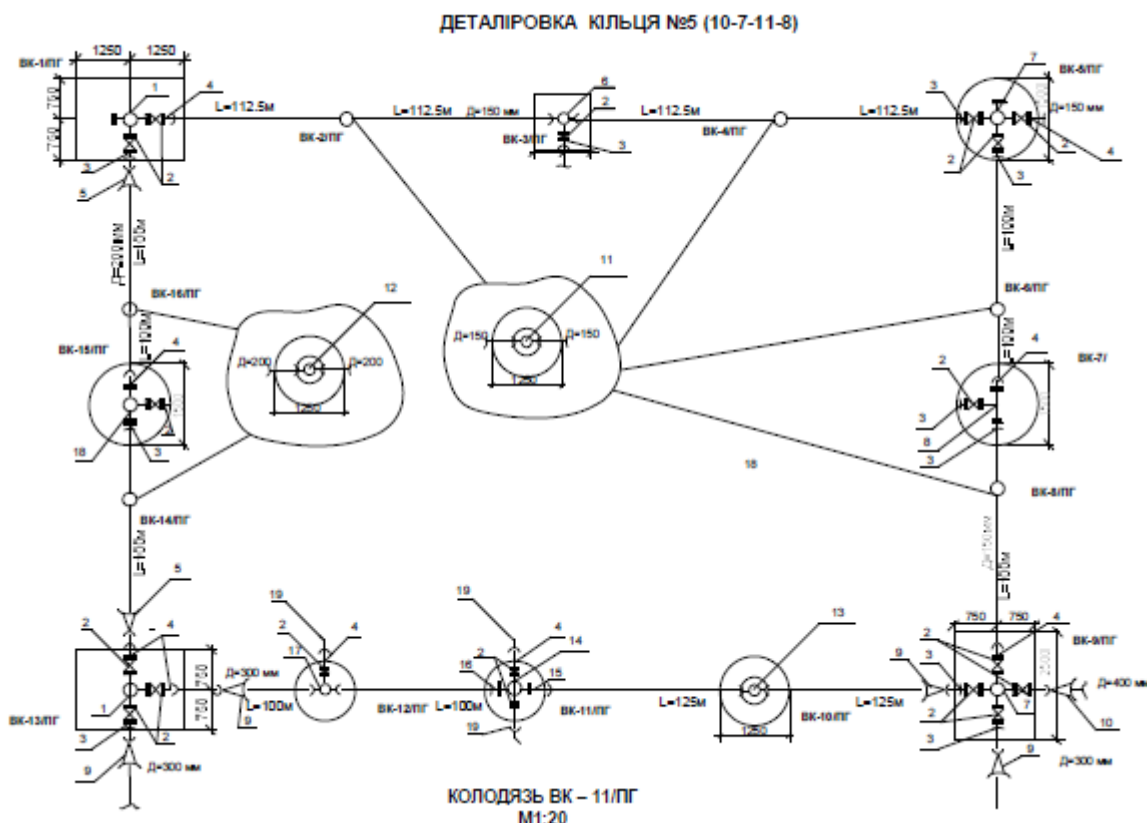
$$S_{3-5} = \frac{h_{3-5}}{q_{3-5}^2} = \frac{29,2}{0,4^2} = 182;$$

$$S_{2-3} = \frac{h_{2-3}}{q_{2-3}^2} = \frac{21,6}{0,6^2} = 60.$$

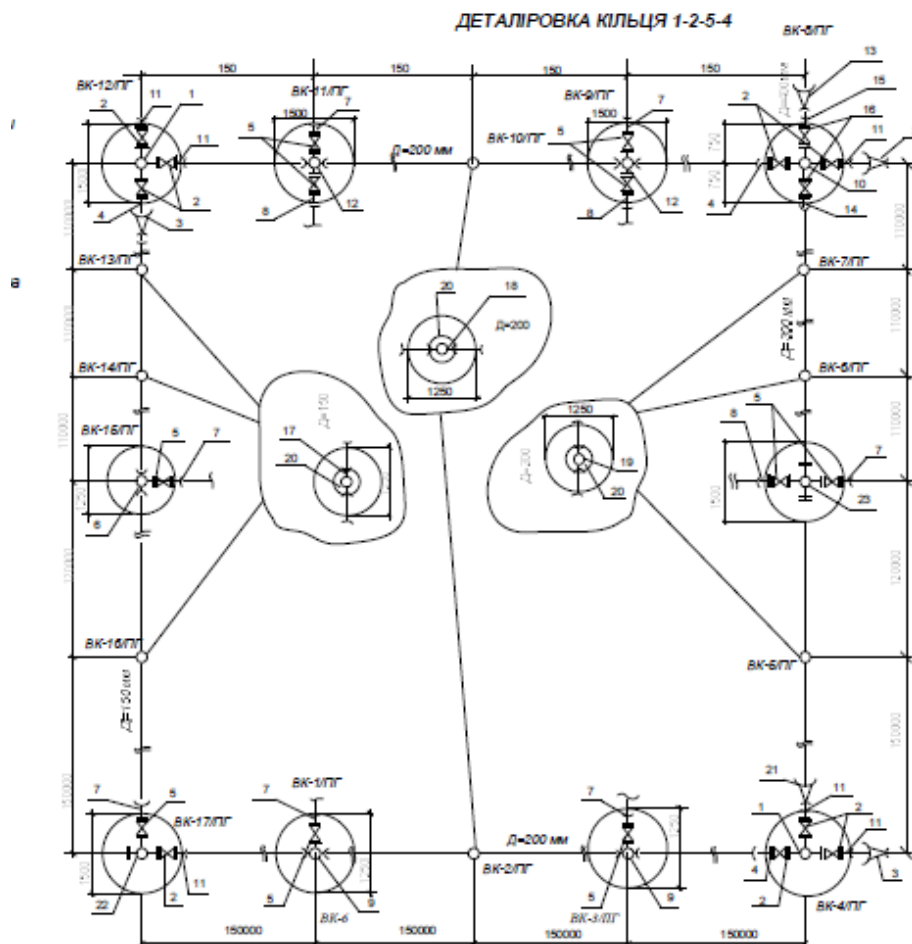
Варіант 1



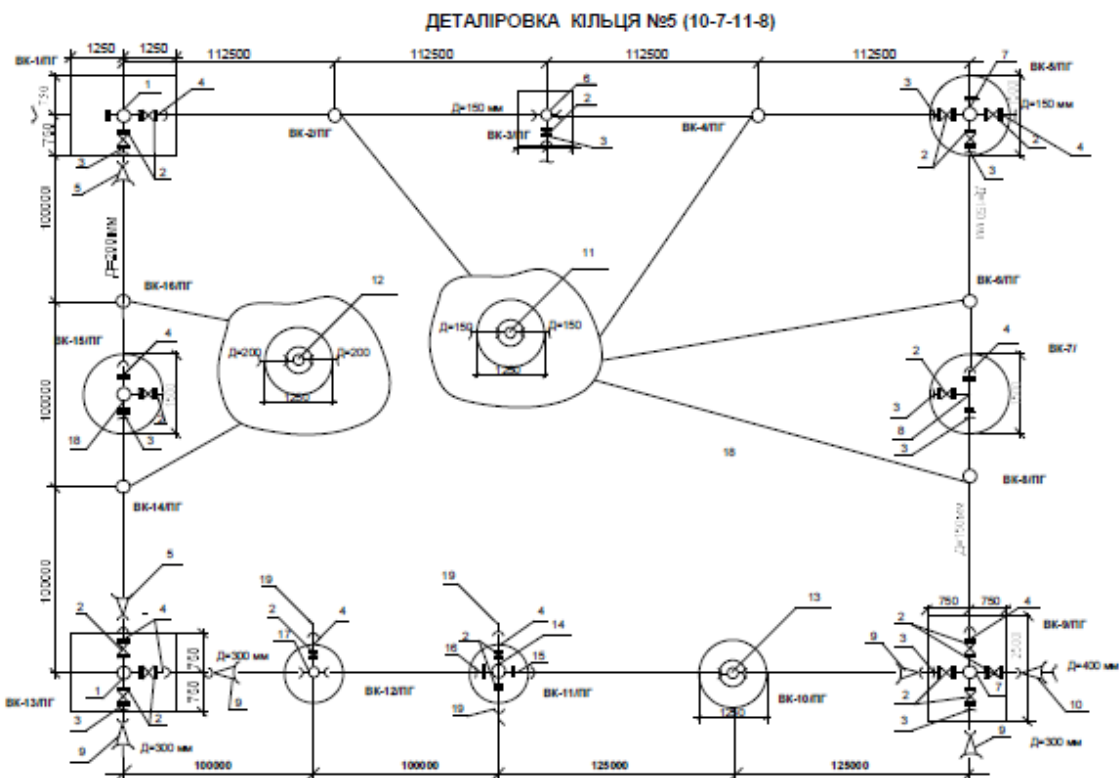
Варіант 2



Варіант 3



Варіант 4



Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: https://polyplastic.ua/files/DSTU/dbn_v.2.5_74_2013.pdf (дата звернення 14.04.2021).
2. Душкін С. С. Експлуатація і ремонт водопровідно-каналізаційних систем: конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 165 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/132273091.pdf> (дата звернення 10.04.2021).
3. Капцова Н. І. Інженерне обладнання будівель: навч. посібник. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 135 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/51685/1/2017%20106%D0%9B%20%D0%9A%D0%9B%20%D0%86%D0%9E%D0%91.pdf>.
4. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація: підручник для внз. Київ, 2003. 286 с.
5. Кравченко В.С., Проценко С.Б., Кравченко Н.В. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель: навч. Посібник. Рівне : НУВГП, 2016. 495 с.
6. Кузьмін О. В. Інженерне обладнання будівель: навч. посіб. Донецьк: ДонНУЕТ, 2014. 248 с. URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/25433/1/%D0%86%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D1%84%D1%96%D0%BD%D1%96%D1%88.pdf
7. Ярмоленко М. Г., Романушко Є. Г., Терновий В. І. . Технологія будівельного виробництва : підруч. для студентів внз. Київ: Вища школа, 2005.
8. Frederick S. Merritt, Jonathan T. Ricketts, Building design and construction handbook: editor.6th, 2000. 1972 p. URL: [https://www.uop.edu.jo/download/research/members/\[Architecture_Ebook\]_Building_Design_and_Construction_Handbook.pdf](https://www.uop.edu.jo/download/research/members/[Architecture_Ebook]_Building_Design_and_Construction_Handbook.pdf) (дата звернення 14.04.2021).
9. Guideline for the Preparation of Maintenance Procedure Manuals for Building Facilities: The Project for Capacity Enhancement in Construction Quality Assurance, 237 p. URL: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12151171_02.pdf (дата звернення 14.04.2021).