

### Практичне заняття № 3

#### Тема заняття: Розрахунок графіка сумарного водоспоживання

**Мета заняття:** набути навички розрахунку господарсько-питних витрат для міст та промислових підприємств

**Задача.** 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  $Q_{п.1}$ , для II-го району –  $Q_{п.2}$ .

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

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

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

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

г) витрати на виробничі потреби  $Q_T$  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. 3 і 4.

#### Приклад розв'язування типової задачі

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 –  $q_{Г1} = 48,4 \text{ м}^3/\text{зм}$ , II зміна –  $q_{Г2} = 37 \text{ м}^3/\text{зм}$ , III зміна –  $q_{Г3} = 32,6 \text{ м}^3/\text{зм}$ ;

б) господарсько-питні витрати в холодних цехах:

I зміна –  $q_{Х1} = 80,6 \text{ м}^3/\text{зм}$ , II зміна –  $q_{Х2} = 61,9 \text{ м}^3/\text{зм}$ , III зміна –  $q_{Х3} = 54,4 \text{ м}^3/\text{зм}$ ;

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 –  $q'_{Х1} = 75 \text{ м}^3/\text{зм}$ , II зміна –  $q'_{Х2} = 65 \text{ м}^3/\text{зм}$ , III зміна –  $q'_{Х3} = 48,8 \text{ м}^3/\text{зм}$ ;

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 1 – Характеристика водоспоживання міста

Номер варіанту	Q <sub>1</sub> , м <sup>3</sup> /Год	Q <sub>2</sub> , м <sup>3</sup> /Год	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	Q <sub>пол 1</sub> , м <sup>3</sup> /добу	Q <sub>пол 2</sub> , м <sup>3</sup> /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 № 2 – Характеристика водоспоживання промислового підприємства

Номер варіанту	Q <sub>Г1</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Г2</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Г3</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Х1</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Х2</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Х3</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Д1</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Д2</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Д3</sub> , м <sup>3</sup> /зм	Q <sub>Г</sub> , м <sup>3</sup> /добу
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 буди замінено значенням:

$$P_{иск} = K_{iг.макс} 4,17,$$

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, м<sup>3</sup>:

$$Q_j = \frac{P_j \cdot Q_{\text{доб.макс.і}}}{100}, \quad (1)$$

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

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

Результати розрахунків вносимо в табл. 3.

Таблиця 3 – Погодинне водоспоживання міста на господарсько-питні потреби

Годинний проміжок	Господарсько-питні потреби міста							
	Населення				Поливка			
	I район		II район		I район		II район	
	%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	двірники, ' м <sup>3</sup>	машини, м <sup>3</sup>	двірники, ' м <sup>3</sup>	машини, м <sup>3</sup>
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 4 – 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 <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>
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	4660,7 5
5-6	12,05	3,9	6,25	3,4		517	12,05	3,5	6,25	3,05		392	4,58	6081,8 5
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
Всего	300	118	300	196,9	525	12400	300	110,3	300	188,8	490,0	9400	100	13280 0



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

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

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

Витрата води на поливку машинами в I районі буде

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

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

Годинна витрата води на поливку:

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

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

$T_{пол}$  – тривалість поливки, г.

Результати розрахунків вносимо в табл. 3.

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.4.

Витрати на душ кожної зміни записують в табл. 4 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  $K_{год} = 1,0$ , 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 будуюмо ступінчатий графік погодинного водоспоживання міста (рисунок 1), на який наноситься проектний режим подачі насосною станцією II підйому.

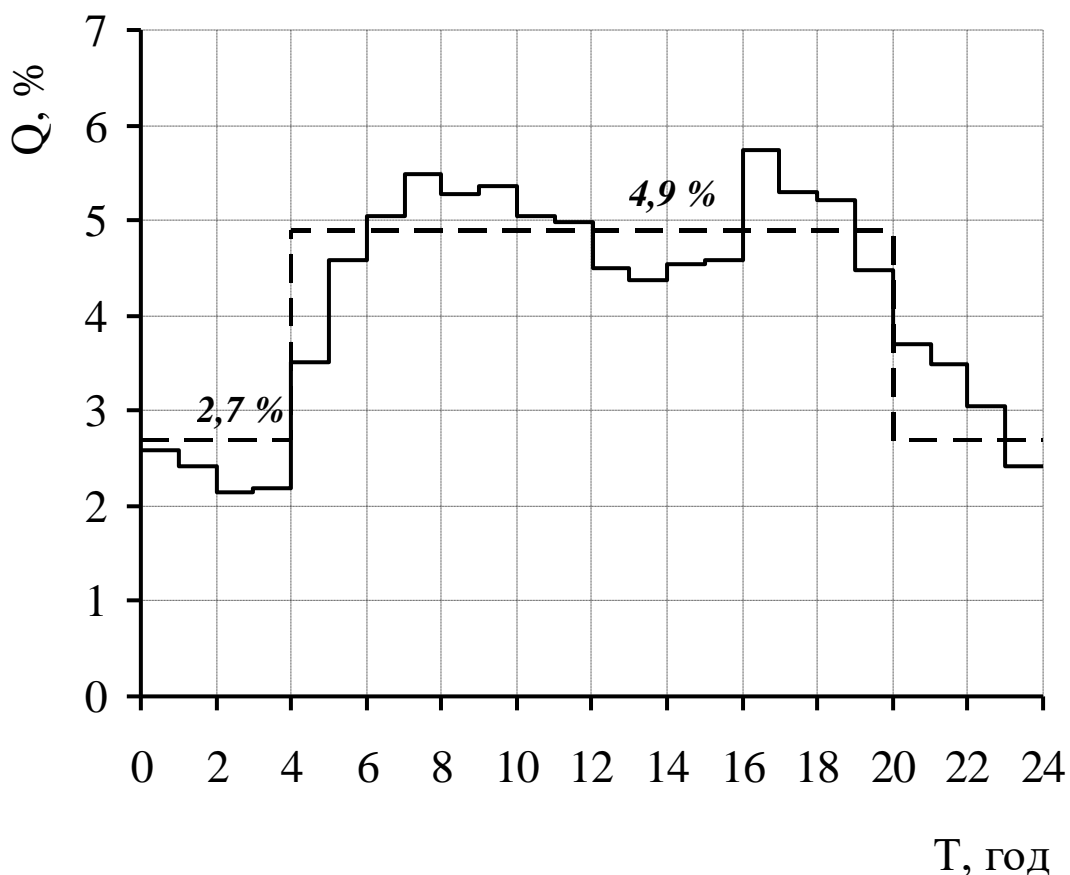


Рисунок 1 – Ступінчатий графік погодинного водоспоживання міста

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.

**Задача** Розрахувати і побудувати графік сумарного водоспоживання для міста, яке передбачено завданням на курсовий проект, використавши розв'язування задач №5, №6, №7, №9, №11 з попередніх практичних занять 1-2.

### **Питання для самоконтролю**

1. Чим оцінюється коливання водоспоживання на протязі доби і року?
2. Який режим водоспоживання на господарсько-питні потреби міста?
3. Як визначається коефіцієнт годинної нерівномірності?
4. Як розподіляється максимальна добова витрата міста по годинам доби?
5. Як розподіляється добова витрата на полив проїздів і зелених насаджень по годинам доби?
6. Який режим водоспоживання на господарсько-питні потреби на виробництві?

### **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: [www.minregion.gov.ua/.../DBN\\_V.2.5-74\\_2013](http://www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013) (дата звернення: 15.01. 2021).
2. Українець М.О. Водопровідні мережі (теорія і проектування) : навчальний посібник. Запоріжжя: Вид-во ЗДІА, 2002. 186 с.
3. Тугай А.М., Терновцев В.Е. Водоснабжение: Курсовое проектирование. Учебное пособие для вузов. Київ : Вища шк., 1980. 208 с.
4. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справочное пособие. Москва : Стройиздат, 1984. 116 с.