

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

для проведення практичних занять, лабораторних робіт, виконання курсового  
проекту та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«СПОРУДИ І ОБЛАДНАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ»**  
**Модуль 2 «Водопровідні мережі та споруди»**

*(для студентів 3 курсу всіх форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 –  
Будівництво (фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення»))*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2018**

Методичні рекомендації для проведення практичних занять, лабораторних робіт, виконання курсового проекту та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Споруди і обладнання водопостачання» Модуль 2 «Водопровідні мережі та споруди» (для студентів 3 курсу всіх форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 – Будівництво (фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення»)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : М. В. Дегтяр, Г. І. Благодарна – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 102 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. М. В. Дегтяр  
канд. техн. наук, доц. Г. І. Благодарна

Рецензенти: С. С. Душкін, д-р техн. наук, проф. Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова;  
К. Б. Сорокіна, канд. техн. наук, доцент Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова.

*Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод,  
протокол № 1 від 27.08.2015.*

## ЗМІСТ

<b>ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ .....</b>	<b>4</b>
<b>МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....</b>	<b>4</b>
<b>ЗМ 2.1 Водоспоживання міста.....</b>	<b>4</b>
<b>Практичне заняття № 1</b>	
Норми та режим водоспоживання. Визначення сумарних розрахункових добових витрат води населених пунктів.....	4
<b>Практичне заняття № 2</b>	
Розрахунок водоспоживання міста.....	6
<b>Практичне заняття № 3</b>	
Режим роботи системи водопостачання при пожежогасінні.....	9
<b>Практичне заняття № 4</b>	
Визначення висоти і об'єму водонапірної башти.....	10
<b>ЗМ 2.2 Водопровідні мережі та споруди на них.....</b>	<b>20</b>
<b>Практичне заняття № 5</b>	
Трасування водопровідних мереж. Визначення діаметрів ділянок і втрат напору в них.....	20
<b>Практичне заняття № 6</b>	
Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж.....	32
<b>Практичне заняття №7</b>	
Тема Глибина закладання водопровідної мережі й особливості прокладання....	40
<b>Практичне заняття № 8</b>	
Арматура та споруди на мережі. Деталювання мережі.....	42
<b>МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ</b>	<b>47</b>
<b>Змістовий модуль 2.1 Водоспоживання міста.....</b>	<b>47</b>
<b>Лабораторна робота №1</b>	
Визначення витрат води на ділянках водопроводу витратоміром наклад- ного типу.....	47
<b>Лабораторна робота №2</b>	
Системи водопостачання та їх режим роботи.....	50
<b>Лабораторна робота №3</b>	
Конструкція водопровідної мережі.....	56
<b>Лабораторна робота №4</b>	
Визначення діаметрів ділянок і втрат напору в них.....	59
<b>Лабораторна робота № 5</b>	
Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж.....	65
<b>Лабораторна робота №6</b>	
Визначення характеристик швидкісного водоміра.....	70
<b>Лабораторна робота №7</b>	
Арматура та споруди на мережі. ....	73
<b>МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ</b>	<b>75</b>
<b>МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....</b>	<b>97</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>102</b>

## ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Метою викладання навчальної дисципліни «Споруди і обладнання водопостачання» є:

- формування у майбутніх фахівців умінь і знань сучасних методів проектування, будівництва та експлуатації гідротехнічних і водозабірних споруд при їх використанні для розв'язання різноманітних водогосподарських задач та раціонального використання водних ресурсів;

- формування у майбутніх фахівців знань, пов'язаних з вирішенням питань влаштування, розрахунку, проектування та експлуатації мереж, систем і споруд водопостачання для прийняття вірних проектних та технологічних рішень з урахуванням економічної складової та для успішного виконання у майбутньому своїх функціональних обов'язків

- розгляд шляхів вирішення проблем очищення природних вод; підготовка фахівця, який володітиме знаннями, пов'язаними з вирішенням питань розрахунків та проектування споруд очищення природних вод.

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

### МОДУЛЬ 2. Водопровідні мережі та споруди

#### ЗМ 2.1 Водоспоживання міста

Методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи направлені на поглиблення теоретичних знань, одержаних на лекціях, і набуття практичних навичок Розв'язання конкретних питань при проектуванні, гідравлічних розрахунках і аналізі роботи водопровідних мереж і систем подачі та розподілу води в цілому.

#### Практичне заняття № 1

*Норми та режим водоспоживання. Визначення сумарних розрахункових добових витрат води населених пунктів*

Нормою витрати води або *нормою водоспоживання* називається кількість води, що витрачається даним споживачем за певний проміжок часу, або кількість води, необхідна для виробництва одиниці будь-якої продукції - питома норма водоспоживання.

Споживання води населенням, підприємствами та різними іншими споживачами відбувається нерівномірно як протягом року, так і протягом більш коротких проміжків часу - доби та годин.

Нерівномірність споживання води характеризується величиною так званого *коефіцієнта нерівномірності*. Нерівномірність споживання води протягом року враховується величиною коефіцієнта добової нерівномірності ( $K_{доб}$ ), що дорівнює:

$$K_{доб} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{Q_{\text{ср.доб.}}}, \quad (1.1)$$

де  $Q_{\text{макс.доб.}}$  - максимальна добова витрата за рік;

$Q_{\text{ср.доб.}}$  - середня добова витрата за рік.

Нерівномірність споживання води протягом доби враховується величиною коефіцієнта годинної нерівномірності ( $K_{\text{год}}$ ), чисельно рівного відношенню

$$K_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{Q_{\text{ср.год.}}}, \quad (1.2)$$

де  $Q_{\text{макс.год.}}$  - максимальна годинна витрата, що спостерігається протягом доби;

$Q_{\text{ср.год.}}$  - середня годинна витрата за добу.

Норми водоспоживання та коефіцієнти нерівномірності витрат води для різних категорій споживачів наведені в додатку 1.

Водогінна мережа та всі споруди системи водопостачання повинні бути розраховані на кількість води, що подається місту і промисловим підприємствам протягом доби за умови можливого найбільшого споживання під необхідним тиском.

Розрізняють такі характерні витрати води, що відповідають основним категоріям споживачів:

- на господарсько-питні потреби населення міста;
- на комунальні потреби міста;
- для промислових підприємств; на пожежогасіння.

### ***Визначення витрат води на господарсько-питні потреби населення міста***

При встановленні витрат води на господарсько-питні потреби населення необхідно визначити кількість населення міста

$$N = F \cdot P, \quad (1.3)$$

де  $F$  - площа частини міста з тією або іншою щільністю населення, га;

$P$  - щільність населення, люд/га.

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на господарсько-питні потреби населення міста визначають за формулою:

$$Q_{\text{ср.доб.}} = \frac{N \cdot q_{\text{ж}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.4)$$

де  $q_{\text{ж}}$  - норма водоспоживання;

$N$  - кількість населення.

Розрахункові витрати води в добу найбільшого та найменшого водоспоживання:

$$Q_{\text{макс.доб.}} = K_{\text{макс.доб.}} \cdot Q_{\text{ср.доб.}}, \quad (1.5)$$

$$Q_{\text{мін.доб.}} = K_{\text{мін.доб.}} \cdot Q_{\text{ср.доб.}}. \quad (1.6)$$

Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, що враховує режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, зміну водоспоживання за порою року, днями тижня, необхідно приймати рівним

$$K_{\text{макс.доб.}} = 1,1 \div 1,3;$$

$$K_{\text{мін.доб.}} = 0,7 \div 0,9$$

$$Q_{\text{макс.год.}} = K_{\text{макс.год.}} \cdot \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24}, \quad (1.7)$$

$$Q_{\min.год} = K_{\min.год} \cdot \frac{Q_{\min.доб.}}{24}, \quad (1.8)$$

$$K_{\max.год} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max}, \quad (1.9)$$

$$K_{\min.год} = \alpha_{\min} \cdot \beta_{\min}, \quad (1.10)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств і інші місцеві умови, приймається:  $\alpha_{\max} = 1,2 \div 1,4$ ;  $\alpha_{\min} = 0,4 \div 0,6$ ;

$\beta$  - коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті, прийнятий по додатку 1, табл. 1.

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{\max.сек.} = \frac{Q_{\max.час.}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.11)$$

## Практичне заняття № 2

### Розрахунок водоспоживання міста

#### **Витрати води на комунальні потреби міста**

*а) Витрати води на полив вулиць та площ.*

Максимальна добова витрата

$$Q_{\max.доб.} = \frac{F \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.12)$$

де  $F$  - площа вулиць, що поливаються,  $\text{м}^2$ ;

$q$  - норма витрат води на полив, прийнята залежно від типу покриття та способу поливання, табл. 2, додаток 1;

$n$  - число поливок, приймається залежно від режиму поливання.

Середня годинна витрата

$$Q_{ср.год.} = \frac{Q_{\max.доб.}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1.13)$$

Максимальна годинна витрата

$$Q_{\max.год.} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{год} \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (1.14)$$

де  $K_{год}$  - коефіцієнт годинної нерівномірності витрат води на полив; величину його можна приймати для великих міст - 2,0, для малих і середніх міст - 4,0.

Максимальна витрата води

$$Q_{\max.сек.} = \frac{Q_{\max.год.}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.15)$$

*б) Витрата води на полив зелених насаджень.*

Максимальна добова витрата

$$Q_{\max.доб.} = \frac{F_3 \cdot q_3 \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.16)$$

де  $F_3$  - площа зелених насаджень,  $\text{м}^2$ ;

$q_3$  - норма витрат води на полив, прийнята по табл. 2, додаток 1;

$n$  - число поливань.

Середню годинну, максимальну годинну і максимальну секундну витрату визначають за формулами (1.13-1.15), наведеними вище.

### **Визначення витрати води для промислових підприємств**

Ця витрата складається з витрат води на господарсько-питні потреби, витрат води на душові та витрат води на виробничі потреби.

*а) Витрата води на господарсько-питні потреби промислового підприємства.*

Максимальна добова витрата води на господарсько-питні потреби промислових підприємств:

$$Q_{\text{макс.доб.}} = (q_z \cdot n'_z + q_x \cdot n'_x) + (q_z \cdot n''_z + q_x \cdot n''_x) + (q_z \cdot n'''_z + q_x \cdot n'''_x), \text{ л} \quad (1.17)$$

де  $q_z$  й  $q_x$  - відповідно норми водоспоживання на одного працюючого (л у зміну) у гарячих цехах і в холодних цехах, дорівнюють:

$q_z = 45$  л і  $q_x = 25$  л відповідно;

$n'_z$ ,  $n''_z$  і  $n'''_z$  - кількість робітників у першій, другій і третій змінах, що працюють на підприємстві в гарячих цехах;

$n'_x$ ,  $n''_x$  і  $n'''_x$  - кількість робітників у першій, другій і третій змінах, що працюють на підприємстві в холодних цехах;

Підставляючи  $q_z = 45$  л і  $q_x = 25$  л у формулу (1.17) і виражаючи витрату в  $\text{м}^3$ , одержимо:

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [0,045 \cdot (n'_z + n''_z + n'''_z) + 0,025 \cdot (n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (1.18)$$

Кількість робітників у кожній зміні та розподіл їх по гарячих і холодних цехах приймається за даними підприємств або на підставі наявних проектів цих підприємств. При відсутності тих чи інших даних, але відомій кількості робітників можна прийняти наступний розподіл працюючих по змінах:

I зміна - 40-45% від кількості працюючих;

II й III зміна - 30-35% від кількості працюючих.

Розподіл кількості працюючих у гарячих і холодних цехах приймають залежно від характеру технологічного процесу підприємств.

Витрата води по окремих змінах визначається за формулами:

$$\text{I зміна } Q'_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n'_z + 0,025 \cdot n'_x), \text{ м}^3; \quad (1.19)$$

$$\text{II зміна } Q''_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n''_z + 0,025 \cdot n''_x), \text{ м}^3; \quad (1.20)$$

$$\text{III зміна } Q'''_{\text{зм}} = (0,045 \cdot n'''_z + 0,025 \cdot n'''_x), \text{ м}^3 \quad (1.21)$$

Норми витрат та коефіцієнти нерівномірності споживання води на господарсько-питні потреби підприємств відносяться до роботи однієї зміни, тому максимальна годинна витрата води розраховується для всіх змін.

Величини максимальних годинних витрат для окремих змін обчислюються за формулами:

$$\text{I зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n'_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n'_x \cdot K_x}{t_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (1.22)$$

$$\text{II зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n''_z \cdot K_z + 0,025 \cdot n''_x \cdot K_x}{t_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (1.23)$$

$$\text{III зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n_z''' \cdot K_z + 0,025 \cdot n_x''' \cdot K_x}{t_{зм}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.24)$$

де  $K_z$  і  $K_x$  - коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах,  $K_z=2,5$ ,  $K_x=3$ ;

$t_{зм}$  - тривалість робочої зміни в годинах.

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.25)$$

б) *Витрата води на душові на підприємстві.*

Витрата води на душ залежить від кількості робітників та службовців, що приймають душ у кожній зміні, і характеру виробництва.

Максимальна добова витрата води на душові

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [q'_z(n'_z + n''_z + n'''_z) + q'_x(n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.26)$$

де,  $n'_z$ ,  $n''_z$ ,  $n'''_z$  - кількість робітників, що працюють із підвищеним ступенем шкідливості або забруднення відповідно в гарячих цехах у першій, другій і третій змінах;

$n'_x$ ,  $n''_x$ ,  $n'''_x$  - кількість робітників, що приймають душ в інших цехах відповідно в першій, другій і третій змінах;

$q'_z$  і  $q'_x$  - норми витрат води на один душ відповідно в цехах з підвищеним ступенем шкідливості або забруднення та в інших цехах.

Відповідно до норм  $q'_z = 45$  л и  $q'_x = 25$  л, підставляючи ці величини в попереднє рівняння і виражаючи витрату в  $\text{м}^3$ , одержимо

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [0,45 \cdot (n'_z + n''_z + n'''_z) + 0,25 \cdot (n'_x + n''_x + n'''_x)], \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (1.27)$$

Витрата води на душі для окремих змін визначається по формулах:

$$\text{I зміна } Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_z + 0,25 \cdot n'_x), \text{ м}^3; \quad (1.28)$$

$$\text{II зміна } Q''_{зм} = (0,45 \cdot n''_z + 0,25 \cdot n''_x), \text{ м}^3; \quad (1.29)$$

$$\text{III зміна } Q'''_{зм} = (0,45 \cdot n'''_z + 0,25 \cdot n'''_x), \text{ м}^3. \quad (1.30)$$

Витрата води на прийом душу (з розрахунку  $q_{д.с.} = 500$  л на добу, тривалість користування душем  $t_d = 45$  хв) після закінчення зміни розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{душ.зм.}} = \frac{N_i \cdot q_{д.с.} \cdot t_d}{n_i \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.31)$$

де  $N_i$  – кількість працюючих, що користуються душем у зміну, з  $i$ -ї санітарною характеристикою технологічного процесу;

$n_i$  – розрахункова кількість людей на одну душову сітку в цехах з  $i$ -ї санітарною характеристикою технологічного процесу приймається по табл. 3 (додаток 1).

Максимальна годинна витрата води

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q'_{зм}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.32)$$

де  $Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_z + 0,25 \cdot n'_x)$ ,  $\text{м}^3$  – витрата води на душову в I зміну;



0,45 і 0,25 - відповідно норми витрат на один душ у гарячих і холодних цехах, м<sup>3</sup>.

Максимальна секундна витрата води на душові

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.33)$$

в) *Витрата води на виробничі потреби підприємства.*

Витрата визначається за продуктивністю та питомій витраті на одиницю продукції.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.доб.}} = P \cdot q_{\text{пит}}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.34)$$

де  $P$  – продуктивність (добова) підприємства;

$q_{\text{пит}}$  – середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, м<sup>3</sup>.

При відсутності даних про витрати води на виробничі потреби по окремих змінах споживання води приймається рівним протягом усього часу роботи підприємства.

Максимальна годинна витрата при цьому дорівнює

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{t}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.35)$$

де  $t$  – тривалість роботи підприємства протягом доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.36)$$

### **Практичне заняття № 3**

#### *Режим роботи системи водопостачання при пожежогасінні*

Розрахункова витрата на зовнішнє пожежогасіння залежить від розмірів населеного пункту, поверховості будинків та ступеня їхньої вогнестійкості, розмірів виробничих будинків, категорій виробництв і інших факторів. Нормами протипожежного проектування встановлюються величини необхідних секундних витрат для гасіння пожеж у населених місцях і на промислових підприємствах, а також кількість одночасних пожеж. Таким чином, максимальна секундна витрата води на гасіння пожеж визначається як добуток розрахункової секундної витрати, необхідної для гасіння однієї пожежі, на кількість пожеж

$$Q_{\text{пож}}^c = (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ л/с}, \quad (1.37)$$

де  $q_{\text{пож}}$  – розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої пожежі приймається для населених пунктів і для промислових підприємств за ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання зовнішні мережі та споруди» [1].

$q'_{\text{пож}}$  – розрахункова витрата води на один струмінь для внутрішнього пожежогасіння приймається по табл. 3 [2], л/с;

$n$  – число струменів приймається по табл. 3 [2].

Тривалість пожеж в населених місцях і на підприємствах нормами встановлена  $t_n = 3$  год. Виходячи із цього, повна витрата води на гасіння пожежі може бути визначений за формулою:

$$Q'_{\text{пож}} = m \cdot (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ л/с}, \quad (1.38)$$

де  $m$  - розрахункова кількість одночасних пожеж приймається для населеного пункту за табл. 6 [1], а для промислового підприємства – залежно від займаної площі: одна пожежа при площі до 150 га, дві пожежі – більше 150 га.

$$Q^n_{\text{пож}} = 10,8 \cdot Q'_{\text{пож}}, \text{ м}^3. \quad (1.39)$$

Повна витрата води на гасіння пожежі за 3 години

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5 Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}, \text{ м}^3, \quad (1.40)$$

де  $Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$  - витрати води на пожежогасіння для населеного пункту,  $\text{м}^3$ ;

$Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$  - витрати води, необхідні для гасіння пожежі на підприємстві,  $\text{м}^3$ .

Витрата води на пожежогасіння за 1 годину

$$Q_{\text{год.пож.}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3} \text{ м}^3/\text{год.} \quad (1.41)$$

Секундна витрата води на пожежогасіння

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.час.}}}{3,6} \text{ л/с.} \quad (1.42)$$

#### Практичне заняття № 4

##### *Визначення висоти і об'єму водонапірної башти*

Для забезпечення споживачів водою, її необхідно подавати з деяким тиском, який залежить як від конструкції мережі, так і від геометричної висоти розміщення споживачів над поверхнею землі.

Більш розповсюджені зараз системи з регулюючими ємностями. В залежності від місця розміщення башти розрізняють системи:

- з баштою на її початку,
- з баштою в кінці мережі - мережа з контррезервуаром,
- з баштою в середині району водопостачання.

Мережу з баштою на її початку проектують в тому випадку, коли висока точка буде на початку мережі. Це необхідно для зменшення висоти водонапірної башти. Розглянемо профіль водопроводу з високими позначками місцевості на її початку (рис.1.1). Позначка п'єзометра в невідповідній точці дорівнює:

$$P_{\text{н.т.}} = Z_{\text{н.т.}} + H_{\text{н.н.т.}} \quad (1.43)$$

Враховуючи, що  $H_{\text{н}}$  завжди відома тому, що кількість поверхів в будинках в районі найвищої точки відома,  $P_{\text{нт}}$  також стане відомою. П'єзометрична позначка в місці установки водонапірної башти буде:

$$P_{\bar{o}} = Z_{\bar{o}} + H_{\bar{o}}. \quad (1.44)$$

З іншого боку:

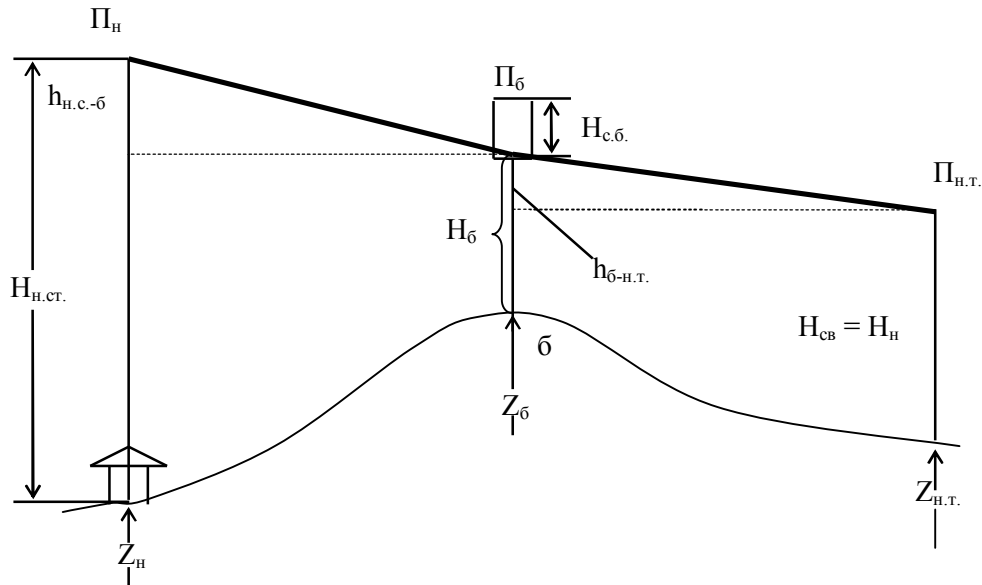
$$P_{\bar{o}} = P_{\text{н.т.}} + h_{\bar{o}-\text{н.т.}} = Z_{\text{н.т.}} + h_{\bar{o}-\text{н.т.}} + H_{\text{н.н.т.}}.$$

Тоді

$$Z_{\bar{\phi}} + H_{\bar{\phi}} = Z_{H.m} + h_{\bar{\phi}-H.m} + H_{H.H.m}.$$

## Звідки

$$H_{\bar{6}} = H_{H.H.m.} + h_{\bar{6}-H.m} - (Z_{\bar{6}} - Z_{H.m}) . \quad (1.45)$$



**Рисунок 1.1** – П'єзометричні лінії в системі з баштою на початку мережі

## Приклади розв'язання задач

**Приклад 1** Визначити витрати води на господарсько-питні потреби мешканців міста із щільністю населення  $P = 160$  люд/га та площею житлової забудови – 1000 га. Будинки обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією та централізованим гарячим водопостачанням.

*Розв'язання* Виходячи з ступеня благоустрою міста по табл. 1 (додаток 1), приймаємо норму господарсько-питного водоспоживання на одного мешканця 290 л/доб.

При визначенні витрат води на господарсько-питні потреби населення міста необхідно визначити кількість населення міста по відношенню (1.3):

$$N = 1000 \cdot 160 = 160000 \text{ мешканців.}$$

Розрахункова (середня за рік) добова витрата води на господарсько-питні потреби населення міста в м<sup>3</sup>/доб:

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{160000 \cdot 290}{1000} = 46400 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розрахункові витрати води в добу найбільшого та найменшого водоспоживання знаходимо за формулами (1.5) і (1.6)

$$Q_{\text{макс. доб.}} = 1,1 \cdot 46400 = 51040 \text{ м}^3/\text{доб}$$

$$Q_{\text{мін.доб.}} = 0,7 \cdot 46400 = 32480 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розрахункові годинні витрати води визначаємо за формулами (1.7), (1.8) з урахуванням формул (1.9), (1.10)

$$Q_{\text{год.макс.}} = 1,2 \cdot 1,05 \cdot \frac{51040}{24} = 1,26 \cdot \frac{51040}{24} = 2679,6, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{\text{год.мін.}} = 0,4 \cdot 0,85 \cdot \frac{32480}{24} = 0,34 \cdot \frac{32480}{24} = 460,13 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у місті,  $\beta$  приймаємо за додатком 1.

Максимальну секундну витрату води, розраховуємо за формулою (1.11)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{2679,6}{3,6} = 744,3 \text{ л/с.}$$

**Приклад 2** Площа житлової забудови міста становить 500 га. Розрахункова щільність населення – 180 га. Витрата води на господарсько-питне водоспоживання – 250 л/люд. у добу середнього водоспоживання. Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання  $K_{\text{доб}}=1,2$ . Визначити витрати води на господарсько-питні потреби мешканців міста.

*Розв'язання*

При визначенні витрат води на господарсько-питні потреби населення міста необхідно визначити кількість населення міста за формулою (1.3):

$$N = 180 \cdot 500 = 90000 \text{ мешканців.}$$

Розрахункова (середня за рік) добова витрата води на господарсько-питні потреби населення міста (формула 1.4):

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{90000 \cdot 250}{1000} = 22500 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розрахункові витрати води в добу найбільшого та найменшого водоспоживання знаходимо за формулами (1.5) і (1.6)

$$Q_{\text{макс.доб.}} = 1,2 \cdot 22500 = 27000 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{\text{мін.доб.}} = 0,8 \cdot 22500 = 18000 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розрахункові годинні витрати води визначаємо за формулами (1.7), (1.8) з урахуванням формул (1.9), (1.10)

$$Q_{\text{год.макс.}} = 1,3 \cdot 1,1 \cdot \frac{27000}{24} = 1,43 \cdot \frac{27000}{24} = 1608,75, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{\text{год.мін.}} = 0,5 \cdot 0,7 \cdot \frac{18000}{24} = 0,35 \cdot \frac{18000}{24} = 262,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у місті,  $\beta$  приймаємо по табл. 1, додаток 1.

Максимальну секундну витрату води розраховуємо за формулою (1.11)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{1608,75}{3,6} = 446,88 \text{ л/с.}$$

**Приклад 3** Визначити добову витрату води на поливання покриттів і зелених насаджень міста при площі покриттів  $F_n = 800000 \text{ м}^2$  і площі зелених насаджень  $F_z = 904358 \text{ м}^2$ . Число поливок за добу  $n$  прийняти рівним двом.

*Розв'язання*

Добова витрата води на поливання покриттів і насаджень міста:

$$Q_n = \frac{F_n \cdot q_n \cdot n}{1000} + \frac{F_z \cdot q_z \cdot n}{1000} = \frac{800000 \cdot 0,4 \cdot 2}{1000} + \frac{904358 \cdot 4 \cdot 2}{1000} = 7874,9 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Норма витрати води на поливання  $q_n$  та  $q_z$  у л/м<sup>2</sup> приймається залежно від типу покриття території, способу її поливання виду насаджень, кліматичних і інших місцевих умов.

**Приклад 4.** Визначити добову витрату води на полив покриттів і зелених насаджень міста з населенням  $N = 160000$  мешканців, прийнявши витрату води на полив в перерахуванні на одного мешканця  $q$  рівним 50 л/доб.

*Розв'язання*

Добова витрата води на полив покриттів і насаджень міста:

$$Q_{n.\text{доб}} = q \cdot N = 50 \cdot 160000 = 8000000 \text{ л/доб} = 8000 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

**Приклад 5** Визначити місткість лазні та витрату води в ній для міста з населенням  $N = 160000$  мешканців, прийнявши норму водоспоживання  $q_{\delta} = 180$  л/доб.

*Розв'язання*

Кількість місць у лазні  $n_{\delta}$  визначається з розрахунку 7 місць на 1000 мешканців (з урахуванням перспективи підвищення ступеня благоустрою воно може бути знижене до 5). У містах і селищах, забезпечених упорядкованим житловим фондом, норми місткості бань варто зменшувати до 3 місць на 1000 чоловік, тоді місткість лазні

$$n_{\delta} = \frac{3 \cdot N}{1000} = \frac{3 \cdot 160000}{1000} = 480 \text{ місць.}$$

Місткість лазні може бути прийнята рівної 50, 100, 200 і 300 місць. Приймавши дві лазні місткістю  $n_{\delta 1} = 200$  місць і  $n_{\delta 2} = 300$  місць, визначимо їхнє добове водоспоживання

$$Q_{\delta.\text{доб.}} = \frac{(n_{\delta 1} + n_{\delta 2}) \cdot q_{\delta} \cdot t_{\delta}}{1000} = \frac{(200 + 300) \cdot 180 \cdot 16}{1000} = 1440 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Тривалість роботи лазні приймається звичайно  $t_{\delta} = 16$  год (з 7 до 23 год.).

Годинна витрата води в лазні

$$q_{\delta.\text{год.}} = \frac{Q_{\delta.\text{доб.}} \cdot K_{\delta}}{t_{\delta}} = \frac{1440 \cdot 1}{16} = 90 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання в лазні приймається рівним  $K_{\delta} = 1$ .

**Приклад 6** Визначити загальну кількість білизни, що надходить у пральню за одну зміну, і витрату води в пральні, прийнявши норму витрати води на 1 кг сухої білизни  $q_{np} = 75$  л.

### *Розв'язання*

Кількість білизни, що надходить у пральню за одну зміну ( $t_{зм} = 8$  год) від 1000 мешканців, приймається рівним  $q_{пр} = 100$  кг. Загальна кількість білизни, що надходить у пральню за одну зміну

$$G_{пр} = \frac{q_{пр} \cdot N}{1000} = \frac{100 \cdot 160000}{1000} = 16000 \text{ кг.}$$

Пральні варто проектувати продуктивністю 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 7500, 10000 кг і більше білизни в зміну. Звичайно пральня працює в дві зміни  $n_{зм} = 2$  (з 7 до 23 год.).

Приймаємо продуктивність пральні 7500 кг білизни в зміну, тоді добове водоспоживання пральні складе:

$$Q_{пр.доб.} = \frac{G_{пр.} \cdot n_{зм} \cdot q_{пр.}}{1000} = \frac{7500 \cdot 2 \cdot 75}{1000} = 1125 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Годинна витрата води в пральні

$$q_{пр.} = \frac{Q_{пр.сут.} \cdot K_{пр.}}{n_{см.} \cdot t_{см.}} = \frac{1125 \cdot 1}{2 \cdot 8} = 70.31 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання в пральні  $K_{пр} = 1$ .

**Приклад 7** Визначити кількість ліжок і витрату води в лікарні, прийнявши норму водоспоживання, віднесену до одного ліжка  $q_{лік.} = 250$  л/доб.

### *Розв'язання*

Кількість ліжок у лікарні  $n_{лік.}$  визначається з розрахунку 12 ліжок на 1000 мешканців:

$$n_{лік.} = \frac{12 \cdot N}{1000} = \frac{12 \cdot 160000}{1000} = 1920 \text{ ліжок.}$$

Прийнявши кількість ліжок у лікарні 2000, визначаємо добове водоспоживання лікарні:

$$Q_{лік.доб.} = \frac{q_{лік.} \cdot n_{лік.}}{1000} = \frac{250 \cdot 2000}{1000} = 500 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

**Приклад 8** Визначити кількість місць у готелі та добове водоспоживання готелю, прийнявши норму добового водоспоживання на одного клієнта  $q_z = 300$  л.

### *Розв'язання*

Кількість місць у готелі  $n_z$  визначається з розрахунку 6 місць на 1000 мешканців:

$$n_z = \frac{6 \cdot N}{1000} = \frac{6 \cdot 160000}{1000} = 960 \text{ місць.}$$

Добове водоспоживання готелю дорівнює

$$Q_{z.доб.} = \frac{q_z \cdot n_z}{1000} = \frac{300 \cdot 960}{1000} = 288 \text{ місць.}$$

**Приклад 9** Визначити витрату води на господарсько-питні потреби робітників на промисловому підприємстві. Кількість робітників на підприємстві

становить 6680. У гарячих цехах працюють 880 робітників, з них: на І зміні - 350; на ІІ - 280, на ІІІ - 250. У холодних цехах працюють 5800 робітників, з них: на І зміні - 2150; на ІІ - 1960, на ІІІ - 1750.

#### Розв'язання

Виходячи з норм витрат води на господарсько-питні потреби на промислових підприємствах [1], визначаємо витрати води за зміну окремо в цехах з тепловиділенням більше 20 ккал. на 1 м<sup>3</sup> (гарячі цехи)  $Q_{г.ц.}^{зм}$  і в інших цехах (холодні цехи)  $Q_{х.ц.}^{зм}$ .

$$Q_{г.ц.}^{Ізм} = 0,001 \cdot 45 \cdot 350 = 15,75 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{г.ц.}^{ІІзм} = 0,001 \cdot 45 \cdot 280 = 12,60 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{г.ц.}^{ІІІзм} = 0,001 \cdot 45 \cdot 250 = 11,25 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$\sum Q_{г.ц.} = 39,60 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

$$Q_{х.ц.}^{Ізм} = 0,001 \cdot 25 \cdot 2150 = 53,75 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{х.ц.}^{ІІзм} = 0,001 \cdot 25 \cdot 1900 = 47,50 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{х.ц.}^{ІІІзм} = 0,001 \cdot 25 \cdot 1750 = 43,75 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$\sum Q_{х.ц.} = 145 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

**Приклад 10** Користуючись вихідними даними попереднього приклада, визначити витрату води на потреби душових, маючи на увазі, що виробничий процес у гарячих цехах викликає забруднення одягу та рук, а в холодних цехах не викликає такого забруднення. У гарячих цехах душем користуються 70% робітників, а в холодних - 20%.

#### Розв'язання

У гарячих цехах користуються душем по змінах

І зміна -  $350 \cdot 0,7 = 245$  робітників;

ІІ зміна -  $280 \cdot 0,7 = 196$  робітників;

ІІІ зміна -  $250 \cdot 0,7 = 175$  робітників;

У холодних цехах користуються душем по змінах

І зміна -  $2160 \cdot 0,2 = 430$  робітників;

ІІ зміна -  $1900 \cdot 0,2 = 380$  робітників;

ІІІ зміна -  $1750 \cdot 0,2 = 350$  робітників.

Виходячи з норми витрат води на одну душову сітку  $q_{д.с.} = 500$  л/год і тривалості користування душем  $t_{д.} = 45$  хв. після закінчення зміни, витрата води на підприємстві в зміну для душових у м<sup>3</sup> може бути визначена:

$$Q_{душ.}^{зм} = \frac{0,001 \cdot q_{д.с.} \cdot t_{д.} \cdot N_i}{n_i},$$

де  $N_i$  - кількість працюючих, що користуються душем у зміну, з і-тою санітарною характеристикою технологічного процесу;

$n_i$  - розрахункова кількість робітників на одну душову сітку в цехах з  $i$ -тою санітарною характеристикою технологічного процесу ([1]).

У цехах, що викликають забруднення одягу й рук,

$$Q_{\text{душ}}^{\text{Iзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 245}{7} = 13,13 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{\text{душ}}^{\text{IIзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 196}{7} = 10,50 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{\text{душ}}^{\text{IIIзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 175}{7} = 9,38 \text{ м}^3/\text{зм.}.$$


---


$$\sum Q_{\text{душ}} = 33,01 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

У цехах, що не викликають забруднення одягу й рук,

$$Q_{\text{душ}}^{\text{Iзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 430}{15} = 10,75 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{\text{душ}}^{\text{IIзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 380}{15} = 9,50 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{\text{душ}}^{\text{IIIзм}} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 350}{15} = 8,75 \text{ м}^3/\text{зм.}$$


---


$$\sum Q_{\text{душ}} = 29,00 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

**Приклад 11** Визначити максимальну секундну витрату води для виробничих потреб тракторного заводу, добова продукція якого становить 10 тракторів, робота в 3 зміни, питома витрата води для виробництва одного трактора  $45 \text{ м}^3$ .

*Розв'язання*

Максимальна добова витрата підприємства на виробничі потреби визначається за формулою (1.34):

$$Q_{\text{макс.доб}} = 10 \cdot 45 = 450 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Приймаючи витрату води на виробничі потреби рівномірною протягом доби, максимальна годинна витрата визначається за формулою (1.35):

$$Q_{\text{макс.год}} = \frac{450}{24} = 18,75 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Максимальна секундна витрата

$$Q_{\text{макс.сек}} = \frac{18,75}{3,6} = 5,21 \text{ л/сек.}$$

**Приклад 12** Визначити розрахункову витрату води для гасіння пожежі в населеному пункті та на промисловому підприємстві, що мають загальний протипожежний водопровід, при наступних вихідних даних:

1. Чисельність населення міста - 160000 мешканців;
2. Поверховість будинків - 5;
3. Площа території промислового підприємства - 60 га;
4. Обсяг найбільшого будинку (цеху) підприємства - 60 тис.м<sup>3</sup>;
5. Категорія виробництва по пожежній небезпеці - Б;



## 6. Ступінь вогнестійкості будинків - II.

### Розв'язування

Розрахункова витрата води для гасіння пожеж у населеному пункті та на промисловому підприємстві визначається за формулою (1.37):

Розрахункова витрата води на гасіння пожежі в населеному пункті:

$$Q_{пож}^2 = 3 \cdot (40 + 2 \cdot 2,5) = 135 \text{ л/с.}$$

Розрахункова витрата води на гасіння пожежі на промисловому підприємстві складе:

$$Q_{пож}^{n.пр.} = 1 \cdot (30 + 2 \cdot 2,5) = 35 \text{ л/с.}$$

## Варіанти завдань

### Завдання 1

Визначити максимальну добову витрату води (середню за рік) для житлового мікрорайону міста, а також у добу найбільшого та найменшого водоспоживання.

При складанні завдання допущена умовність - ступінь благоустрою будинків не пов'язана із заданою поверховістю будинків.

Вихідні дані для розв'язання завдання наведені в таблицях.

**Таблиця 1.1**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Площа житлової забудови мікрорайону $F$ , га	180	160	130	200	150
Ступінь благоустрою житлових будинків	5	1	4	3	2
Щільність населення $P$ , люд/га	400	330	380	450	440
Число поверхів житлової забудови	8	5	8	12	12

**Таблиця 1.2**

№	Ступінь благоустрою житлових будинків
1	Житлові будинки квартирного типу з водопроводом, каналізацією і газопостачанням;
2	Те ж, з ваннами і газовими водонагрівачами;
3	Те ж, зі швидкодіючими газовими водонагрівачами із багатоточковим водорозбіром;
4	Те ж, із централізованим гарячим водопостачанням, обладнані умивальниками, мийками, душами;
5	Те ж, із сидячими ваннами, обладнаними душами

### Завдання 2

Визначити витрати води на комунальні потреби міста.

**Таблиця 1.3**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Площа вулиць та площ, $F_n$ , м <sup>2</sup>	1500	3500	6000	5320	7485
Площа зелених насаджень $F_z$ , м <sup>2</sup>	5000	10500	20000	50500	95000
Норма витрат води на полив вулиць та площ $q_n$ , л/м <sup>2</sup> на 1 м <sup>2</sup>	1,2	1,5	0,3	0,35	0,4
Норма витрат води на полив зелених насаджень $q_z$ , л/м <sup>2</sup> на 1 м <sup>2</sup>	3,5	3	4	5	6
Число поливок за добу, $n$	2	1	2	1	2

**Завдання 3****Таблиця 1.4**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Визначити кількість і добова витрату	місць	ліжок	місць	ліжок	білизни
Число мешканців, мешканців	100000	300000	140000	200000	50000
Норма водоспоживання на 1 одиницю, л	250	115	360	200	40
Тривалість роботи підприємства 1 зміни, год	16	-	-	-	8
Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання	1	1	1	1	1

**Завдання 4**

Визначити витрату води на господарсько-питні потреби робітників на промисловому підприємстві.

**Таблиця 1.5**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість робітників на підприємстві	1000	6000	2000	5340	7800
У гарячих цехах працюють, з них:	600	1500	1280	3500	4900
на I зміні, робітників	480	500	640	2400	2690
на II зміні, робітників	120	500	360	800	1310
на III зміні, робітників	-	500	280	300	900
У холодних цехах працюють, з них:	400	4500	720	1840	2900
на I зміні, робітників	300	2800	450	1000	1680
на II зміні, робітників	100	1000	150	600	880
на III зміні, робітників	-	700	120	240	340

**Завдання 5**

Визначити витрата води на потреби душових.

**Таблиця 1.6**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість робітників на підприємстві	2000	5000	1500	7200	5580
У гарячих цехах працюють, %	15	40	80	60	70
У холодних цехах працюють, %	10	25	70	40	20
Група виробничих процесів і санітарні характеристики виробничих процесів (див. додаток 1, табл. 3)	I, а	I, б	II, г	II, в	I, а

**Завдання 6**

Визначити максимальну секундну витрату води для виробничих цілей для:

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Підприємство	Взуттєва фабрика	Автозавод	Молокозавод	Ковбасне виробництво	Пивоварний
Продукція	взуття	машина	молоко	ковбаса	пиво
Добова продукція підприємства.	5000 пар	240 шт.	30 т.	8 т.	25 т.
Середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, $q_{\text{пит}}, \text{м}^3$	30	45	20	15	15

**Завдання 7**

Визначити розрахункову витрату води для гасіння пожежі в населеному пункті і на промисловому підприємстві, що мають загальний протипожежний водопровід, при наступних вихідних даних:

**Таблиця 1.7**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Чисельність населення міста, тис. чол.	110	230	560	470	24
Поверховість будинків	5	9	12	5	3
Площа території промислового підприємства, га	70	100	200	250	160
Обсяг найбільшого будинку (цеху) підприємства, тис. $\text{м}^3$	70	100	200	250	60
Категорія виробництва по пожежній небезпеці	Б	А	В	Г	В
Ступінь вогнестійкості будинків	I	II	I	II	II

## ЗМ 2.2 Водопровідні мережі та споруди на них

### Практичне заняття №5

*Трасування водопровідних мереж. Визначення діаметрів ділянок і втрат напору в них*

У будь-якій точці зовнішньої водогінної мережі напір повинен бути достатнім для того, щоб вода під його дією могла надходити із зовнішньої по внутрішній водогінній мережі до верхнього та найбільш віддаленого водорозбірного приладу.

Необхідний вільний мінімальний напір ( $H_{віль}$ ) у водогінній мережі в точці приєднання вводу в будинок визначається як сума геометричної висоти підйому води ( $H_z$ ), запасу напору для нормальної роботи водорозбірних приладів ( $H_{вп}$ ) і втрат напору по довжині трубопроводу від вводу до найбільш віддаленого водорозбірного приладу ( $h_{дов}$ ):

$$H_{віль} = H_z + H_{вп} + h_{дов}, \quad (1.46)$$

При одноповерховій забудові необхідний вільний мінімальний напір становить не менш 10 метрів. При багатоповерхової - на перший поверх приймається 10 метрів, а на кожний наступний у годину максимального водоспоживання - по 4 метри, в інші години - по 3,5 метри.

$$H_{віль} = 10 + h_1 \cdot (n - 1), \quad (1.47)$$

де  $h_1$  – прийнятий напір на один поверх, м;

$n$  – кількість поверхів будинку.

Під п'єзометричною відміткою у вузлі водогінної мережі мається на увазі сума позначки землі та вільного напору в цьому вузлі.

$$P_i = H_{св}^i + Z_i, \quad (1.48)$$

де  $P_i$  - п'єзометрична позначка, м;

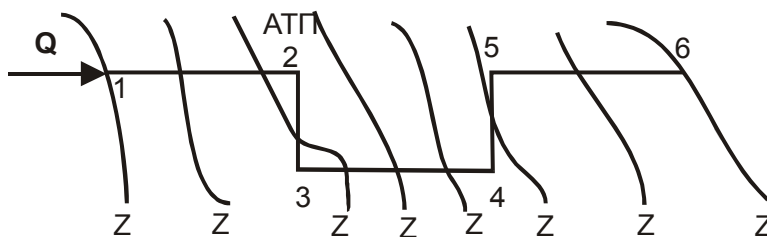
$H_{св}^i$  - вільний напір в  $i$ -й точці, м;

$Z_i$  - позначка землі в  $i$ -й точці, м.

### Приклади розв'язання задач

#### Приклад 1

Визначити  $H_{віль}$  і п'єзометричні позначки вузлових точок тупикової мережі. Поверховість – 5 поверхів.  $H_{1-2}=0,8$  м,  $h_{2-3}=1,2$  м,  $h_{3-4}=1,1$  м,  $h_{4-5}=0,9$  м,  $h_{5-6}=0,7$  м. Позначки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють:  $Z_1=94$  м,  $Z_2=96,2$  м,  $Z_3=95,8$  м,  $Z_4=98,4$  м,  $Z_5=99,2$  м,  $Z_6=101$  м.



### Розв'язання

1. Знаходимо вільний напір у точці 6.

$$H_{віль}^6 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

2. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 6.

$$\Pi^6 = 26 + 101 = 127 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 5.

$$\Pi^5 = 127 + 0,7 = 127,7 \text{ м.}$$

4. Знаходимо вільний напір у точці 5.

$$H_{віль}^5 = 127,7 - 99,2 = 28,5 \text{ м.}$$

5. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 4.

$$\Pi^4 = 127,7 + 0,9 = 128,6 \text{ м.}$$

6. Знаходимо вільний напір у точці 4.

$$H_{віль}^4 = 128,6 - 98,4 = 30,2 \text{ м.}$$

7. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 3.

$$\Pi^3 = 128,6 + 1,1 = 129,7 \text{ м.}$$

8. Знаходимо вільний напір у точці 3.

$$H_{віль}^3 = 129,7 - 95,8 = 33,9 \text{ м.}$$

9. Знаходимо п'єзометричну позначку в т. 2.

$$\Pi^2 = 129,7 + 1,2 = 130,9 \text{ м.}$$

10. Знаходимо вільний напір у точці 2.

$$H_{віль}^2 = 130,9 - 96,2 = 34,7 \text{ м.}$$

11. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 1.

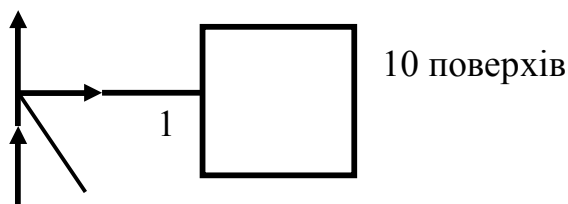
$$\Pi^1 = 130,9 + 0,8 = 131,7 \text{ м.}$$

12. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H_{віль}^1 = 131,7 - 94 = 37,7 \text{ м.}$$

### Приклад 2

Чи можливо підключення будинку до водогінної мережі?



$$H_{віль} = 36 \text{ м}$$

### Розв'язання

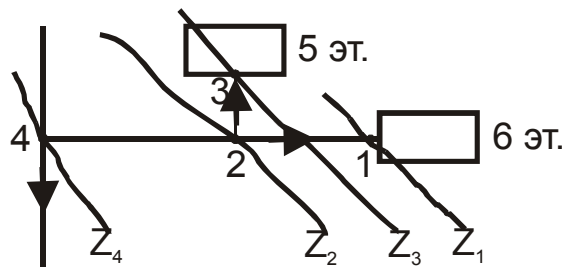
1. Знаходимо вільний напір у т. 1.

$$H_{віль}^1 = 10 + 4 \cdot (10 - 1) = 46 \text{ м.}$$

Підключення будинку до водогінної мережі не можливо, тому розрахунковий потрібний напір при вході в будинок 46 м, а заданий- 36 м. Таким чином необхідна станція підкачування.

### Приклад 3

Визначити Нвіль і п'єзометричні позначки у вузлових точках 1, 2, 3, 4.  
 $h_{1-2}=1,1$  м;  $h_{2-3}=0,6$  м;  $h_{2-4}=0,8$  м. Позначки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють:  $Z_1=90$  м,  $Z_2=80$  м,  $Z_3=85$  м,  $Z_4=75$  м.



### Розв'язання

1. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H_{віль}^1 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30 \text{ м.}$$

2. Знаходимо вільний напір у точці 3.

$$H_{віль}^3 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 3.

$$\Pi^3 = 26 + 85 = 111 \text{ м.}$$

4. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 1.

$$\Pi^1 = 30 + 90 = 120 \text{ м.}$$

5. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 2.

$$\Pi^2 = 120 + 1,1 = 121,1 \text{ м.}$$

6. Знаходимо вільний напір у точці 2.

$$H_{віль}^2 = 121,1 - 80 = 41,1 \text{ м.}$$

7. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 4.

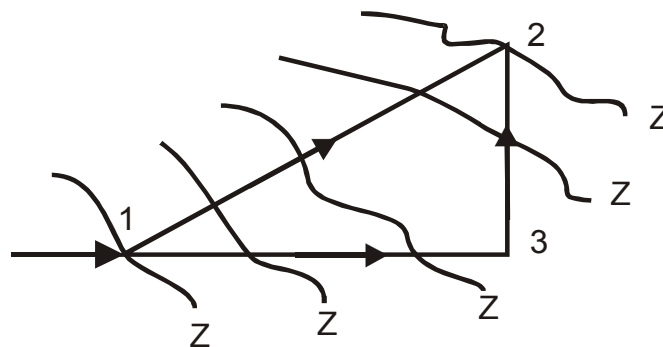
$$\Pi^4 = 121,1 + 0,8 = 121,9 \text{ м.}$$

8. Знаходимо вільний напір у точці 4.

$$H_{віль}^4 = 121,9 - 75 = 46,9 \text{ м.}$$

### Приклад 4

Визначити Нвіль і п'єзометричні позначки у вузлових точках. Поверховість – 5 поверхів.  $h_{1-2}=0,8$  м,  $h_{2-3}=0,6$  м,  $h_{3-1}=1,4$  м. Позначки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють:  $Z_1=41$  м,  $Z_2=45$  м,  $Z_3=43,4$  м.



### Розв'язання

1. Знаходимо вільний напір у найвіддаленішій точці 2.

$$H_{вил}^2 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

2. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 2.

$$\Pi^2 = 45 + 26 = 71 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 3.

$$\Pi^3 = 71 + 0,6 = 71,6 \text{ м.}$$

4. Знаходимо вільний напір у точці 3.

$$H_{вил}^3 = 71,6 - 43,4 = 28,2 \text{ м.}$$

5. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 1.

$$\Pi^1 = 71,6 + 0,8 = 72,4 \text{ м.}$$

6. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H_{вил}^1 = 72,4 - 41 = 31,4 \text{ м.}$$

7. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 1.

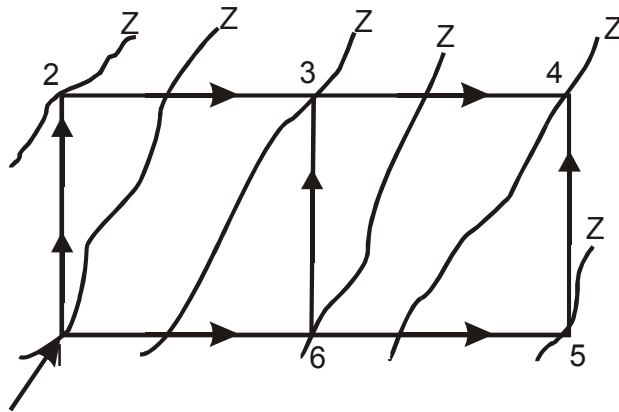
$$\Pi^1 = 71 + 1,4 = 72,4 \text{ м.}$$

8. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H_{вил}^1 = 72,4 - 41 = 31,4 \text{ м.}$$

### Приклад 5

Визначити НвІл і п'єзометричні позначки у вузлових точках. Поверховість – 8 поверхів.  $H_{1-2}=1,5$  м,  $h_{2-3}=0,5$  м,  $h_{3-4}=1,2$  м,  $h_{4-5}=1,3$  м,  $h_{5-6}=2,0$  м,  $h_{6-1}=0,6$  м. Позначки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють:  $Z_1=144,6$  м,



$Z_2=144$  м,  $Z_3=146$  м,  $Z_4=148$  м,  $Z_5=149$  м,  $Z_6=147$  м.

### Розв'язання

1. Знаходимо вільний напір у точці 4.

$$H_{вил}^4 = 10 + 4 \cdot (8 - 1) = 38 \text{ м.}$$

2. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 4.

$$\Pi^4 = 38 + 148 = 186 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 3.

$$\Pi^3 = 186 + 1,2 = 187,2 \text{ м.}$$

4. Знаходимо вільний напір у точці 3.

$$H_{вил}^3 = 187,2 - 146 = 41,2 \text{ м.}$$

5. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 2.

$$\Pi^2 = 187,2 + 0,5 = 187,7 \text{ м.}$$

6. Знаходимо вільний напір у точці 2.

$$H_{вил}^2 = 187,7 - 144 = 43,7 \text{ м.}$$

7. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 1.

$$\Pi^1 = 187,7 + 1,5 = 189,2 \text{ м.}$$

8. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H_{вил}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6 \text{ м.}$$

9. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 5.

$$\Pi^5 = 186 + 2,0 = 188 \text{ м.}$$

10. Знаходимо вільний напір у точці 5.

$$H_{вил}^5 = 188 - 149 = 39 \text{ м.}$$

11. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 6.

$$\Pi^6 = 188 + 0,6 = 188,6 \text{ м.}$$

12. Знаходимо вільний напір у точці 6.

$$H_{вил}^6 = 188,6 - 147 = 41,6 \text{ м.}$$

13. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці 1.

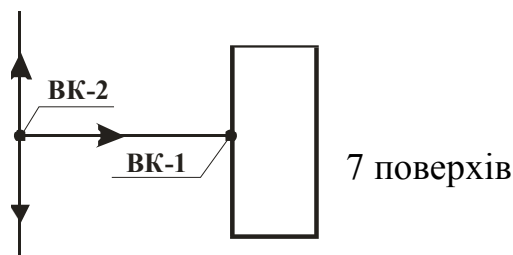
$$\Pi^1 = 188,6 + 0,6 = 189,2 \text{ м.}$$

14. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H_{вил}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6 \text{ м.}$$

### Приклад 6

Визначити п'єзометричні позначки у вузлових точках ВК-1, ВК-2 і вільні напори, якщо  $Z_1=85,0$  м,  $Z_2=84,5$  м,  $h_{1-2}=1,9$  м.



### Розв'язання

1. Знаходимо вільний напір у точці ВК-1.

$$H_{вил}^{BK-1} = 10 + 4 \cdot (7 - 1) = 34 \text{ м.}$$

2. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці ВК-1.

$$\Pi^{BK-1} = 34 + 85 = 119 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну позначку в точці ВК-2.

$$H_{вил}^{BK-2} = 119 + 1,9 = 120,9 \text{ м.}$$

4. Знаходимо вільний напір у точці ВК-2.



$$\Pi^{BK-2} = 120,9 - 84,5 = 36,4 \text{ м.}$$

### Приклад 7

В невідгінній точці мережі вільний напір повинен дорівнювати  $H_1 = 36$  м, втрати напору в мережі від невідгінної точки до точки підключення водоводів  $h_1 = 20$  м, втрати напору в водоводах  $h_2 = 5$  м. Абсолютна позначка невідгінної точки  $z_1 = 150$  м, позначка вісі насосів  $z_2 = 120$  м. Водонапірна башта водо спва- на на початку мережі на позначці  $z_3 = 160$  м. Висота баку башти  $h_3 = 5$  м. Визна- чити необхідну висоту стовбуру водонапірної башти і необхідний напір насосів.

#### Розв'язання

На основі умов задачі будуються п'єзометричні лінії. Згідно з рисунком висота стовбура водонапірної башти буде:

$$H_6 = \Pi_3 - z_3 ,$$

де  $\Pi_3$  – п'єзометрична позначка в точці 3, яка визначається за формулою:

$$\Pi_3 = \Pi_1 + h_1 = H_1 + z_1 + h_1 ,$$

де  $\Pi_1$  – п'єзометрична позначка в точці 1,

Тоді

$$\Pi_3 = 36 + 150 + 20 = 206 \text{ м} ,$$

а висота башти буде:

$$H_6 = 206 - 160 = 46 \text{ м} .$$

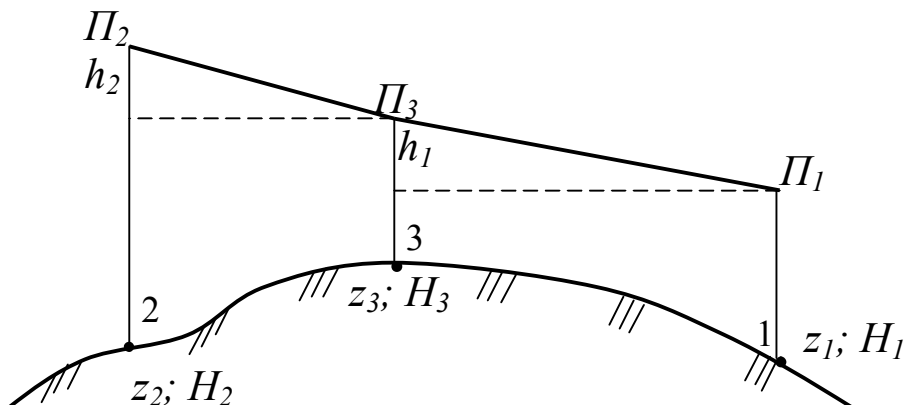
Напір насосів насосної станції II підйому при порожньому баці визнача- ється за формулою:

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

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

Необхідний напір при повному баці

$$H'_n = H_n + h_3 = 91 + 5 = 96 \text{ м} .$$



### Приклад 8

В невідгідній точці мережі з водо споживачів□м, яка має позначку  $z_4 = 90$  м, необхідно забезпечити вільний напір  $H_2 = 24$  м. Позначка місця розміщення водонапірної башти  $z_5 = 91$  м, позначка точки підключення водоводів до мережі  $z_6 = 70$  м, позначка вісі насосів  $z_7 = 65$  м, висота баку  $h_3 = 5$  м. Втрати в мережі і водоводах наступні: від невідгідної точки до водонапірної башти  $h_4 = 5$  м, від невідгідної точки до точки підключення водоводів  $h_5 = 5$  м, втрати в водоводах  $h_6 = 6$  м, у випадку максимального транзиту сумарні втрати в мережі і водоводах  $h_7 = 15$  м,  $h_l = 20$  м. Визначити висоту стовбуру водонапірної башти та напір насосів.

#### Розв'язання

На основі умов задачі будуються п'єзометричні лінії: при транзиті – 1, при максимальному водоспоживанні – 2. Висота стовбуру водонапірної башти визначається для випадку максимального водоспоживання.

Виходячи з п'єзометричної лінії 2, висота стовбуру башти визначається з таких співвідношень:

$$H_6 = \Pi_5 - z_5 = \Pi_4 + h_4 - z_5 = z_4 + H_2 + h_4 - z_5,$$

де  $\Pi_4$  і  $\Pi_5$  – п'єзометричні позначки в точках 4 і 5 відповідно.

Тоді

$$H_6 = 90 + 24 + 5 - 91 = 28 \text{ м.}$$

Необхідний напір насосів при максимальному водоспоживанні і порожньому баці визначається із співвідношень:

$$H_n = \Pi_7 - z_7$$

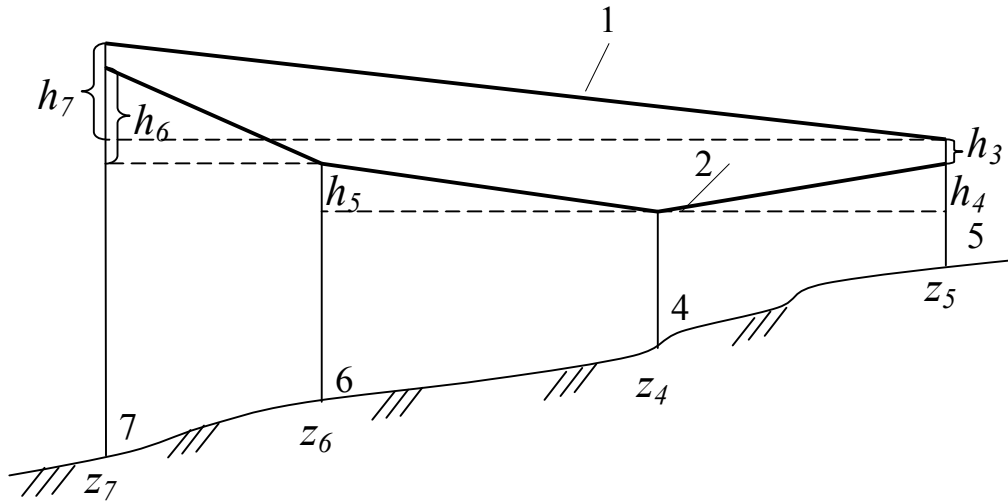
$$\Pi_7 = \Pi_4 + h_5 + h_6 = z_4 + H_2 + h_5 + h_6,$$

де  $\Pi_7$  – п'єзометрична позначка насосної станції.

Тоді

$$\Pi_7 = 90 + 24 + 7 + 6 = 127 \text{ м,}$$

$$H_n = 127 - 65 = 62 \text{ м.}$$



У випадку максимального транзиту напір насосів визначається:

$$H'_n = P'_7 - z_7,$$

$$P'_7 = P'_5 + h_7 = z_5 + H_6 + h_3 + h_7,$$

де  $P'_5$  і  $P'_7$  – п'єзометричні позначки при транзиті в точках 5 і 7 відповідно.

Тоді

$$P'_7 = 91 + 28 + 5 + 15 = 139 \text{ м},$$

$$H'_n = 139 - 65 = 74 \text{ м}.$$

### Приклад 9

Для умов прикладу 8 визначити необхідний напір насосів в системі пожежогасіння низького тиску, якщо втрати напору в мережі від точки підключення водоводів до невідгідної точки при пожежі дорівнюють  $h_8 = 20$  м, а втрати в водоводах –  $h_9 = 10$  м.

*Розв'язання*

Невідгідна точка при водоспоживання буде біля водонапірної башти. В ній необхідно забезпечити мінімальний вільний напір 10 м водяного стовпа. Тоді для цього випадку будуть справедливими співвідношення:

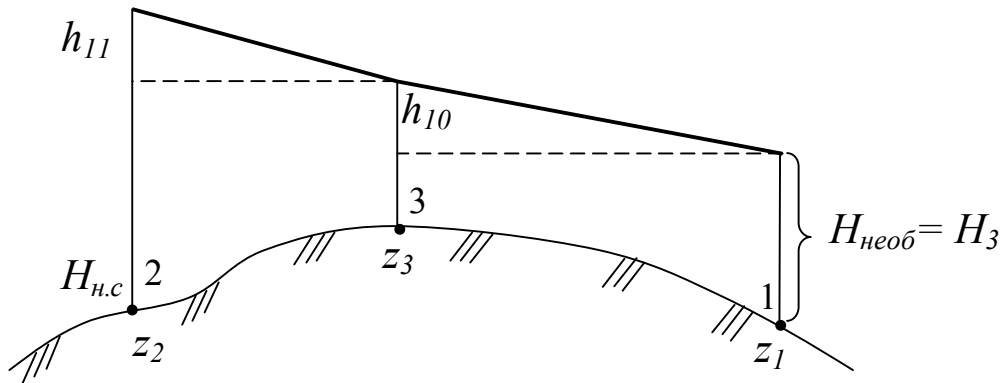
$$P_{н.м.} = z_5 + 10,$$

$$H_n = P_{н.м.} + h_8 + h_9 - z_7 = z_5 + h_8 + h_9 + 10 - z_7,$$

де  $P_{н.м.}$  – п'єзометрична позначка в невідгідній точці при пожежі.

Тоді

$$H_n = 91 + 20 + 10 + 10 - 65 = 65 \text{ м}$$



### Варіанти завдань

**Завдання 1** Визначити  $H_{\text{вільний}}$  і п'єзометричні позначки вузлових точок тупикової мережі. Вихідні дані для я завдання наведені в таблиці. Рисунок див. приклад 1.

**Таблиця 1.8**

Вихідні дані		Номера варіантів				
		1	2	3	4	5
Поверховість забудови		12	14	16	9	12
Втрати напору на ділянках, м:						
	$h_{1-2}$	0,7	1,0	1,3	0,5	1,1
	$h_{2-3}$	1,0	1,4	1,7	0,7	1,5
	$h_{3-4}$	1,3	1,3	1,5	0,9	1,4
	$h_{4-5}$	0,6	1,1	1,4	1,0	1,2
	$h_{5-6}$	1,1	0,9	1,2	0,6	0,9
Позначки поверхні землі у вузлових точках, м:						
	$Z_1$	75	52	100	224	137
	$Z_2$	77,5	54,5	102,6	226,4	139,4
	$Z_3$	76,7	53,9	101,8	225,6	138,9
	$Z_4$	79,8	56,8	104,9	228,8	141,8
	$Z_5$	80,2	57,1	105,3	229,1	142,0
	$Z_6$	84	59	107	231	144

**Завдання 2** Чи можливо підключення будинку до водогінної мережі? Рисунок до завдання див. приклад 2.

**Таблиця 1.9**

Вихідні дані		Номера варіантів				
		1	2	3	4	5
Поверховість забудови		12	14	16	9	12
Вільний напір у точці підключення.		38	46	34	27	34

**Завдання 3** Визначити Н<sub>вл</sub> і п'єзометричні позначки у вузлових точках 1, 2, 3, 4. Вихідні дані для наведені в таблиці. Рисунок до завдання див. приклад 3.

**Таблиця 1.10**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови в т. 3.	7	6	8	9	12
Поверховість забудови в т. 1.	9	10	11	14	15
Втрати напору на ділянках, м:					
h 1-2	1,5	0,8	1,3	0,9	1,6
h 2-3	1,0	0,3	0,8	1,7	1,2
h 3-4	1,2	0,5	1,4	1,9	1,3
Позначки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z <sub>1</sub>	70	40	45	20	100
Z <sub>2</sub>	75	41	50	25	105
Z <sub>3</sub>	80	42	55	30	110
Z <sub>4</sub>	85	43	60	35	115

**Завдання 4** Визначити Н<sub>вільний</sub> і п'єзометричні позначки у вузлових точках. Вихідні дані наведені в таблиці. Рисунок до завдання див. приклад 4.

**Таблиця 1.11**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови	16	12	14	10	8
Втрати напору на ділянках, м:					
h 1-2	0,7	1,0	1,2	0,5	1,1
h 2-3	0,5	0,8	1,0	0,3	0,9
h 3-1	0,6	0,9	1,1	0,4	1,0
Позначки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z <sub>1</sub>	78	60	95	214	147
Z <sub>2</sub>	82	64	115	225,6	151
Z <sub>3</sub>	80,3	62,2	105,4	218	149,5

**Завдання 5** Визначити Н<sub>вільний</sub> і п'єзометричні позначки у вузлових точках. Вихідні дані наведені в таблиці. Рисунок до завдання див. приклад 5.

**Таблиця 1.12**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Поверховість забудови	9	10	12	13	15
Втрати напору на ділянках, м:					
h 1-2	1,7	1,9	1,3	1,1	1,8
h 2-3	0,7	0,9	0,2	0,1	0,8
h 3-4	1,4	1,6	1,0	0,8	1,5
h 4-5	1,5	1,7	1,1	0,9	1,6
h 5-6	2,2	2,4	1,8	1,6	2,3
h 6-1	0,8	1,0	0,4	0,2	0,9
позначки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z <sub>1</sub>	42	105	69	53	20
Z <sub>2</sub>	41	100	68	52	15
Z <sub>3</sub>	43	110	70	54	25
Z <sub>4</sub>	45	120	72	56	35
Z <sub>5</sub>	46	125	73	57	40
Z <sub>6</sub>	44	115	71	55	30

**Завдання 6.** Визначити  $H_{\text{вільний}}$  і п'єзометричні позначки у вузлових точках. Вихідні дані наведені в таблиці. Рисунок до завдання див. приклад 6.

**Таблиця 1.13**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови	5	12	15	16	10
Втрати напору на ділянках, м:					
h 1-2	2,0	2,2	1,5	1,1	2,8
h 2-3	1,6	1,8	1,1	0,7	2,4
h 3-4	2,7	2,9	2,2	1,8	4,5
h 4-1	1,8	2,0	1,3	0,9	3,6
Позначки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z <sub>1</sub>	145	805	29	63	120
Z <sub>2</sub>	146,5	85,6	30,7	64,4	125,5
Z <sub>3</sub>	148,1	95,2	32,3	66,1	135,2
Z <sub>4</sub>	150	105	34	68	145

**Завдання 7** Визначити п'єзометричні позначки у вузлових точках ВК-1, ВК-2 і вільні напори. Вихідні дані наведені в таблиці. Рисунок до завдання див. приклад 7.

**Таблиця 1.14**

Вихідні дані	Номера варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість забудови	6	10	9	8	11
Втрати напору на ділянках, м: h 1-2	2,0	2,1	2,5	1,4	2,3
Позначки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z <sub>БК-1</sub>	154	80	19	63	124
Z <sub>БК-2</sub>	156	85	19,7	65,4	125,5

### Практичне заняття №6

#### Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж

Підготовка мережі до розрахунку полягає у складанні умовної розрахункової схеми. При гідравлічному розрахунку мережі неможливо врахувати всі реальні точки відбору води споживачами, тому реальна схема замінюється умовною з вузловими точками відбору води, що розташовані, як правило, на перетинах магістральних ліній. Вузлові точки поділяють мережу на розрахункові ділянки. Порядок визначення витрат води на ділянках такий:

1. За графіком водоспоживання для призначеного режиму визначають розрахункові витрати  $q_{\max}$ , л/с.
2. Визначають питомі витрати  $q_{\text{пит}}$  в л/с на 1 м мережі, виключаючи при цьому зосереджених водо споживачів:

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q - q_{\text{зосер}}}{\sum l} \quad (1.49)$$

де  $\sum q_{\text{зосер}}$  – сума витрат зосередженими водоспоживачами, л/с;

$\sum L$  - сумарна довжина ділянок мережі, які віддають воду, м (до неї не включаються ділянки, що призначені лише для транспортування води).

3. При різному характері забудови (багатоповерхова, малоповерхова, індивідуальна) питомі витрати визначають для кожного району окремо.

4. Вважаючи, що відбір води з мереж рівномірний, визначають шляхові витрати на кожній ділянці:

$$Q_{\text{п}} = q_{\text{уд}} \cdot l \quad (1.50)$$

Для спрощення розрахунків замінюють шляхові витрати вузловими (умовно зосередженими у вузлах) і визначають їх як напівсуму шляхових витрат ділянок, що приєднуються до даного вузла:

$$Q_{\text{вузл}} = 0,5 \sum Q_{\text{шл}} \quad (1.51)$$

Якщо є зосереджена витрата у вузлі, то:

$$Q_{\text{вузл}} = 0,5 \sum Q_{\text{шл}} + q_{\text{зосер}} \quad (1.52)$$

Сума витрат, що надходить до вузла, повинна бути рівною сумі витрат, що витікають з нього.

5. Враховуючи, що окрім шляхових витрат, розрахунковою ділянкою проходить також транзитна  $q_{\text{тран}}$  для живлення наступних ділянок мережі,

визначають розрахункові витрати на кожній ділянці:

$$q_i = q_{\text{тран}} + 0,5 \cdot q_{\text{шлях}} \quad (1.53)$$

Знаючи розрахункові витрати на ділянках мережі і прийнявши матеріал труб визначають діаметри магістральних трубопроводів

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (1.54)$$

де  $Q$  – розрахункові витрати ділянки, м<sup>3</sup>/с;

$V$  – швидкість руху води в трубі, м/с.

Визначаючи величину швидкості руху, слід враховувати, що малі швидкості руху води ведуть до збільшення діаметра, а великі – до його зменшення. Перше призводить до збільшення будівельної вартості, а друге – до збільшення витрат напору в трубах, і тим самим - до витрат електроенергії на їх подолання, тобто збільшення експлуатаційних витрат. Економічна вигідна швидкість складає: для труб малого діаметра 0,6-0,9 м/с; для труб великого діаметра - 0,9-1,5 м/с.

При відомих діаметрах і витратах ділянок мережі визначають втрати напору. Для спрощення розрахунків за цими формулами складені таблиці, користуючись якими, загальні втрати напору визначають, як  $h = i \cdot l$

де  $i$  – ухил трубопроводу;  $l$  – довжина трубопроводу, м.

При розрахунку магістральних ліній втрати напору на місцеві опори не враховують як порівняно незначні.

Оскільки витрати на ділянках мережі беруться орієнтовно, а діаметри підбираються, виходячи з економічних міркувань, то сума втрат напору не дорівнює нулю, а становить певну додатну або від'ємну величину  $\sum h$ , яка називається нев'язкою.

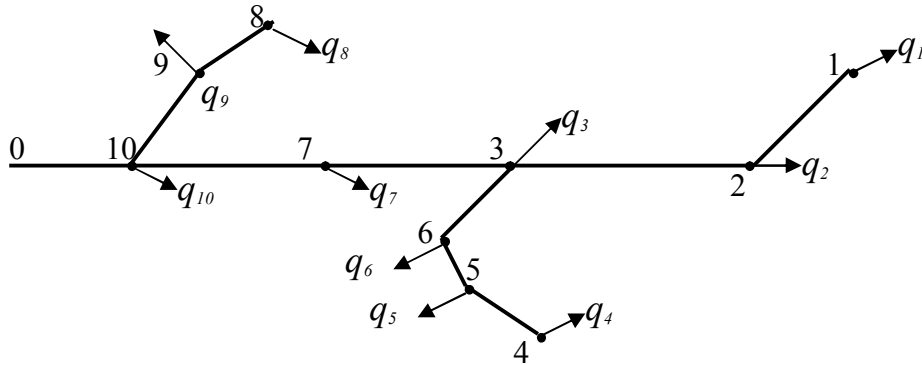
Щоб ув'язати мережу, треба частину взятої на початку розрахункової витрати перекинути з більш навантаженого півкільця на менш навантажене. Після виправлення витрат повторно визначають втрати напору. Розрахунок продовжують доти, поки величина нев'язки не стане допустимою ( $\Delta h = 0,3 - 0,5$  м).



## Приклади розв'язання задач

### Приклад 1

Визначити розрахункові витрати ділянок розгалуженої водопровідної мережі, яка показана на рисунку, якщо вузлові витрати води  $q_1 \div q_{10}$  такі:  $q_1 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_2 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_3 = 0,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_5 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_6 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_7 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_8 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_9 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{10} = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .



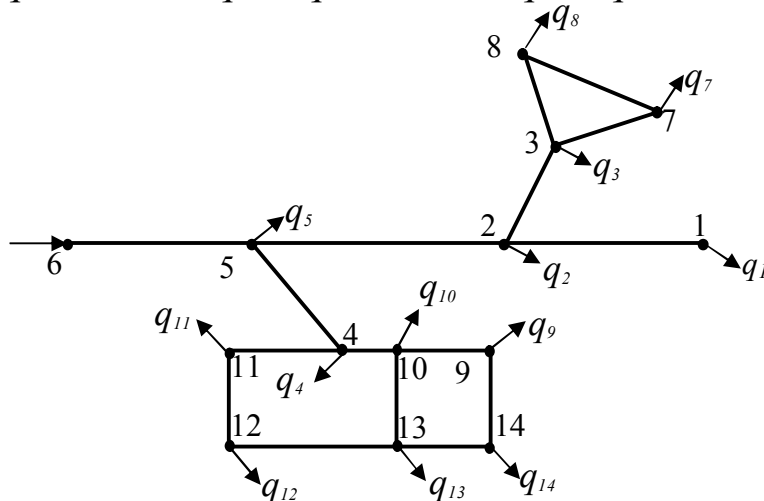
### Розв'язання

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

$$\begin{aligned} q_{1-2} &= q_1 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}; \\ q_{2-3} &= q_{1-2} + q_2 = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}, \\ q_{4-5} &= q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}; \\ q_{5-6} &= q_{4-5} + q_5 = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}, \\ q_{3-6} &= q_{5-6} + q_6 = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}, \\ q_{3-7} &= q_{3-6} + q_3 + q_{3-2} = 0,6 + 0,7 + 0,3 = 1,6 \text{ м}^3/\text{с}, \\ q_{7-10} &= q_{3-7} + q_7 = 1,6 + 0,4 = 2,0 \text{ м}^3/\text{с}, \\ q_{8-9} &= q_8 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}, \\ q_{9-10} &= q_{8-9} + q_9 = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}, \\ q_{0-10} &= q_{9-10} + q_{7-10} + q_{10} = 0,3 + 2,0 + 0,5 = 2,8 \text{ м}^3/\text{с}, \end{aligned}$$

### Приклад 2

Визначити розрахункові витрати ділянок 1-2, 3-2, 2-5, 4-5, 5-6 змішаної розгалуженої мережі, яка показана на рис., якщо чисельні величини вузлових витрат  $q_i$  будуть наступні:  $q_1 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_2 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_3 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_5 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_7 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_8 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_9 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{10} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{11} = q_1 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{12} = q_2 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{13} = q_3 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{14} = q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ .



### Розв'язання

Керуючись міркуваннями, які викладені в попередній задачі, знаходимо:

$$q_{1-2} = q_1 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$q_{2-3} = q_3 + q_7 + q_8 = 0,1 + 0,2 + 0,3 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с};$$

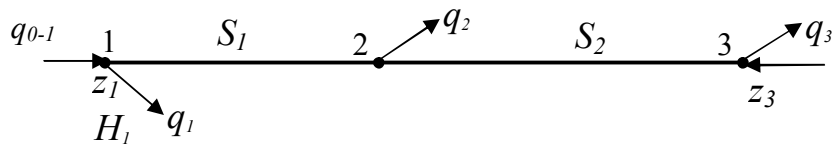
$$q_{2-5} = q_2 + q_{2-3} + q_{2-1} = 0,4 + 0,6 + 0,5 = 1,5 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$q_{5-4} = q_4 + q_{11} + q_{12} + q_{13} + q_{14} + q_9 + q_{10} = 0,1 + 0,5 + 0,4 + 0,1 + 0,1 + 0,2 + 0,3 = 1,7 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$q_{5-6} = q_5 + q_{2-5} + q_{4-5} = 0,1 + 1,5 + 1,7 = 1,5 \text{ м}^3/\text{с};$$

### Приклад 3

Для схеми подачі води в водопровідну мережу, яка наведена на рис., визначити величину подачі в вузол 3 і необхідний напір водопідживлювача.



Вихідні дані:  $q_1 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_2 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_3 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{0-1} = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $z_1 = 40 \text{ м}$ ,  $z_3 = 30 \text{ м}$ ,  $H_1 = 32 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $S_1 = 40$  (для витрати в  $\text{м}^3/\text{с}$ ),  $S_2 = 10$  (для витрати в  $\text{м}^3/\text{с}$ ).

### Розв'язання

Визначаємо напрям руху води і витрати по ділянках мережі. З цією метою для вузлів 1, 2 і 3 необхідно скласти рівняння виду  $\sum q_{\text{вузл}} = 0$ .

Для вузла 1:

$$\begin{aligned} q_{0-1} - q_1 - q_{1-2} &= 0 \\ q_{1-2} &= q_{0-1} - q_1 = 0,5 - 0,4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}; \end{aligned}$$

з напрямом від вузла 1 до вузла 2.

Для вузла 2:

$$\begin{aligned} q_{1-2} - q_2 + q_{2-3} &= 0, \\ q_{2-3} &= q_2 - q_{1-2} = 0,4 - 0,1 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}; \end{aligned}$$

з напрямом від вузла 3 до вузла 2.

Для вузла 3:

$$\begin{aligned} -q_{2-3} - q_3 + q_{\text{н.ст.}} &= 0, \\ q_{\text{н.ст.}} &= q_3 + q_{2-3} = 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ м}^3/\text{с} \end{aligned}$$

з подачею в вузол 3.

Напір насосної станції в вузлі 3 визначається залежністю

$$H_3 = \Pi_3 - z_3$$

де  $\Pi_3$  – п'єзометрична позначка в вузлі № 3, яку можна визначити відносно вузла 1

$$\begin{aligned} \Pi_3 &= \Pi_1 - S_1 q_{1-2}^2 + S_2 q_{2-3}^2 = z_1 + H_1 - S_1 q_{1-2}^2 + S_2 q_{2-3}^2 \\ \Pi_3 &= 40 + 32 - 40 \times 0,1^2 + 10 \times 0,3^2 = 72,5 \text{ м} \end{aligned}$$

Тоді напір насосної станції в вузлі 3 буде

$$H_3 = 72,5 - 30 = 42,5 \text{ м}$$

**Таблиця 1.15** – Вихідні дані для розрахунку розгалужених мереж

Номер варіанту	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_6$	$q_7$	$q_8$	$q_9$	$q_{10}$	$q_{0-1}$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
1	0,1	0,2	0,6	0,4	0,2	0,6	0,3	0,2	0,1	0,3	0,5	30	20	15	19	9	22	34	18	26	18	10	20	25	16
2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,35	62	55	47	48	33	18	26	26	18	26	35	32	10	16
3	0,5	0,3	0,5	0,6	0,3	0,5	0,2	0,5	0,5	0,2	0,3	34	24	19	24	10	38	18	34	22	30	30	35	32	20
4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,3	0,7	56	49	41	50	39	34	22	22	18	34	15	10	16	17
5	0,6	0,6	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	45	38	30	31	20	22	30	30	26	30	20	11	25	15
6	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1	0,6	0,2	0,1	0,15	69	61	54	52	40	26	26	38	30	25	18	25	14	19
7	0,1	0,4	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,1	0,5	0,5	0,9	81	73	66	68	55	30	22	18	34	18	30	12	20	10
8	0,5	0,3	0,6	0,3	0,2	0,3	0,6	0,5	0,3	0,3	0,35	95	84	80	81	70	22	34	22	38	26	18	15	30	24
9	0,3	0,2	0,1	0,6	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2	0,8	39	32	24	29	20	18	38	26	26	34	10	14	18	30
10	0,6	0,3	0,3	0,1	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	40	30	25	29	10	26	18	30	34	22	28	30	15	15
11	0,2	0,5	0,4	0,5	0,1	0,4	0,2	0,4	0,4	0,3	0,6	75	70	60	57	45	34	22	34	30	30	15	16	30	18
12	0,5	0,1	0,2	0,3	0,6	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,5	64	49	40	42	30	22	18	38	26	38	20	18	24	20
13	0,3	0,6	0,4	0,2	0,3	0,1	0,6	0,6	0,1	0,2	0,8	67	60	57	55	40	30	26	38	22	18	35	20	10	26
14	0,6	0,3	0,3	0,1	0,3	0,6	0,1	0,1	0,6	0,6	0,3	82	78	72	70	60	38	30	34	18	22	25	16	35	18
15	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5	0,2	0,6	0,3	0,2	0,4	0,6	91	86	80	82	70	18	34	30	38	26	30	25	26	25
16	0,5	0,2	0,2	0,5	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,1	0,7	33	26	20	24	14	22	38	26	30	30	32	21	20	28
17	0,3	0,6	0,6	0,2	0,6	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,3	72	67	53	51	40	26	34	18	22	34	10	35	28	30
18	0,2	0,3	0,4	0,6	0,3	0,2	0,6	0,4	0,2	0,3	0,6	44	40	30	35	25	30	30	22	34	26	16	24	22	32
19	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,6	0,5	55	50	45	51	21	34	34	18	26	38	25	30	16	20
20	0,4	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1	0,5	0,5	0,1	0,2	0,6	50	46	41	44	25	38	22	26	18	34	11	18	10	34
21	0,2	0,4	0,3	0,5	0,1	0,6	0,4	0,2	0,6	0,5	1,0	63	54	42	43	20	38	30	34	26	30	19	25	17	25
22	0,6	0,6	0,6	0,3	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,3	0,15	77	73	70	71	50	34	22	22	30	26	20	19	15	10
23	0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0,1	0,5	0,2	0,1	0,2	0,5	68	62	54	52	35	30	18	26	34	18	21	30	19	25
24	0,3	0,5	0,5	0,2	0,5	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,45	84	82	79	76	60	26	34	30	30	22	35	15	30	35
25	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,5	37	34	30	38	25	18	26	22	26	18	10	35	20	20

Примітка: Витрати в таблиці вказані в м<sup>3</sup>/с, напори – в метрах, а повні опори – для витрат в м<sup>3</sup>/с

#### Приклад 4

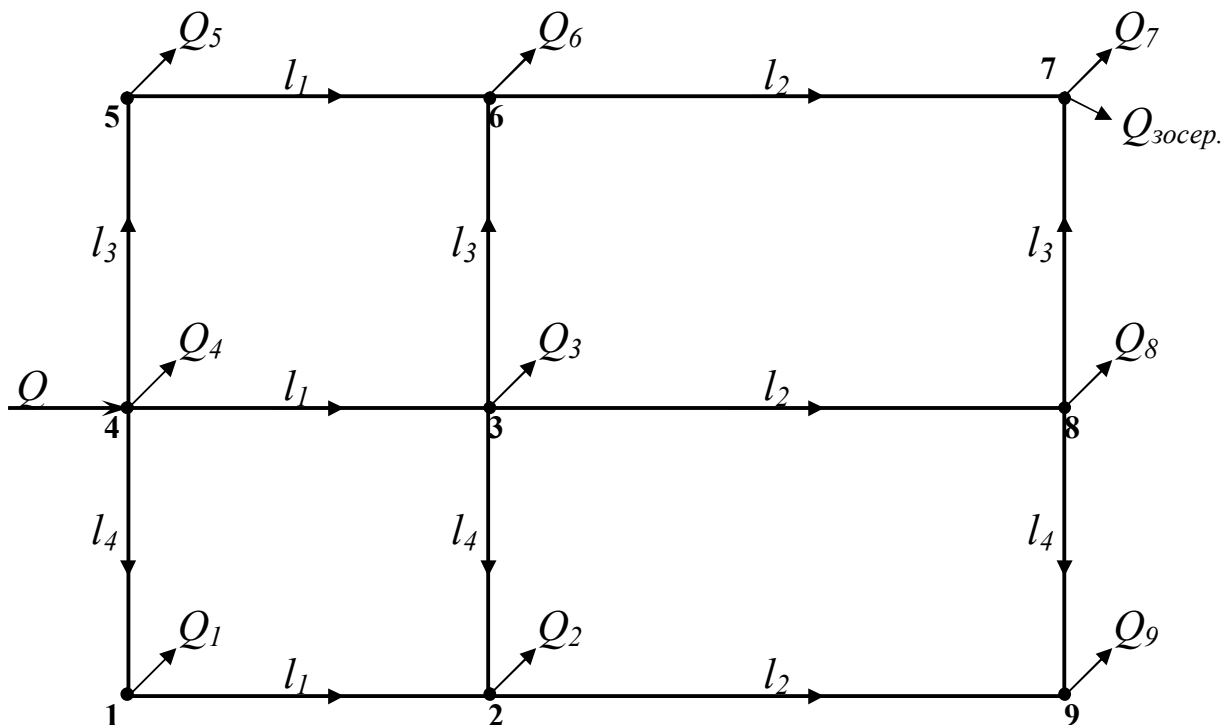
Вихідні дані:  $Q=787,18$  л/с;  $Q_1=50,03$  л/с;  $Q_2=85,85$  л/с;  $Q_3=111,62$  л/с;  $Q_4=75,43$  л/с;  $Q_5=52,68$  л/с;  $Q_6=88,54$  л/с;  $Q_7=89,06$  л/с;  $Q_8=85,03$  л/с;  $Q_9=58,89$  л/с;  $Q_{\text{зосер.}}=90,06$  л/с;  $l_1=720$  м;  $l_2=900$  м;  $l_3=670$  м;  $l_4=600$  м.

#### Розв'язання

Враховуючи рекомендації, щодо гідравлічного розрахунку мережі, наведеного в конспекті, виконується попередній розподіл витрат по ділянках мережі (рис.). На основі попередніх витрат на ділянках і економічного фактору по таблицях Шевельова призначаються діаметри окремих ділянок і заносяться в таблицю 1.18. В цю ж таблицю в відповідні колонки заносяться інші вихідні дані.

Розрахунки виконуються в табличній формі (табл. 7.3) до досягнення нев'язки в кільцях не більше 0,5 м, а по охоплюючому контуру – не більше 1,5м. Як видно з табл. 1.18 такий результат було досягнуто після третього виправлення витрат.

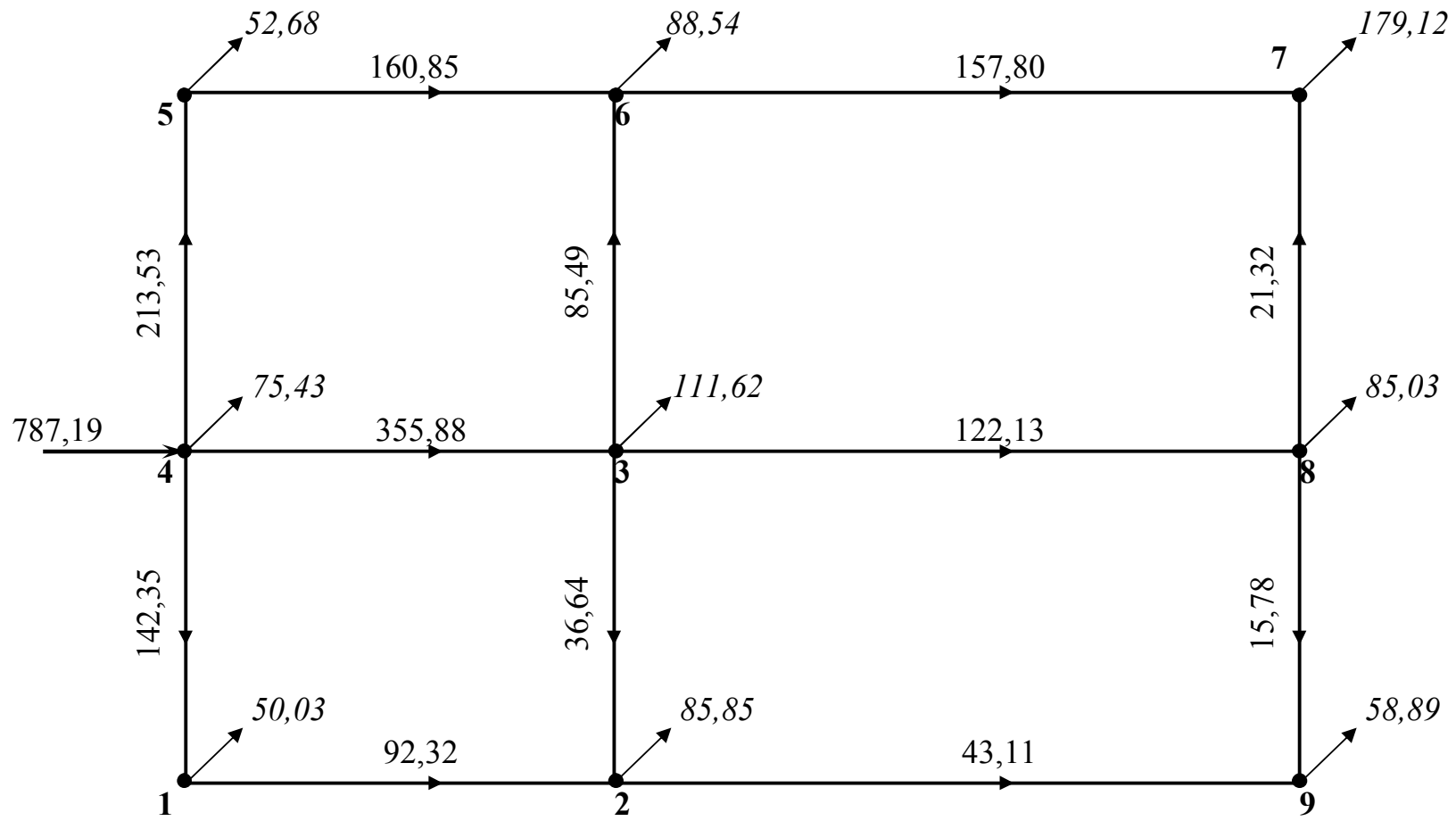
Розрахунок повинен закінчуватись перевіркою ув'язки з врахуванням поправок на швидкість. В даному прикладі вона не проводилась тому, що швидкості мало відрізняються від  $v=1,2$  м/с, при якій для чавунних труб поправочний коефіцієнт дорівнює одиниці.



**Таблиця 1.16** – Вихідні дані для розрахунку кільцевої мережі

Номер ва- ріанту	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$Q$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$	$Q_9$	$Q_{зосер.}$
1	600	600	500	500	304,57	30,73	44,69	46,39	31,58	30,72	35,85	15,66	27,06	19,94	22,38
2	720	830	550	630	702,51	64,26	88,47	95,32	76,33	33,83	47,61	31,82	73,57	60,74	130,66
3	850	1030	730	700	1484,11	65,91	134,39	174,64	97,74	70,41	140,08	109,92	151,71	178,31	361,01
4	550	750	350	250	621,95	32,86	45,54	79,12	62,34	54,18	75,04	45,86	55,68	26,56	144,77
5	550	600	720	500	537,38	28,46	36,84	53,18	47,22	34,29	41,84	23,65	32,66	19,48	219,76
6	700	850	600	450	661,70	35,80	53,67	86,15	68,52	53,47	73,09	43,13	54,19	60,11	133,67
7	550	610	430	350	445,41	14,34	58,97	41,31	21,45	15,69	33,32	27,51	37,74	25,08	170,00
8	520	570	215	370	505,77	31,27	23,13	21,12	41,44	58,83	43,76	33,02	45,62	30,98	176,67
9	860	1060	750	690	993,35	93,38	163,56	67,64	48,92	96,92	75,83	75,83	147,74	72,54	151,14
10	700	750	450	400	539,32	28,99	46,21	65,26	44,77	31,14	54,91	37,08	49,89	33,30	147,77
11	900	1030	700	750	560,32	40,63	68,73	72,87	49,73	30,01	48,19	31,76	51,96	69,37	97,07
12	690	910	530	570	787,29	69,68	47,64	40,56	87,22	117,23	77,65	67,34	117,39	79,44	83,14
13	650	710	480	500	795,01	76,05	40,34	56,22	65,69	106,49	91,54	40,92	85,88	67,66	164,21
14	720	830	620	520	701,39	73,35	45,29	64,92	97,58	48,62	76,88	49,01	73,58	52,23	120,93
15	700	850	400	600	508,76	36,67	28,52	58,06	47,36	38,19	60,60	30,56	42,78	22,41	143,61
16	500	500	450	450	819,97	65,00	73,34	83,00	109,69	45,75	85,98	63,39	95,08	65,91	131,83
17	600	700	400	420	669,54	73,30	69,44	32,59	58,31	43,72	38,55	38,21	75,19	95,85	144,38
18	800	930	580	600	585,26	26,64	47,88	46,47	33,76	38,33	46,71	48,56	31,59	47,16	218,16
19	800	830	420	400	656,21	96,95	39,43	22,79	74,97	47,01	52,18	46,24	74,31	75,24	132,39
20	700	750	600	580	611,54	32,88	54,54	79,12	47,22	45,81	51,82	32,03	58,14	42,86	167,12
21	550	600	400	350	564,24	46,28	48,63	53,86	62,58	43,92	39,14	57,15	44,18	53,09	115,41
22	850	850	600	420	692,88	80,35	67,53	51,68	54,21	35,74	48,91	73,58	69,56	36,62	174,70
23	610	610	360	400	509,04	34,14	31,32	38,41	48,92	59,16	62,16	64,73	44,41	46,06	79,77
24	500	540	420	380	559,33	27,31	56,36	46,05	47,47	53,88	54,19	49,02	48,92	29,99	146,14
25	500	520	400	580	483,06	38,93	21,64	52,62	47,93	35,11	38,91	48,14	49,73	48,29	102,76

*Примітка:* Довжини в таблиці дані в м, а витрати – в л/с.



Таблиця 1.17 – Гідравлічний розрахунок мережі

Номер кільця	Номер ділянки	Довжина $l$ планки м	Попередній розподіл витрат						Перше виправлення					Друге виправлення					Третє виправлення				
			$q$ , л/с	$D$ , мм	$V$ , м/с	$1000i$	$h=il$ , м	$Sq=h/q$	$\Delta q'$	$q'$	$1000i$	$h=il$	$Sq=h/q$	$\Delta q''$	$q''$	$1000i$	$h=il$	$Sq=h/q$	$\Delta q'''$	$q'''$	$1000i$	$h=il$	$v$
1	2-3	600	36,64	200	1,13	11	+6,6	0,18	+3,64 -4,61	35,67	10,5	+6,3	0,177	+2,79 -1,13	37,33	11,5	+6,9	0,185	+0,84 -0,61	37,56	11,54	+6,98	1,16
	3-4	720	355,88	600	1,26	3,29	+2,37	0,007	+3,64 +3,4	362,92	3,42	+2,46	0,007	+2,79 -3,44	362,27	3,4	+2,45	0,007	+0,84 -0,88	362,23	3,4	+2,45	1,28
	1-2	720	92,32	300	1,26	8,03	-5,78	0,063	-3,64	88,68	7,34	-5,28	0,059	-2,79	85,89	7,03	-5,06	0,059	-0,84	85,06	6,9	-4,97	1,17
	1-4	600	142,35	350	1,45	8,00	-5,28	0,037	-3,64	138,71	8,4	-5,04	0,036	-2,79	135,92	7,95	-4,77	0,035	-0,84	135,08	7,96	-4,78	1,38
2						$\Delta h=-2,09 \quad \Sigma=0,287$ $\Delta q=\Delta h/2\Sigma=3,64$					$\Delta h=-1,56 \quad \Sigma=0,279$ $\Delta q=1,56/(2\cdot 0,279)=2,79$					$\Delta h=-0,48 \quad \Sigma=0,286$ $\Delta q=0,48/(2\cdot 0,286)=0,84$					$\Delta h=-0,32$		
	4-5	670	213,53	450	1,34	5,43	+3,64	0,017	-3,4	210,13	5,23	+3,5	0,017	+3,44	213,57	5,41	+3,62	0,017	+0,88	214,45	5,45	+3,65	1,34
	5-6	720	160,85	400	1,27	5,63	+4,05	0,025	-3,4	157,45	5,43	+3,91	0,025	+3,44	160,89	5,67	+4,08	0,025	+0,88	161,77	5,73	+4,12	1,28
	3-6	670	85,49	300	1,17	6,90	-4,62	0,054	+3,4 +5,91	94,8	8,52	-5,7	0,06	-3,44 +0,89	92,25	8,07	-5,41	0,059	-0,88 +0,54	91,91	8,01	-5,36	1,26
3	3-4	720	355,88	600	1,26	3,29	-2,37	0,007	+3,4 +3,64	362,92	3,42	-2,46	0,007	-3,44 +2,79	362,27	3,45	-2,48	0,007	-0,88 +0,84	362,23	3,4	-2,45	1,28
						$\Delta h=0,70 \quad \Sigma=0,103$ $\Delta q=0,7/(2\cdot 0,103)=3,4$					$\Delta h=-0,75 \quad \Sigma=0,109$ $\Delta q=0,75/(2\cdot 0,109)=3,44$					$\Delta h=-0,19 \quad \Sigma=0,108$ $\Delta q=0,19/(2\cdot 0,108)=0,88$					$\Delta h=-0,05$		
	3-8	900	122,13	350	1,25	6,5	+5,91	0,048	+4,61 -5,91	120,83	6,37	+5,8	0,048	+1,13 -0,89	121,07	6,4	+5,82	0,048	+0,61 -0,54	121,14	6,4	+5,82	1,24
	8-9	600	15,78	150	0,88	9,95	+5,97	0,378	+4,61	20,39	15,65	+9,39	0,46	+1,13	21,52	17,2	+10,32	0,478	+0,61	22,13	18,2	+10,92	1,21
4	2-3	600	36,64	200	1,13	11	-6,6	0,18	-4,61 +3,64	35,57	10,5	-6,3	0,177	-1,13 +2,79	37,33	11,5	-6,9	0,185	-0,61 +0,84	37,56	11,64	-6,98	1,16
	2-9	900	43,11	200	1,33	15,2	-13,83	0,321	-4,61	38,5	12,2	-11,1	0,288	-1,13	37,37	11,5	-10,46	0,28	-0,61	36,76	11,16	-10,15	1,15
						$\Delta h=8,55 \quad \Sigma=0,927$ $\Delta q=8,55/(2\cdot 0,927)=4,61$					$\Delta h=-2,21 \quad \Sigma=0,973$ $\Delta q=2,21/(2\cdot 0,973)=1,13$					$\Delta h=-1,22 \quad \Sigma=0,992$ $\Delta q=1,22/(2\cdot 0,992)=0,61$					$\Delta h=-0,39$		
	3-6	670	85,49	300	1,17	6,9	+4,62	0,054	+5,91 +3,4	94,8	8,52	+5,7	0,06	+0,89 -3,44	92,25	8,07	+5,41	0,059	+0,54 -0,88	91,91	8,01	+5,37	1,26
	6-7	900	157,8	400	1,23	5,33	+4,85	0,031	+5,91	163,71	5,88	+5,35	0,033	+0,89	164,6	5,94	+5,4	0,033	+0,54	165,14	5,98	+5,44	1,30
	7-8	670	21,32	150	1,18	17,2	-11,52	0,54	-5,91	15,41	9,28	-6,22	0,404	-0,89	14,52	8,29	-5,55	0,382	-0,54	13,98	7,77	-5,2	0,77
	3-8	900	122,13	350	1,25	6,5	-5,91	0,048	-5,91 +4,61	120,83	6,37	-5,8	0,048	-0,89 -1,13	121,07	6,4	-5,82	0,048	-0,54 +0,61	121,14	6,4	-5,82	1,24
						$\Delta h=-7,96 \quad \Sigma=0,673$ $\Delta q=7,96/(2\cdot 0,673)=5,91$					$\Delta h=-0,97 \quad \Sigma=0,545$ $\Delta q=0,97/(2\cdot 0,545)=0,89$					$\Delta h=0,56 \quad \Sigma=0,552$ $\Delta q=0,56/(2\cdot 0,552)=0,54$					$\Delta h=-0,21$		

## Практичне заняття №7

### *Глибина закладання водопровідної мережі та особливості прокладання*

Водопровідні лінії, як правило, слід проектувати підземної прокладки. При відповідному теплотехнічному і техніко-економічному обґрунтуванні дозволяється проектувати надземну прокладку, а також прокладку водопровідних ліній в тунелях сумісно з іншими підземними комунікаціями. Водопровідні лінії слід розташовувати на проїздах, як правило, прямолінійно і паралельно лініям забудови, по можливості за межами бетонних або асфальтових покриттів. Перетин проїздів трубопроводами слід передбачати під прямим кутом. Водопровідні лінії господарсько-питних водопроводів слід по можливості далі відносити від трубопроводів, які можуть забруднити воду (каналізація, мережа технічної води і т.п.), а при металевих трубах їх слід також відносити від кабельних, трамвайних і залізничних ліній. Відстань між водопровідною лінією і іншими елементами міської забудови приведені в будівельних нормах.

При прокладці в траншеях водопровідних ліній, які транспортують воду питної якості, на одному рівні з паралельно розташованими каналізаційними лініями відстань між стінками труб повинна бути не меншою 1,5 м при  $d \leq 200$  мм і 3 м - при  $d > 200$  мм. На цих ділянках повинні використовуватись металеві водопровідні труби. При тих же умовах, але при розташуванні водопровідних ліній нижче каналізаційних, ця відстань повинна бути збільшена на різницю в глибинах закладки трубопроводів. При прокладці водопровідних ліній паралельно відстань між ними повинна бути не менше 0,7 м. Відстань в світлі між водопровідними лініями при перетині їх між собою, а також з іншими трубопроводами повинна бути не менше 0,15 м.

Водопровідні лінії, які транспортують воду питної якості, слід при перетині прокладати, як правило, вище каналізаційних ліній і трубопроводів, які транспортують ядовиті і пахучі рідини, причому відстань між стінками труб по вертикалі повинна бути не меншою 0,4 м; при прокладці цих ліній нижче каналізації водопровідні труби слід приймати сталевими і поміщати їх в футляри, при цьому відстань від краю футляра до лінії перетину повинна бути не меншою 5 м в кожную сторону в глиняних ґрунтах і 10 м – в фільтруючих ґрунтах, а каналізаційні лінії слід виконувати з чавунних труб. Глибина прокладки труб залежить від глибини промерзання ґрунту, від температури подавляемої по трубах води і режиму її подачі. Глибина промерзання ґрунту різна не тільки для різних районів, але вона змінюється в одному і тому ж районі в залежності від характеру ґрунтів, наявності ґрунтових вод, рослинного покриву, наявності і товщини снігового покриву, умов нагрівання поверхні землі сонцем (від ухилу місцевості) і т.п.

Згідно з ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Основні положення проектування глибина закладання труб, рахуючи до її низу, повинна бути більше розрахункової глибини промерзання ґрунту на 0,5 м :

$$H = h_{np} + 0,5, \quad (1.55)$$

де  $h_{np}$  – глибина промерзання.



Для південних районів труби слід прокладати так, щоб не було нагрівання води. Для цього відстань від поверхні землі до верху труби повинна бути не менше 0,5м. Мінімальна відстань від верху труб до поверхні землі з умов роздавлення – 0,7м. Глибину промерзання слід приймати за ізолініями, які приводяться в будівельних нормах і правилах.

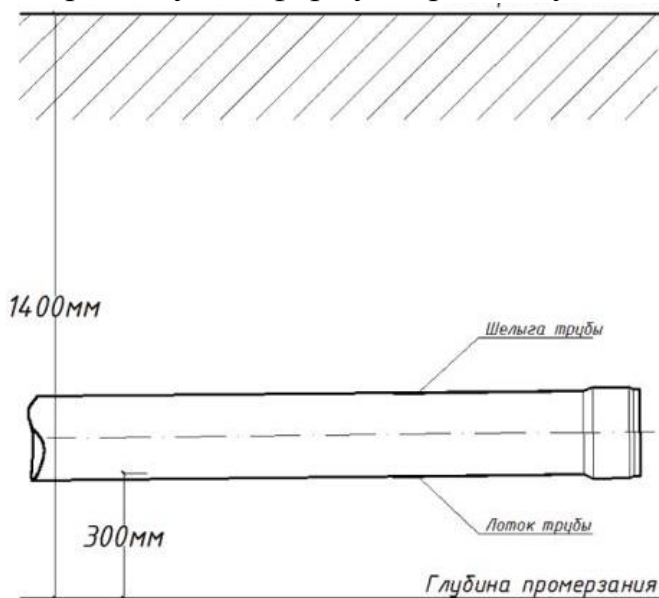
Максимальна глибина закладання трубопроводів при відкритому способі диктується гідрогеологічними, технічними і економічними умовами. У скельних ґрунтах її рекомендується приймати на рівні 4-5 м; в мокрих пливунних - 5-6 м і сухих нескельних - 7-8 м.

### **Приклади для розв'язання задач**

#### **Приклад 1**

Глибина промерзання ґрунта складає 1400 мм.

Використовуючи формули, розглянуті вище, отримаємо:

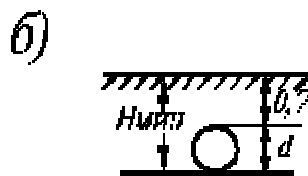
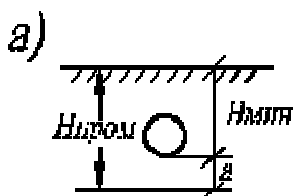


Таким чином, мінімальна глибина закладання дорівнює 1100 мм.

### **ВАРІАНТИ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ**

Згідно наведених рисунків визначити мінімальну глибину закладання трубопроводів:

Варіант	Глибина промерзання,мм	Діаметр трубопроводу,мм
1	1100	300
2	900	500
3	2200	1200
4	3500	900
5	1200	700



## Практичне заняття № 8

### Арматура та споруди на мережі. Деталювання мережі

Після розрахунку магістральних ліній водопровідної мережі проводять деталювання основних вузлів її, тобто складають монтажну схему мережі. Розраховану магістральну водопровідну мережу проектуємо з чавунних водопровідних розтрубних труб.

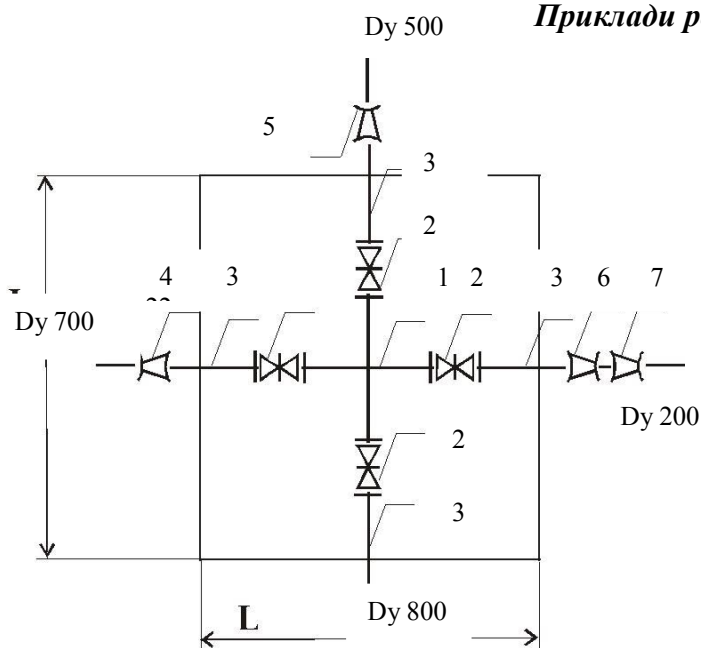
При деталюванні мережі показують з використанням умовних позначень труби, фасонні частини, водорозбірну, запобіжну, регулюючу та запірну арматуру. При цьому засувки слід розміщувати таким чином, щоб можна було виключати окремі ділянки мережі без порушення подачі води споживачам. Для з'єднання фланцевих засувок та іншої фланцевої арматури з розтрубними трубами слід застосовувати патрубок – фланець – розтруб та патрубок – фланець – гладкий кінець.

При визначенні розмірів колодязів в плані слід враховувати розміри арматури, що встановлюється в колодязі, і мінімально допустимої відстані між стінками труб та стінками колодязів та інш.: так, відстань до внутрішньої стінки колодязя від стінки труби повинна бути для  $d = 400$  мм – 0,3 м, для  $d = 450-800$  мм – 0,5 м,  $d > 800$  мм – 0,7 м; відстань від стін та покриття до маховика засувки повинна бути не менше 0,25-0,5 м.

Розрізняють колодязі круглі та прямокутні. При виборі розмірів колодязів доцільно користуватися типовими проектами збірних залізобетонних водопровідних колодязів. Типові рішення круглих колодязів з внутрішніми розмірами 700, 1000, 1250, 1500 та 2000 мм; прямокутні колодязі розроблені зі збірних залізобетонних елементів з розмірами у плані 1500×2000, 1500×2500, 2000×2000, 2000×2500, 2500×2500 мм.

Якщо розрахункові розміри колодязів більше розмірів типових колодязів, то останні можна приймати з цегли: при цьому розміри колодязів повинні бути кратними  $\frac{1}{2}$  цеглини.

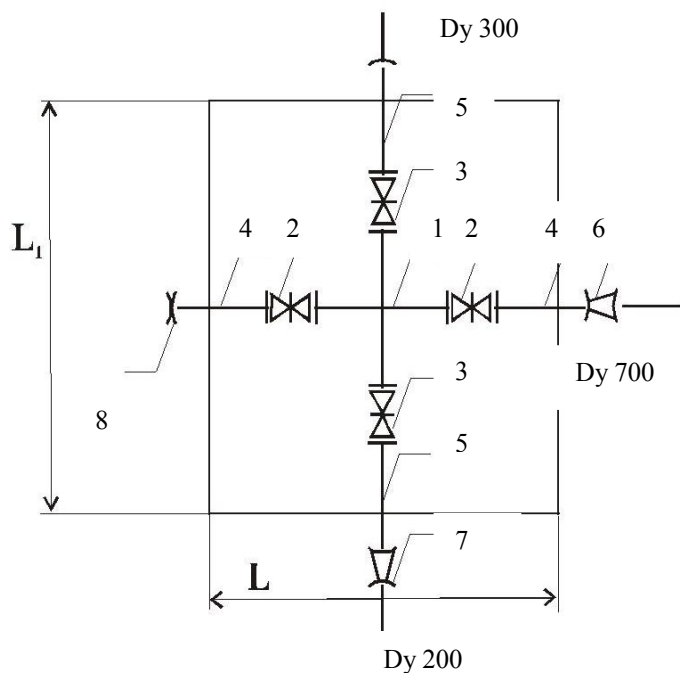
Приклад визначення розмірів колодязя водопровідної мережі та деталювання окремих вузлів приведений нижче.



### БК 1

1. КФ 800×800 L=700;  $L_1=700$ .
  2. Засувка клинова сталева з нерухомим шпинделем на  $P_{роб.}=16-64 \text{ кг/см}^2$ ;  $D_y 800$ ; L=1000.
  3. ПФГ 800; L=1200.
  4. ХР 800×300; L=400.
  5. ХР 800×500; L=800.
  6. ХР 800×400; L=1000.
  7. ХР 400×200; L=550.
- $L=500+10+1000+10+700+700+10++1000+10+500=4440 \text{ мм.}$   
 $L_1=500+10+1000+10+700+700+10++1000+10+500=4440 \text{ мм.}$   
 Приймаємо  $L=4500 \text{ мм}$ ,  $L_1=4500 \text{ мм}$ .

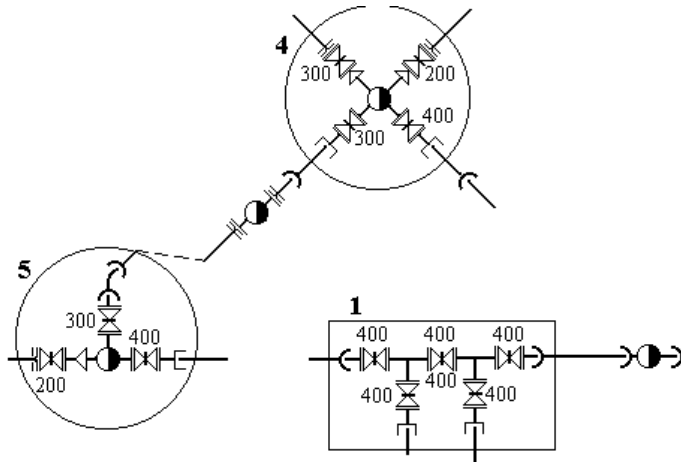
### БК 2



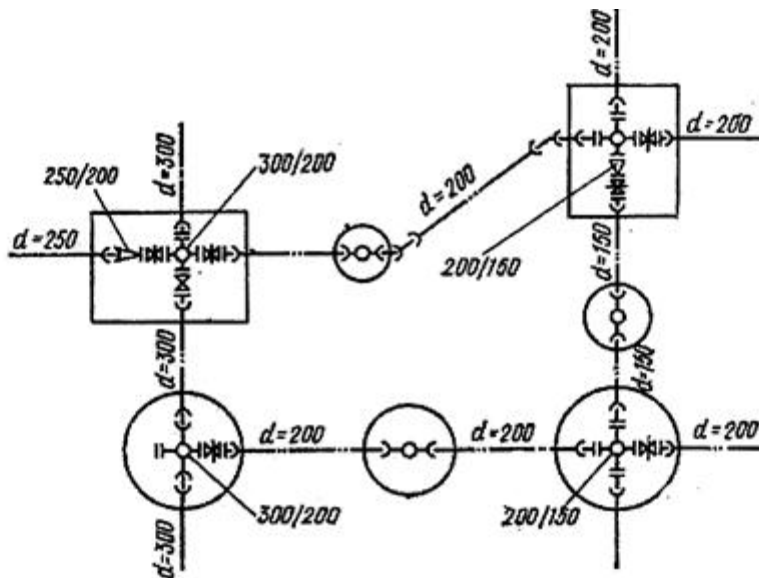
1. КФ 600×300 L=400;  $L_1=475$ .
  2. Засувка клинова сталева з нерухомим шпинделем на  $P_{роб.}=16-64 \text{ кг/см}^2$ ;  $D_y 600$ ; L=800.
  3. Засувка клинова сталева з нерухомим шпинделем на  $P_{роб.}=16-64 \text{ кг/см}^2$ ;  $D_y 300$ ; L=750.
  4. ПФГ 600; L=1200.
  5. ПФГ 300; L=1200.
  6. ХР 700×600; L=400.
  7. ХР 300×200; L=350.
  8. ДР 600; L=260.
- $L=500+10+800+10+400+400+10++800+10+500=3440 \text{ мм.}$   
 $L_1=300+10+750+10+475+475+10+750+10+300=3090 \text{ мм.}$   
 Приймаємо  $L=3500 \text{ мм}$ ,  $L_1=3250 \text{ мм}$

## Варіанти завдань

1. Проаналізувати деталювання колодязя та винести в специфікацію;



2. Проаналізувати деталювання наведених колодязів та винести ку специфікацію.



### Додаток 1

**Таблиця 1 - Норми водоспоживання для міст і селищ**

Характер устаткування санітарно-технічними пристроями								Водоспоживання на одного мешканця, л/добу			
								середньодобове (за рік)			
Внутрішній водопровід, каналізація та централізоване гаряче водопостачання								230 - 350			
Внутрішній водопровід, каналізація і ванни з газовими колонками								160 - 230			
Внутрішній водопровід і каналізація без ванн								125 - 160			
Значення коефіцієнтів годинної нерівномірності											
Кіл-У мешканців, тис. чіл.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 і більше
$\beta_{\text{макс.}}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{\text{мін.}}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

**Таблиця 2**

Призначення води	Вимірник	Витрати води на поливання, л/м <sup>2</sup>
Механізована мийка вдосконалених покриттів проїздів і площ	1 мийка	1,2 – 1,5
Механізоване поливання вдосконалених покриттів проїздів і площ	1 поливання	0,3 – 0,4
Поливання вручну (зі шлангів) удосконалених покриттів тротуарів і проїздів	Те ж	0,4 – 0,5
Поливання міських зелених насаджень	«	3 – 4
Поливання газонів і квітників	»	4 – 6

**Таблиця 3**

Група виробничих процесів	Санітарні характеристики	Розрахункове число робітників на одну душову сітку
I	а) Не істотні забруднення одягу й рук	15
	б) Істотні забруднення одягу й рук	7
II	в) З виділенням великої кількостей пилу або особливо забруднених речовин	3
	г) Із застосуванням води	5

## Додаток 2

Завданням на самостійну роботу передбачається розв'язання завдань по варіантах, номери яких зазначені в таблиці

Номера за- вдань	Номера варіантів																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>По I розділу</i>																									
1	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	3	4	1	2	3	4	5	3	1	2	5	1	5	4	5
3	4	5	1	2	3	3	5	2	4	1	2	3	2	3	5	5	1	4	4	4	1	2	3	5	1
4	3	4	5	1	2	4	1	3	5	2	5	1	3	4	1	1	2	2	5	5	2	3	4	3	4
5	2	3	4	5	1	5	2	4	1	3	1	5	5	1	2	4	2	1	2	3	3	4	3	4	5
6	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	2	3	4	5	4	3	4	5	3	1	4	5	1	1	3
7	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	1	4	5	4	3	4	5	3	1	5	3	2	4	2	2
<i>По II розділу</i>																									
1	5	3	1	4	2	5	3	1	2	3	5	3	1	4	2	5	3	1	4	2	4	5	1	4	2
2	5	5	5	1	5	3	1	3	3	4	4	2	5	4	1	2	3	4	2	4	5	1	2	3	1
3	1	3	1	4	1	5	2	2	4	5	3	1	4	5	2	4	4	5	3	3	1	2	3	2	5
4	4	4	2	5	2	1	3	5	5	1	2	5	3	3	3	5	2	1	4	1	2	3	4	1	4
5	5	3	3	2	2	2	5	1	1	2	1	4	2	4	4	3	1	4	1	5	3	4	5	5	3
6	3	1	4	3	4	4	4	2	2	3	5	3	1	1	5	1	5	3	5	3	4	5	1	4	2
7	2	4	3	1	5	3	5	1	3	4	4	2	5	2	2	5	3	4	4	4	5	1	2	3	1

# МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

## Змістовий модуль 2.1 Водоспоживання міста

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

*Визначення витрат води на ділянках водопроводу витратоміром накладного типу.*

*Мета роботи:* За допомогою витратоміра накладного типу провести вимірювання об'ємної витрати, або сумарного обсягу рідини, що протікає в напірних та сапомпливних трубопроводах.

#### *Загальні відомості*

За допомогою витратоміра накладного типу можна проводити вимірювання об'ємної витрати, або сумарного обсягу рідин, що протікає в напірних та сапомпливних трубопроводах. Переносні витратоміри такого типу дозволяють визначати витрату води на різних ділянках мережі, не порушуючи цілісності труб. При вимірах датчики витратоміра накладаються на зовнішні стінки трубопроводу, не спричиняючи додаткового гідравлічного опору на ділянці. Показання витратоміра практично не залежать від матеріалу труб, складу води, що транспортується та її температури.

Витратомір відноситься до ультразвукових приладів з безперервним випромінюванням і прийомом відбитого сигналу п'єзоелектричними перетворювачами. В основі його роботи лежить ультразвуковий доплерівський метод безперервного вимірювання швидкості руху рідини. В процесорному блоці витратоміра відбувається перетворення імпульсного сигналу і підрахунок витрати і обсягу рідини, що протікає. Визначення об'ємної витрати проводиться за значеннями вимірної середньої швидкості потоку і величиною площі його поперечного перерізу. Об'ємна витрата обчислюється за формулою:




$$Q = 3600 \cdot f \cdot V \quad (1.1)$$

де  $Q$  – об'ємна витрата, м<sup>3</sup>/год;  
 $f$  – площа поперечного перерізу потоку рідини, м<sup>2</sup>;  
 $V$  – середня швидкість потоку рідини, м/с.

До складу витратоміра входять :

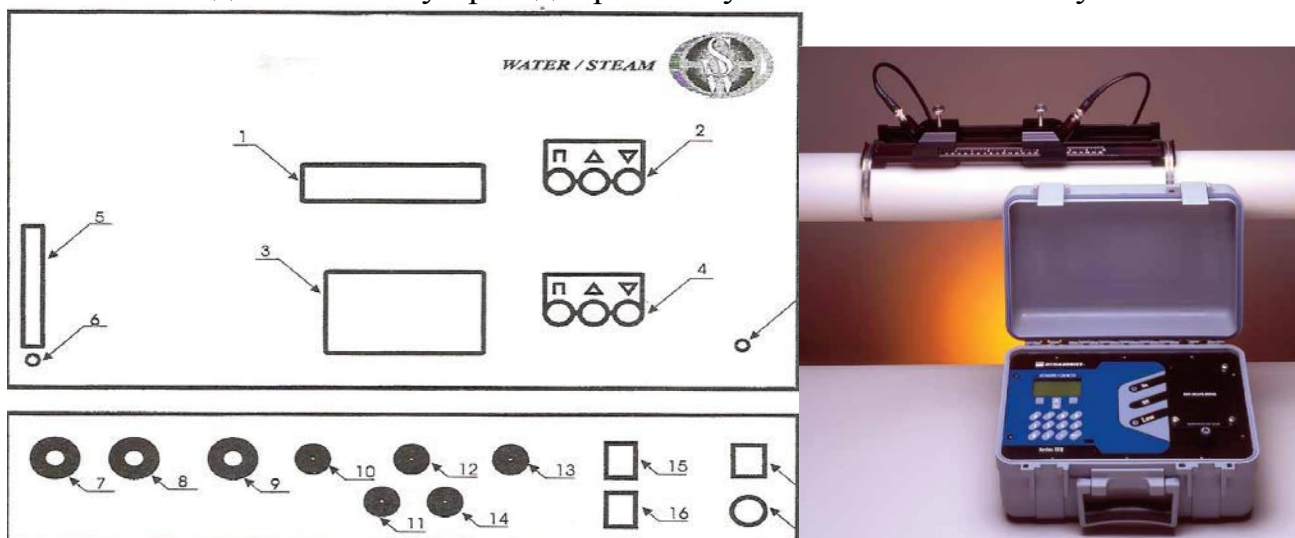
- процесорний блок;
- два ультразвукових датчика (первинні перетворювачі) .

Процесорний блок витратоміра має екран, на який виводяться наступні фізичні величини і параметри :

-  об'ємна витрата води -  $q$  , м<sup>3</sup> / год ;
-  обсяг води -  $u$  , м<sup>3</sup> ;
-  внутрішній діаметр трубопроводу -  $d$  , мм .

Діаметр трубопроводу вимірюється і вноситься до пам'яті витратоміра безпосередньо на місці вимірювань. Індикатор дозволяє зберігати в енергонезалежній пам'яті значення діаметру, обсягу води, номера діапазону вимірювання.

Клавіатура електронного блоку складається з трьох кнопок (рис. 1.1). Кнопка « П » призначена для вибору параметра. Перемикання параметра відбувається послідовно по колу при одноразовому натисканні на кнопку .



**Рисунок 1.1** – Вид лицьовій панелі процесорного блоку

1 - багатофункціональний індикатор показань приладу; 2 - кнопки управління індикатором; 3 - осцилограф; 4 - кнопки управління осцилографом; 5 - індикатор амплітуди сигналу; 6 - індикатор роботоздатності приладу; 7 - гніздо для датчика 1 (випромінювач); 8 - гніздо для датчика 2 (приймач); 9 - роз'єм «Вихід» (0-5 мА); 10 - перемикач низьких частот;

11 - перемикач високих частот; 12 - регулятор контрастності зображення осцилографа; 13 - адаптер проходження сигналу; 14 - регулятор коефіцієнта посилення; 15 - перемикач «Руч. / Авт.»; 16 - перемикач виду контролюваного середовища «Пара / Вода»; 17 - тумблер включення витратоміра-лічильника в мережу 220 В; 18 - запобіжник; 19 - індикатор підключення до мережі

Кнопки « ▲ » і « ▼ » призначені для зміни значення діаметра труби . Натискання на кнопку « ▲ » / « ▼ » призводить до збільшення / зменшення діаметру на 0,1 мм . Тривале натискання і утримання кнопки « ▲ » / « ▼ » призводить до плавного збільшення/зменшення значення діаметра з наростаючою швидкістю .

Діапазон можливих значень діаметра - від 20 до 1600 мм. На панелі процесорного блоку розташовані також: екран осцилографа, призначений для візуального аналізу доплерівського сигналу і відображення спектральних параметрів сигналу, і кнопки управління режимами роботи екрану.

Вимірювання середньої швидкості протікання рідини проводиться доплеровським методом за допомогою ультразвукових датчиків (первинні перетворювачі). Датчики встановлюються на протилежних сторонах трубопроводу в одній площині і орієнтуються за напрямком потоку.

Довжина прямолінійних ділянок трубопроводів до місця установки датчиків приймається за таблицею 1.1.

Довжина прямолінійних ділянок трубопроводів за місцем установки датчиків повинна бути не менше  $L = 5 D_y$ .



У разі необхідності довжина прямолінійної ділянки трубопроводу може бути скорочена після обстежень.

**Таблиця 1.1** - Характеристики гідравлічних опорів

Тип місцевого опору	Відношення довжини прямої ділянки трубопроводу до його діаметра
Коліно, трійник:	21
- в одній площині	48
- в різних площинах	
Дифузор	21
Конфузор	10
Відкрита засувка	23
Частково закрыта засувка	48
Відгалуження від основного потоку при співвідношенні площ не більше 0,33	8

Діапазон вимірювань об'ємної витрати води ( $Q_{\max}$  і  $Q_{\min}$ ) для різних номінальних діаметрів трубопроводів наведено в таблиці 2.

**Таблиця 1.2** - Діапазон вимірювань об'ємної витрати води

Dy, мм	Діапазон вимірювань, м <sup>3</sup> /год					
	1		2 (основний)		3	
	Q <sub>min</sub>	Q <sub>max</sub>	Q <sub>min</sub>	Q <sub>max</sub>	Q <sub>min</sub>	Q <sub>max</sub>
20	0,05	1,7	0,1	3,4	0,2	6,8
32	0,13	4,3	0,26	8,7	0,52	17,4
40	0,20	6,8	0,41	13,6	0,81	27,1
50	0,32	10,6	0,54	21,2	1,27	42,4
65	0,54	17,9	1,08	35,8	2,15	71,7
80	0,81	27,1	1,63	54,3	3,26	108,6
100	1,27	42,4	2,54	84,8	5,09	169,9

#### *Порядок виконання роботи*

1. Визначити витрату води на ділянках 1-2, 2-4, 1-3 і 2-3 відопровідної мережі. Перед установкою на діючий трубопровід датчики повинні бути підключені до процесорного блоку.
2. Визначити значення внутрішнього діаметра трубопроводу і ввести його в пам'ять витратоміра, використовуючи клавіатуру електронного блоку. За допомогою кнопки «П» встановити на індикаторі режим введення діаметра труби (на екрані висвічується d). Натисканням кнопок «▲» або «▼» встановити потрібне значення діаметра труби.
3. Встановити датчики на ділянці 4-5, дотримуючись правил, що наведені вище.
4. Відкрити вентилі, включити насос.
5. Виміряти витрату води, що подається по стаціонарному витратоміру.
6. Провести перевірку правильності установки датчиків за кольором світіння індикатора (зелений).

7. За допомогою кнопки управління індикатором «П» перевести його в позицію об'ємної витрати  $q$ .
8. Порівняти показання переносного і стаціонарного витратомірів і зробити висновки.
9. Провести вимірювання витрати води на ділянках 1-2 і 2-4 трубопроводу, виконуючи повторно п. 2, 5-8.
10. Визначити за формулою (1.1) витрату води на інших ділянках мережі.
11. Нанести на схему напрямки потоків і величини витрати води на ділянках мережі.

**Таблиця 1.3** - Результати вимірювань поточкорозподілення по ділянках водопровідної мережі

№ вимірювання	Витрати води за показаннями стаціонарного витратоміра, $Q$ заг, л/с	Показання манометру, кг/см <sup>2</sup>			$Q_{1-2}$ , л/с	$Q_{2-4}$ , л/с	$Q_{1-3}$ , л/с	$Q_{3-4}$ , л/с	$Q_{2-3}$ , л/с
		$M_1$	$M_2$	$M_3$					

### Контрольні питання

1. Визначення об'ємної витрати води;
2. Принцип роботи витратоміра накладного типу;
3. Діапазон вимірювань об'ємної витрати води.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### *Системи водопостачання і їх режим роботи.*

*Мета роботи* – ознайомлення з конструкціями насосів, приладами для вимірювання тиску, засвоєння правил пуску і зупинки відцентрових насосів.

### *Загальні відомості*

При недостатньому напорі у зовнішній водопровідній мережі, для його підвищення в мережах внутрішніх водопроводів будинків і споруд передбачають підвищувальні установки, які можуть складатися з насосів, водонапірних баків з насосами. Найчастіше для житлових і громадських будинків проектують тільки насоси, які розміщують у підвальних приміщеннях під під'їздами або в окремих приямках ззовні будинку. Ці приміщення повинні бути сухими, теплими і висотою не менше ніж 2,2 м. Не дозволяється розташовувати насоси (крім пожежних) безпосередньо під житловими квартирами, дитячими або груповими кімнатами загальноосвітніх шкіл, лікарняними приміщеннями, робочими кімнатами адміністративних будинків. В окремих випадках, за погодженням місцевих органів санітарно-епідеміологічних служб, допускається розміщення насосних установок поряд з перерахованими приміщеннями, але при цьому сумарний рівень шуму в приміщеннях не повинен перевищувати 30 дБ.

Насосні агрегати встановлюють на фундаменти, що знаходяться вище підлоги на 20-30 см, і обладнують надійною звукоізоляцією, яка складається з амортизаторів під агрегатами, еластичних прокладок та еластичних патрубків довжиною 0,8-1,2 м (вібровставки) на всмоктувальному та напірному трубопроводах.

Для протипожежних насосів звукоізоляція необов'язкова.

У системах внутрішнього водопроводу, як правило, застосовують відцентрові насоси на одному валу з електродвигуном, через те, що вони надійніші в роботі та простіші в експлуатації. На напірній лінії кожного насосу встановлюють зворотний клапан, засувку або вентиль, манометр, а на всмоктувальній лінії – тільки засувку або вентиль. При встановленні насосів доцільно також передбачати обвідну лінію із засувкою і зворотнім клапаном в обхід насосів.

Пуск насосів може бути автоматичним, дистанційним або ручним.

Подачу насосних установок у господарсько-питних і виробничих водопроводах слід приймати: при відсутності регулювальних ємностей – не менше максимальних секундних витрат води; при наявності водонапірного або гідропневматичного бака і насосів – не менше максимальних годинних витрат.

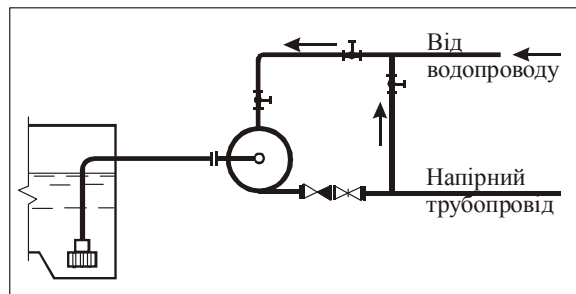
#### *Порядок виконання роботи*

Перед пуском відцентрового насоса необхідно заповнити його корпус і всмоктувальний трубопровід водою (залити насос).

Якщо позначка осі насоса знаходиться нижче за мінімальну позначку рівня води в джерелі (насос знаходиться під заливом), то заливання насоса здійснюється таким чином: відкривається засувка на всмоктувальному трубопроводі і вода самотпливом заповнює проточну частину насоса. При цьому засувка на напірному трубопроводі закрита, а розташований у верхній частині корпусу насоса кран для випуску повітря відкритий.

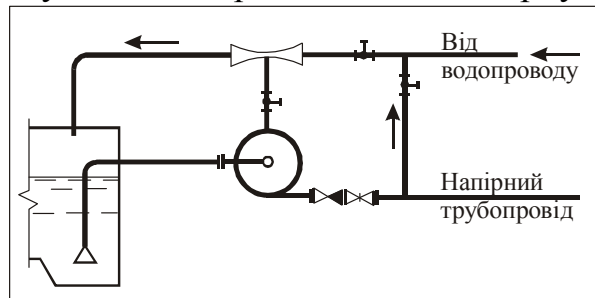
У тих випадках, коли насос встановлений вище за рівень води в джерелі, заливання насоса може бути здійснено одним з таких способів: 1) напірного трубопроводу або від водопроводу; 2) шляхом відсмоктування повітря ежектором; 3) шляхом відсмоктування повітря вакуумним насосом.

Перший спосіб заливання насоса від водопроводу застосовується для насосних станцій малої і середньої продуктивності. При такому способі заливання на всмоктувальному трубопроводі повинен приймальний клапан (рис.1.2). Вода заповнює всмоктувальний трубопровід і насос через трубопровід, один кінець якого підключений до напірної лінії або іншого стороннього напірного джерела води, а інший приєднаний до верхньої частини корпусу насоса. Заливання насоса продовжують до тих пір, поки крану для випуску повітря не починає надходити вода.



**Рисунок 1.2** – Схема заливання насоса напірного трубопроводу

Другий спосіб заливання насоса застосовується на насосних установках середньої продуктивності з невеликою геометричною висотою усмоктування (рис. 1.3). Ежектор приєднується до верхньої частини корпусу насоса.

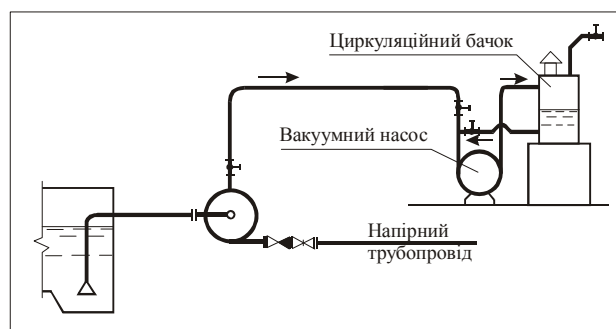


**Рисунок 1.3** – Заливання насоса шляхом відсмоктування повітря ежектором

При цьому для роботи ежектора використовується вода, що подається із напірного трубопроводу, або вода, що подається від іншого джерела водопостачання. Вода заповнює насос і всмоктувальний трубопровід за рахунок вакууму, що створюється ежектором.

Третій спосіб заливання насоса використовується на насосних установках середньої і великої продуктивності (рис. 1.4). Тут застосовується вакуумна установка, яка складається з водокільцевого вакуумного насоса, циркуляційного бачка і трубопроводів. Всмоктувальна лінія вакуумного насоса приєднується до верхньої частини корпусу насоса. Напірна лінія підключається до циркуляційного бачка.

Крім того, є трубопровід, який поєднує всмоктувальну лінію з циркуляційним бачком. Така схема вакуумної установки забезпечує безперервну циркуляцію води в вакуумному насосі, необхідну для підтримання водяного кільця і відведення тепла.



**Рисунок 1.4** – Заливання насоса шляхом відсмоктування повітря вакуум-насосом

Вакуумні насоси випускаються таких марок: ВВН–1,5; ВВН–3; ВВН – 6; ВВН–12; ВВН–50; РМК–3; РМК–4. Вакуумні насоси типу ВВН мають продуктивність по повітрю 1,27 – 52 м<sup>3</sup>/хвилину, типу РМК – 3,6 – 27 м<sup>3</sup>/хв. При цьому величина вакууму, що створюється насосом, різна. Із зменшенням вакууму продуктивність зростає. Продуктивність  $Q_v$  вакуумного насоса визначається допустимою тривалістю часу заливання насоса і об'ємом повітря, що підлягає відкачуванню.

$$Q_v = \frac{W \cdot H_A}{t(H_A - H_{г.в})} \cdot K, \quad (1.2)$$

де  $W$  – об'єм повітря у всмоктувальному трубопроводі і корпусі насоса;

$H_A$  – атмосферний тиск в м. вод. ст.;

$H_{г.в}$  – геодезична висота всмоктування;

$t$  – час заливки насоса (5 хвилин для насосів господарсько–питного водопостачання і 3 хвилини для пожежних насосів);

$K$  – коефіцієнт запасу, що приймається в межах 1,05–1,10.

Після ознайомлення з різними способами заливання відцентрових насосів можна сформулювати правила пуску насоса:

1 Залити водою насос і всмоктувальний трубопровід при закритих кранах під манометром і вакуумметром, а також при закритій засувці на напірному трубопроводі.

2 Включити електродвигун і, коли насос розвине повне число обертів, відкрити крани манометра і вакуумметра і плавно відкрити засувку на напірному трубопроводі. Крім того, треба відкрити крани на трубопроводах, що подають воду до сальників і для охолодження підшипників, якщо це необхідно.

Правила зупинки відцентрового насоса такі:

1 Повільно закрити засувку на напірному трубопроводі.

2 Вимкнути електродвигун.

3 Закрити крани під манометром і вакуумметром, а також крани на трубопроводах, що подають воду до сальників і підшипників.

Пуск і зупинка насоса можливі також і з відкритою засувкою на напірному трубопроводі. Для цього необхідний зворотний клапан на напірному трубопроводі, який у момент пуску насоса виконує роль закритої засувки. Але при таких запусках і зупинках насоса в напірних водоводах можуть виникати гідравлічні удари неприпустимої величини, що необхідно перевіряти відповідними розрахунками.

Схема експериментальної насосної установки для проведення лабораторних робіт представлена на рисунку 1.5.

Установка складається з таких елементів: приймального резервуару 1, всмоктувальних трубопроводів 2 і 3, двох відцентрових насосів марки Д 100-24 4 і 5 з електродвигунами змінного струму, напірних трубопроводів 6 і 7, засувки на всмоктувальних і напірних трубопроводах 8, 9, 10, 11 і 12, вакуумного насоса 13, трубопроводу внутрішнього водопроводу 14. Для підтримання водяного кільця у вакуумному насосі використовується ємність з водою 20, яка підживлюється від внутрішнього водопроводу. Крім того, лабораторна установка

обладнана вимірювальними приладами: манометри 15 і 16, вакуумметр 17, мановакуумметр 18, витратомір 19.

Студенти повинні ознайомитися з експериментальною установкою і вимірювальною апаратурою. Добре засвоївши правила пуску і зупинки відцентрового насоса, студенти повинні кілька разів провести пуск і зупинку насоса на стенді. Заливання насосів можна здійснювати двома способами:

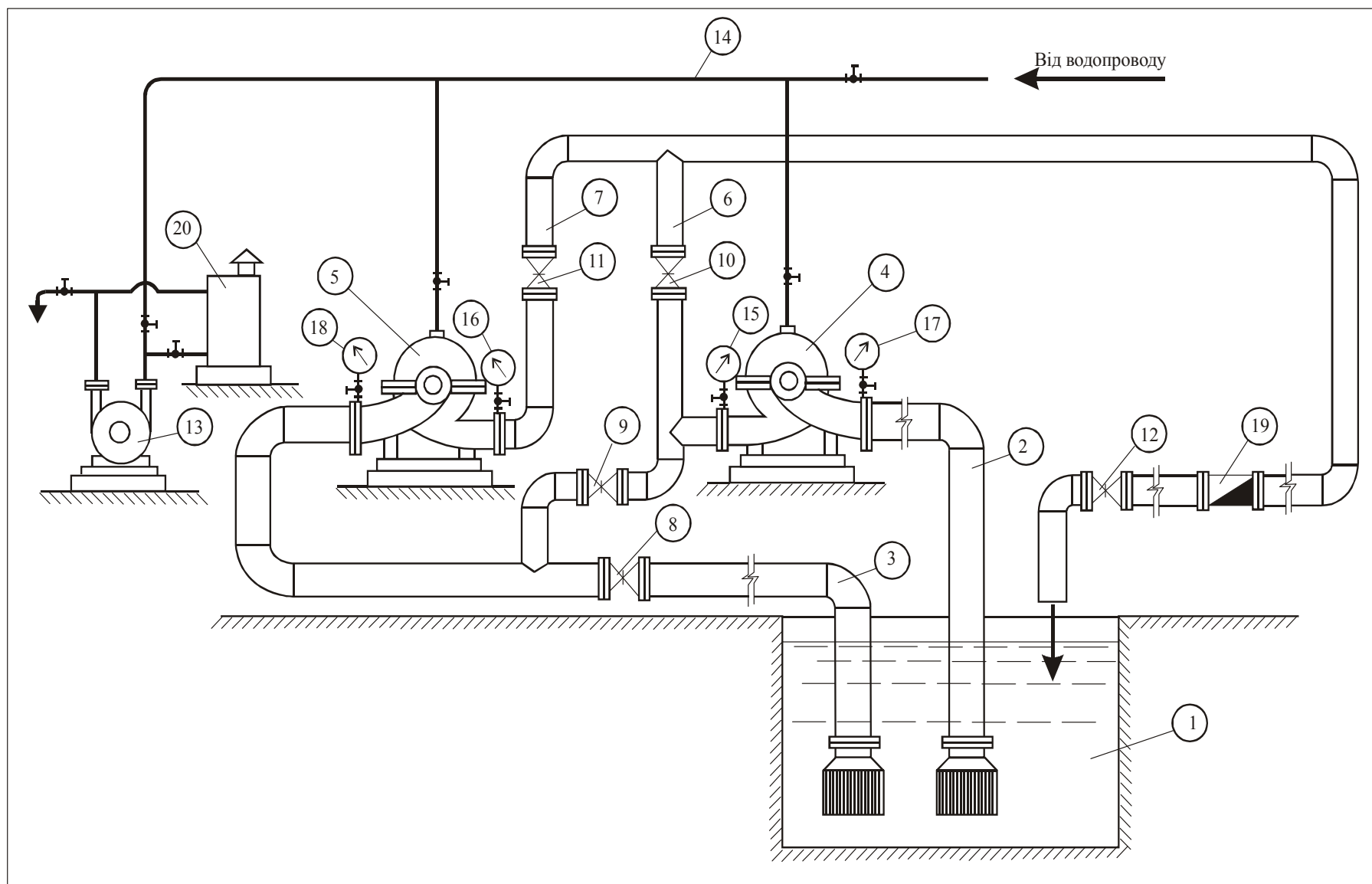
- а) від внутрішнього водопроводу;
- б) шляхом відсмоктування повітря вакуумним насосом.

Перший спосіб заливання може бути використаний на обох відцентрових насосах 4 і 5. Для цього всмоктувальні трубопроводи обладнані приймальними клапанами. Як вакуум-насос використовується насос ВВН-3, який при  $n = 1500$  об/хвилину і вакуумі в 70% атмосферного тиску має продуктивність  $3,2 \text{ м}^3/\text{хв}$ . Перед пуском вакуум-насоса його заливують водою. Для підтримання водяного кільця і відведення тепла вода у вакуумний насос подається по прямоточній схемі від внутрішнього водопроводу зі скиданням в каналізацію.

**Обладнання:** експериментальна насосна установка.

### **Контрольні питання**

1. Системи водопостачання і їх режим роботи.
2. Наведіть основні конструкції насосів.
3. Назвіть прилади ознайомлення для вимірювання тиску, основні правила пуску і зупинки відцентрових насосів.



**Рисунок 1.5** – Схема лабораторної насосної установки

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

### *Конструкція водопровідної мережі*

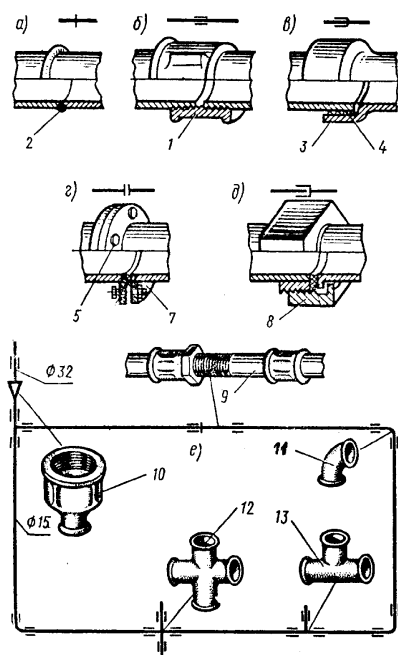
*Мета роботи:* вивчити основні матеріали, що застосовуються для влаштування водопровідної мережі (металеві та пластмасові труби та способи їх з'єднання), вивчити фасонні та з'єднувальні частини; ознайомитись із спеціальним інструментом, який призначений для забезпечення з'єднання труб.

#### *Загальні відомості*

Основним елементом водопровідної мережі є труби. Вони повинні пропускати задану витрату води, витримувати максимальний робочий тиск, мати значний строк служби до капітального ремонту (10-15 років), мінімальний гідравлічний опір, незначну масу і вартість, не впливати на якість води. Крім того, монтаж труб повинен вимагати мінімум часу і трудовитрат. Міцність труб і їх з'єднувальних частин повинна відповідати тиску середовища, що транспортується по них. З'єднання труб: а) зварне встик; б) муфтове (різьбове); в) розтрубне; г) фланцеве; д) з накидною гайкою. З'єднання труб з різних матеріалів та труб з арматурою здійснюється тільки по різьбі або на фланцях. Випускають з'єднувальні фасонні деталі і елементи з ковкого чавуну (прямі трійники, хрестовини, повороти, муфти) і сталеві (перехідні хрестовини, трійники, муфти) з циліндричною трубною різьбою для з'єднання водогазопровідних труб з температурою середовища  $\leq 175^\circ\text{C}$  і умовним тиском  $P_y \leq 1,6 \text{ МПа}$  при  $D_y \leq 40 \text{ мм}$  і  $P_y \leq 1 \text{ МПа}$  при  $D_y = 50 - 100 \text{ мм}$ .

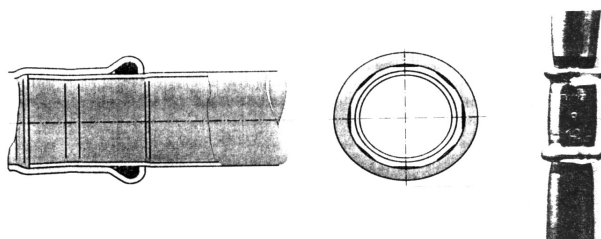
Однією з новинок, що дозволяють помітно заощадити час при з'єднуванні мідних труб, є розробка фірми *SANHA Kaimer* (Німеччина) — SANHA-прес-фітинг (Рис. 1.7, 1.8). Суть технології полягає в тому, що під час процесу пресування краї фітингу просто впресовуються в трубу з восьми боків спеціальними прес-щипцями. Таким чином у лічені секунди утворюється з'єднання, яке за міцністю відповідає найсуворішим вимогам техніки безпеки. Складна геометрія деформації фітингу після пресування забезпечує механічну міцність з'єднання, а вкладене у фітинг і притиснуте щільно до труби кільце із спеціальної високоміцної і тривкої гуми сприяє герметичності.





**Рисунок 1.6 - З'єднання труб:**

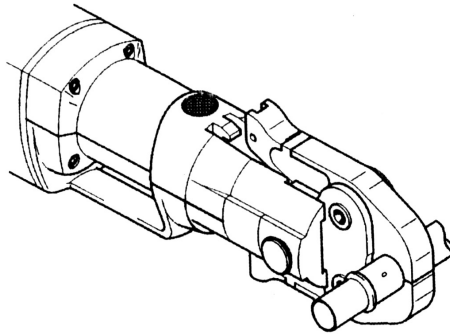
*а - зварне; б - муфтове (на різьбі);  
в - розтрубне; г - на фланцях;  
д - з накидною гайкою;  
е - з'єднувальні частини та їх умовні  
позначення: 1 - муфта; 2 - зварний шов;  
3 - розтруб; 4 - ущільнення;  
5 - болт з гайкою; 7 - фланець; 8 - гайка;  
9 - згін; 10 - муфта перехідна; 11 - кутник;  
12 - хрестовина; 13 - трійник.*



**Рисунок 1.7 - З'єднання труб за допомогою прес-фітингу SANHA:**  
*а – у розрізі; б – зовнішній вигляд.*

Процес пресування триває – залежно від типу прес-щипців, але незалежно від діаметру труби – від 6 до 15 секунд. Що стосується підготовчих робіт, то на відміну від паяння відпадає необхідність у зачищенні кінців труби та фітингу, нанесенні флюс-засобу та розігріванні місця з'єднання до температури плавлення припою. Перед пресуванням необхідно лише відрізати трубу під прямим кутом і зняти фаску та задирки із зовнішнього краю труби (це необхідно, щоб не пошкодити гумове кільце всередині фітингу).

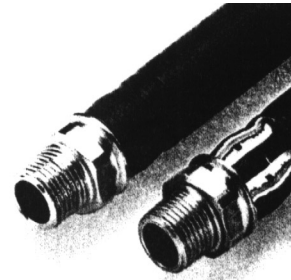
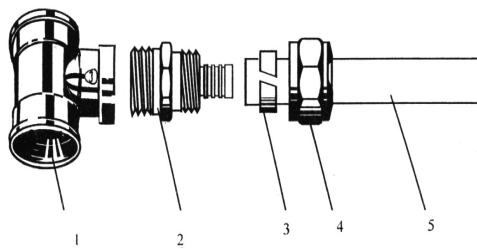
Гумове кільце всередині фітингу виготовлене із спеціального еластомеру - EPDM етилен-пропілен-дієнкаучуку, який допущений до використання в питному водопостачанні і має термін служби 50 років. Допустимий робочий тиск складає 16 бар (16 атмосфер при допустимій робочій температурі 120°C).



**Рисунок 1.8 – Прес-фітинг SANHA, вкладений у щипці.**

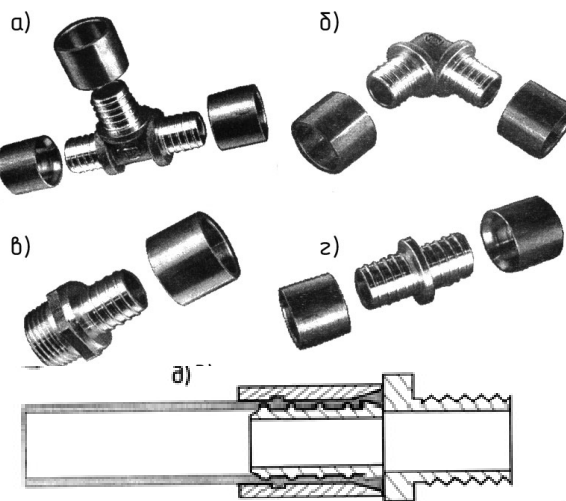
а)

б)



**Рисунок 1.9 – Затискні з'єднання:**

*а – розбірне, б – щільне: 1 – трійник; 2 – корпус з'єднувача; 3 – кільце затискне пружне; 4 – гайка затискна; 5 – пластмасова труба.*



**Рисунок 1.10 – Затискні з'єднання з насунутим кільцем:**

*а - з трійником; б - з кутником; в - із зовнішньою різьбою; г - двостороннє; д - натягнуте за допомогою спеціального інструмента затискне кільце в розрізі.*

З'єднання пластмасових труб здійснюється зварюванням, розтрубним та муфтовим склеюванням, фланцями, накидними гайками і затискними з'єднаннями. (Затискні з'єднання з насунутим затискним кільцем (Рис. 5) є самоущільнюючі і не вимагають додаткового ущільнення при підключенні до інших елементів системи. При монтажі металопластикових труб використовуються латунні з'єднувачі заводського виготовлення із затисканням або запресовуванням.

*Порядок виконання роботи:* студенти розділяються на бригади по 3-4 чоловіки. Одна бригада вивчає металеві труби та способи їх з'єднання, друга -

пластмасові, третя - металопластикові. Через 30 хвилин бригади міняються місцями.

#### Основні етапи

1. Визначити діаметр труб, фасонних і з'єднувальних частин, які вивчають, спочатку на око, а потім за допомогою штангенциркуля; одночасно з вивченням фасонних частин розглядають їх умовні позначення.

2. Виконати з'єднання труб фасонними та з'єднувальними частинами за допомогою спеціальних інструментів.

#### Контрольні запитання:

1. Область застосування, переваги та недоліки металевих труб.
2. Область застосування, переваги та недоліки неметалевих труб.
3. Що таке згін і де він застосовується?
4. Способи прокладання та кріплення водопровідних труб.
5. Фітинги, з'єднання, ущільнення стиків.
6. Умовні позначення труб та з'єднувальних частин за ДСТУ.

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

#### *Визначення діаметрів ділянок і втрат напору в них.*

*Мета роботи:* Визначити величину випробувальних тисків у трубопроводі, виконати гідравлічне випробування на міцність і герметичність та встановити вплив об'єму повітря, що знаходиться у випробувальному трубопроводі, на швидкість пониження тиску в трубопроводі, при наявності витoku води з нього.

#### *Загальні відомості*

Збудовані трубопроводи і споруди водопостачання та водовідведення необхідно приймати в експлуатацію згідно вимог СНіП 3.05.04-85. При відсутності в проекті способу випробування напірні трубопроводи випробуються на міцність та герметичність, як правило, гідравлічним способом.

Випробування напірних трубопроводів всіх класів повинні проводитись будівельно-монтажною організацією за два етапи:

**перший** – попереднє випробування на міцність та герметичність після засипки ґрунтом на половину діаметру труб, з залишеними відкритими для огляду стиковими з'єднаннями;

**другий** – приймальне (кінцеве) випробування на міцність та герметичність після повної засипки трубопроводу за участю представників замовника: експлуатаційної організації та складанням акту встановленої форми.

Обидва етапи випробування повинні виконуватися до встановлення гідрантів, вантузів, запобіжних клапанів. Замість них на час випробування встановлюють фланцеві заглушки.

Будівельно-монтажні та проектні дефекти й недоліки, що виявлені під час огляду та іспитів відмічаються в акті з наведенням строку їх ліквідації.

Трубопроводи із сталевих, чавунних, залізобетонних та азбестоцементних

труб, незалежно від способу випробування, необхідно випробувати ділянками довжиною не більше 1 км, а пластмасових – до 0,5 км. При гідравлічному способі випробування довжину випробувальних ділянок сталевих трубопроводів дозволяється приймати більшою 1 км.

Для випробування на герметичність тиск у трубопроводі підвищують до випробувального на герметичність  $P_G$ , який приймають вищим за розрахунковий  $P_P$  на величину  $\Delta P$

$$P_G = P_P + \Delta P \quad (1.3)$$

де  $\Delta P$  – додаткова величина тиску, яка приймається залежно від верхньої межі виміру тиску, класу точності та ціни поділок шкали манометра і орієнтовно  $\Delta P$  становить 5-10 поділок шкали встановленого манометра.

Трубопроводи із сталевих, чавунних, залізобетонних та азбестоцементних труб, незалежно від способу випробування, необхідно випробувати ділянками довжиною не більше 1 км, а пластмасових – до 0,5 км. Довжину випробувальних ділянок сталевих трубопроводів при гідравлічному способі випробування дозволяє приймати більшою 1 км.

З метою водонасичення трубопроводи наповнюють водою і витримують в заповненому стані залежно від матеріалу труб не менше такого часу, год.: залізобетонних – 72, азбестоцементних – 21, чавунних – 24; для сталевих трубопроводів витримка з метою водонасичення не проводиться. Залізобетонні і азбестоцементні трубопроводи в межах вказаного часу повинні знаходитись не менше 12 годин під внутрішнім розрахунковим тиском  $P_P$ .

**Попереднє та приймальне** гідравлічне випробування напірного трубопроводу на міцність та герметичність проводять в такій послідовності.

При випробуванні **на міцність** тиск в трубопроводі підвищують до випробувального  $P_M$  і підкачуванням води підтримують його не менше 10 хв., не допускаючи зниження тиску більше ніж на 0,1 МПа. Потім знижують випробувальний тиск до внутрішнього розрахункового  $P_P$  і, підтримуючи його підкачуванням води, оглядають трубопровід з метою виявлення дефектів на ньому протягом часу, який необхідний для виконання цього огляду. У випадку виявлення дефектів їх ліквідують і проводять повторне випробування трубопроводу.

Після закінчення випробування трубопроводу на міцність проводять його випробування **на герметичність**, для чого тиск у трубопроводі підвищують до величини випробувального тиску на герметичність  $P_G$ . Фіксують час початку випробування  $T_H$  за заміряють початковий рівень води  $H_H$  у мірному бачку гідравлічного преса. Проводять спостереження за зниженням тиску. При цьому можуть мати місце три випадки його зниження:

**перший** – якщо протягом 10 хв. тиск впаде не менше ніж на дві поділки шкали манометра, але не нижче внутрішнього розрахункового  $P_P$ , тоді на цьому спостереження за зниженням тиску закінчують;

**другий** – якщо за 10 хв. тиск впаде не менше ніж на дві поділки шкали манометра, тоді спостереження за зниженням тиску продовжують до тих пір, поки тиск впаде не менше ніж на дві поділки шкали манометра; при цьому тривалість спостереження не повинна перевищувати 3 год. – для залізобетонних і 1 год. – для чавунних, азбестоцементних та сталевих трубопроводів; якщо по за-

кінченню цього часу не знизиться до внутрішнього розрахункового тиску  $P_p$ , тоді потрібно скинути воду із трубопроводу в мірний бачок (або визначити об'єм скинутої води іншим способом);

**третій** – якщо протягом 10 хв тиск впаде нижче внутрішнього розрахункового тиску  $P_p$ , тоді подальше випробування трубопроводу закінчують і приймають заходи для знаходження і ліквідації прихованих дефектів трубопроводу шляхом витримувannya його під внутрішнім розрахунковим тиском  $P_p$  до тих пір, поки при огляді не будуть знайдені дефекти, які викликають недопустиме зниження тиску в трубопроводі.

Після закінчення спостережень за зниженням тиску в першому випадку або скидання води в другому випробування продовжують в такій послідовності;

- підкачуючи воду із мірного бачка підвищують тиск в трубопроводі до випробувального на герметичність  $P_T$ , фіксують час закінчення випробування на герметичність  $T_K$  і заміряють кінцевий рівень води  $H_K$  в мірному бачку гідравлічного преса;

- визначають тривалість випробування трубопроводу ( $T_K - T_{II}$ ), об'єм підкачаної води в трубопровід із мірного бачка  $W$  (для першого випадку), різницю між об'ємами підкачаної в трубопровід і скинутої із нього води (для другого випадку);

розраховують величину фактичних витрат додатково підкачаної води  $Q_{II}$ , л/хв., за формулою

$$Q_{II} = \frac{W}{(T_K - T_{II})}, \quad (1.4)$$

де  $W$  – об'єм підкачаної води, л;

$T_K$  і  $T_{II}$  – відповідно час початку і кінця випробування, хв.

Заповнення трубопроводу додатковим об'ємом води випробуванні на герметичність необхідна для: заміщення повітря, що вийшло через непроникні для води нещільності в з'єднаннях; заповнення об'ємів трубопроводу, які виникли при незначних кутових деформаціях труб у стикових з'єднаннях, зсувах гумових ущільнювальних кілець та манжет в цих з'єднаннях і зміщеннях торцевих заглушок; додаткового замочування під випробувальним тиском стінок азбестоцементних і залізобетонних труб, а також для відновлення можливих схованих просочувань води в місцях недоступних для огляду трубопроводу.

Напірний трубопровід визнається таким, що витримав попереднє та приймальне випробування на герметичність, якщо величина фактичних витрат підкачаної води не перевищує значень допустимих витоків води на випробувальній ділянці трубопроводу довжиною 1 км. Якщо витрати підкачаної води перевищують допустиму величину витоків, тоді трубопровід визнається таким, що не витримав випробування на герметичність і необхідно прийняти заходи, направлені на виявлення та ліквідацію прихованих дефектів трубопроводу. Після цього проводять повторне випробування трубопроводу.

#### **Матеріальне забезпечення лабораторної роботи**

1. Секундомір.
2. Мірні циліндри ємкістю 100 та 1000 мл.
3. Дві ємкості по 10 л.

*Порядок виконання роботи:*

1. Ознайомлення з лабораторною установкою.
2. Визначення випробувальних тисків у трубопроводах з різних матеріалів при робочому тиску  $P_p = 0,6$  МПа для випробування на міцність  $P_b$  і герметичність  $P_g$ .
3. Визначення допустимої величини витоку у випробувальному трубопроводі в залежності від матеріалу, діаметра і його довжини.
4. Встановлення фактичної величини витоку з трубопроводу.
5. Встановлення залежності впливу повітря, яке знаходиться у випробувальному трубопроводі, на швидкість пониження тиску в ньому при наявності витоку (не менше 3-х спостережень).
6. Побудова графіка залежності тривалості зниження тиску з  $P_b$  до  $P_p$  від об'єму повітря в трубопроводі  $t_g = f(W)$ .
7. Оформлення звіту і його захист індивідуальні і для кожного студента.

*Описання лабораторної установки*

Лабораторії випробувальний трубопровід **1** (рис. 1.11), прокладений із сталевих труб діаметром  $d=80$  мм, довжиною  $L=5,5$  м, з ухилом  $i=0,033$ . Кінці трубопроводу закриті заглушками **14**.

Для створення тиску у випробувальному трубопроводі **1** застосовують гідравлічний прес (плунжерний насос) **6**, який забирає воду із мірного бачка **9**, і встановлений всередині бака для води **7**. Заповнення мірного бачка **9** здійснюється по трубі **8** відкриття вентиля, який встановлений на ньому. Нагляд за рівнем води в мірному бачку здійснюється за допомогою п'єзометричної трубки **10**. Вода подається в трубопровід **1** по трубі **11**.

Витоки води із випробувального трубопроводу **1** створюють шляхом відкриття крану **2**. Для нагляду за тиском у випробувальному трубопроводі **1** на його кінцях встановлені зразкові манометри **3**, класу точності 0,4.

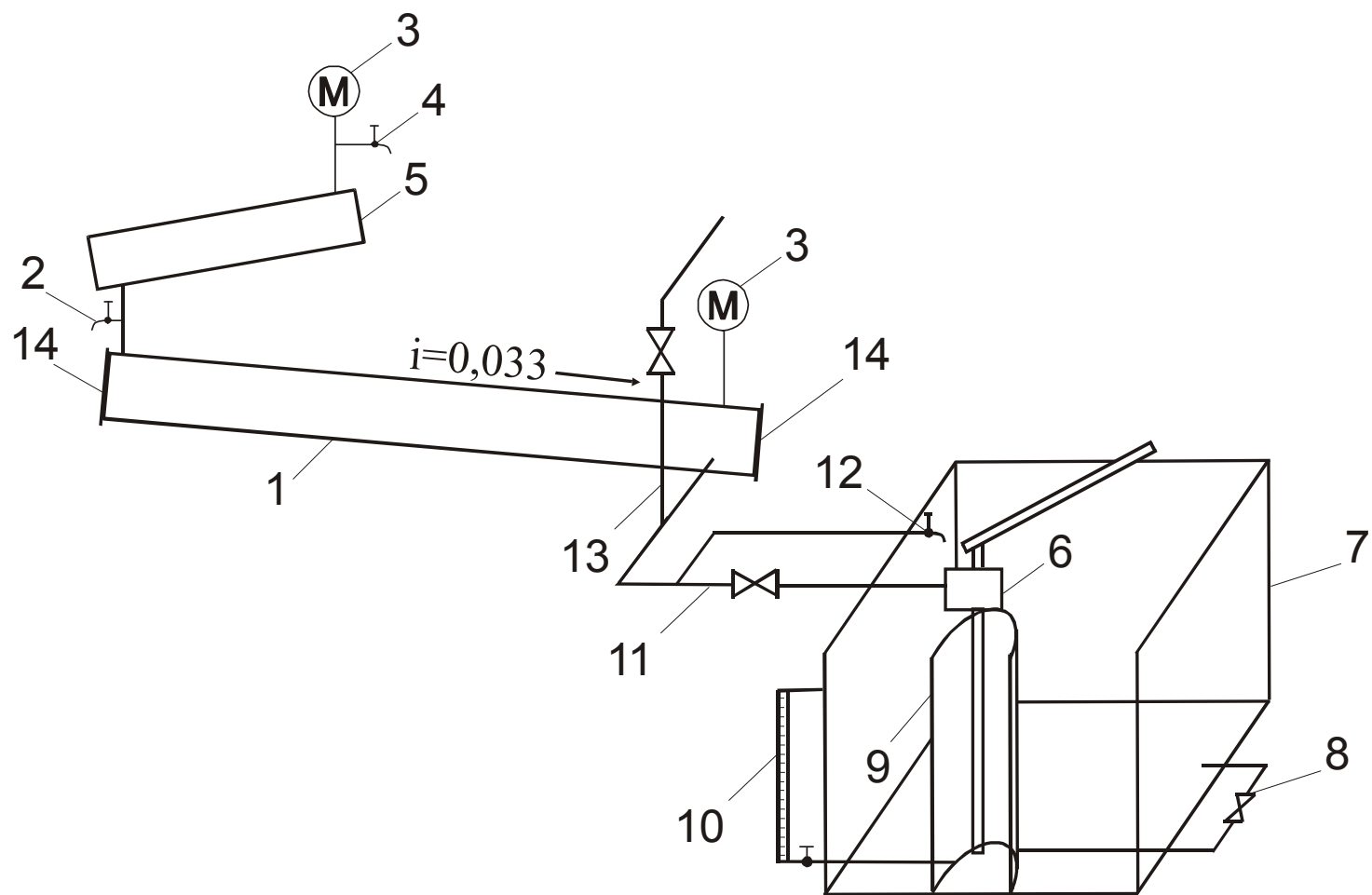
Об'єм води, л, що подається гідравлічним пресом **6** у випробувальний трубопровід **1**, заміряють за показниками п'єзометра **10**, застосовуючи формулу

$$W = 0,0133 \cdot H, \quad (1.5)$$

де 0,0133 – перевідний коефіцієнт, що враховує одиниці виміру та площу дзеркала води у мірному бачку;

$H$  – різниця між показанням п'єзометрів до і після закачування води у випробувальний трубопровід, см.

Для встановлення впливу об'єму повітря, яке знаходиться у випробувальному трубопроводі, на швидкість зниження тиску в ньому лабораторна установка обладнана "повітряним" ковпаком у вигляді закритого з торців відрізка труби **5** ємністю 3,7 л, який має кран для впускання-випускання повітря **4**.



**Рисунок 1.11** – Схема випробувальної установки

1 – випробувальний трубопровід; 2 – водорозбірний кран; 3 – манометри; 4 – кран для впускання і випускання повітря;  
 5 - "повітряний" ковпак; 6 – гідравлічний прес; 7 – бак для води; 8 – труба для подачі води у мірний бак 9; 10 – рівнемір;  
 11 - труба для закачування води пресом; 12 – труба для скидання води; 13 – труба подачі води від водопроводу;  
 14 – заглушки.

Випробувальні тиски в трубопроводі **1** визначають згідно рекомендацій наведених на стор. 5 для робочого тиску, який для лабораторної роботи приймають рівним 0,6 МПа.

### **ДОСЛІД 1: Гідравлічне випробування трубопроводу**

В трубопроводах, що укладені в землю, неможливо встановити величину витоку замірами, як це проводиться в лабораторії. Тому на практиці величину витоку визначають за кількістю води підкачаної у трубопроводі протягом всього дослідю.

Гідравлічне випробування трубопроводу на міцність і герметичність при виконанні лабораторної роботи (створення витоку із крана **2**) проводиться після часткового вилучення із нього повітря через кран **4** під час заповнення його водою.

**На міцність** трубопровід **1** випробують таким чином. Гідравлічним пресом **6** підвищують тиск в трубопроводі **1** до випробувального на міцність  $P_M$ . Створюють витік води через кран **2**, підкачують воду пресом, не допускаючи зниження тиску нижче  $P_M$ . Підкачування води зупиняють і фіксують час. Якщо протягом 10 хвилин тиск не знизиться нижче робочого  $P_R$ , то випробування на міцність вважають завершеним, інакше зменшують витік води із крана **2** і дослід повторюють заново.

**На герметичність** трубопровід випробують після того, як він витримав випробування на міцність. Для цього тиск в ньому підвищують до випробувального на герметичність  $P_G$ , фіксують час початку випробувань  $T_{\Pi}$  та початковий рівень  $H_{\Pi}$  води у мірному бачку **9** за допомогою п'єзометра **10**, а під кран **2** підставляють мірний циліндр.

Нагляд за зниженням тиску в трубопроводі **1** протягом 10 хв. При цьому може бути три випадки:

1) Стрілка манометра **3** опуститься не менше ніж на дві поділки його шкали, але не знизиться нижче робочого  $P_R$ . Спостереження за зниженням тиску припиняють.

2) Тиск знизиться менше ніж на дві поділки шкали манометра. Необхідно продовжувати спостереження за зниженням тиску до тих пір, поки він не знизиться не менше ніж на дві поділки шкали манометра. При цьому тривалість спостереження не повинна перевищувати часу вказаного на с. 6 (для лабораторної роботи 10 хвилин).

3) Протягом 10 хв. Тиск впаде нижче робочого  $P_R$ . Трубопровід вважають таким, що не витримав гідравлічного випробування на герметичність.

Після закінчення спостережень за падінням тиску в першому або другому випадку підкачують воду, гідравлічним пресом **6** із мірного бачка **9**. Тиск у трубопроводі **1** піднімають до випробувального на герметичність  $P_G$ , фіксують час закінчення випробувань  $T_K$  кінцевий рівень води у мірному бачку  $H_K$  і забирають мірний циліндр з-під крана **2**. За різницею рівнів води у мірному бачку  $H_K - H_{\Pi} = H$  за формулою (3) визначають об'єм води  $W$ , який потрібний для відновлення тиску у випробувальному трубопроводі. Величину витоку  $Q_{\phi}$ ,



л/хв., визначають за формулою (1). Результати випробувань заносять в таблицю 1.4.

**Таблиця 1.4** – Випробування трубопроводу на герметичність при  $P_T =$  МПа

№ спостережень	Час досліджень, хв			Рівні води у мірному бачку, см			Об'єм підкачаної води $W$ , л	Витік води $Q_\phi$ , л/хв.
	$T_{\Pi}$	$T_K$	$T$	$H_{\Pi}$	$H_K$	$H$		
1								
2								
3								
Середнє значення								

Дослід повторюють тричі і величину витіку приймають рівною середньоарифметичному. Рекомендується порівнювати величину витіку з об'ємом води, яка поступила в мірний циліндр із крана **2** за період спостережень. Визначають допустиму величину витіку у випробувальному трубопроводі залежно від його матеріалу, діаметра і довжини, які вказуються викладачем для кожної бригади окремо, за додатком 2. Порівнюючи фактичну величину витіку з допустимою, студенти роблять відповідні висновки щодо гідравлічного випробування трубопроводу.

У звіті дається короткий опис процесу гідравлічного випробування лабораторної установки. Результати випробувань заносяться в таблиці. Наводиться графік залежності впливу повітря, яке знаходиться у випробувальному трубопроводі, на швидкість пониження тиску в ньому, обчислення допустимої величини витіку. В кінці звіту даються висновки за результатами обчислень.

#### Контрольні запитання:

1. Етапи випробування напірних трубопроводів.
2. Порядок визначення випробувальних тисків у трубопроводі.
3. Розрахунок тиску у трубопроводі.
4. Розрахунок величини фактичних витрат.
5. Порядок проведення гідравлічного випробування трубопроводу на міцність.
6. Порядок проведення гідравлічного випробування трубопроводу на герметичність.

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

#### *Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж*

##### *Мета роботи:*

Вивчення і аналіз програми для виконання гідравлічного розрахунку кільцевої водопровідної мережі за методом Лобачова-Кроса.

##### *Загальні відомості*

Для ув'язки мережі запропоновано багато способів, з яких широке розповсюдження отримав метод професора В.Г.Лобачова, величина ув'язочних витрат по якому

$$\Delta q = -\frac{\pm \Delta h}{2 \sum SQ}, \quad (1.5)$$

де  $\Delta h$  - нев'язка кільця;

$S$  – опір ділянки ;

$Q$  – розрахункові витрати ділянки.

Вирахувавши ув'язочні витрати, виконують виправлення розрахункових витрат усіх ділянок, отриманих в результаті першого приблизного розподілення потоків води. По виправленим розрахунковим витратам підраховують втрати напору в ділянках і нев'язки втрат напору в кільцях. Якщо отримана нев'язка втрат напору перевищує допустимі величини, то визначають значення нових ув'язочних витрат і здійснюють подальше виправлення розрахункових витрат, до тих пір доки не будуть отримані у всіх кільцях допустимі величини нев'язок. Розрахунок доцільно зводити до таблиці. Тобто якщо втрати напору в окремих кільцях є недопустимі ( $>0,5$ ), треба виконати виправлення попередньо намічених витрат окремих ліній.

*Порядок виконання роботи:*

Данні для розрахунку видає викладач, але рекомендовано використовувати данні зі свого завдання на курсовий проект (роботу, РГР). Розрахунок проводиться за нижче наведеним порядком і рекомендаціями, які пропонує дана програма.

Опис кільцевої водопровідної мережі здійснюється у вигляді 4-х таблиць:

- Таблиця загальних даних;
- Таблиця опису кілець;
- Таблиця опису ділянок;
- Таблиця опису вузлів;
- Таблиця опису ділянок;

1. Таблиця загальних даних описує основні параметри кільцевої водопровідної мережі (число кілець, вузлів, ділянок) рисунку 1.6.
- 2.

Наведена таблиця потребує внесення наступних даних:

- Кількість кілець в мережі;
- Кількість вузлів в мережі;
- Кількість ділянок в мережі;
- Допустима нев'язка;
- Кількість ітерацій;

3. У другій таблиці описується склад кілець і напрямок руху води по ділянках. Визначається номер ділянок зі знаком “-” та “+” (рис. 1.7).

Номер кольца	Число участков образующих кольцо	Номера участков образующих кольцо со знаками
1	4	-1 2 3 -4
2	4	-3 5 -6 -7
3	4	4 7 -8 -9
4	4	6 10 17 -11
5	4	-17 -18 -16 19
6	3	9 12 -13
7	5	11 16 -12 -14 -15

Рисунок 1.7 – Таблица опису кілець

#### 4. Таблица опису ділянок.

В таблиці (рис. 1.8) описуються розрахункові параметри ділянок (довжина, діаметр, матеріал і розрахункові витрати).

Новый вариант

Файл Расчет

Общие данные Таблица описания колец Таблица описания участков Таблица описания узлов Результаты расчета

Номер участка	Длина участка	Диаметр участка	Расход по участку
1	1000	150	25
2	1000	250	55
3	500	150	10
4	1000	200	40
5	700	150	25
6	500	150	5
7	800	200	30
8	900	250	65
9	1200	150	20
10	1000	150	10
11	1000	150	5
12	1200	150	20
13	800	150	25
14	300	150	25
15	400	150	5
16	700	150	5
17	500	150	20
18	1200	200	30
19	800	150	10

Рисунок 1.8 – Таблица опису діляниць

4. Таб В таблиц

Новый вариант

Файл Расчет

Общие данные Таблица описания колец Таблица описания участков Таблица описания узлов Результаты расчета

Номер узла	Узловой расход	Число участков образующих узел	Номера участков образующих узел со знаками
1	80	3	1 -4 -8
2	80	2	-1 -2
3	-20	3	2 -3 -5
4	-20	3	4 3 -7
5	-20	3	5 6 -10
6	-20	5	7 9 -6 -11 -12
7	-20	3	8 -9 -13
8	-20	3	10 18 -17
9	-20	3	17 11 -16
10	40	2	-18 -19
11	-20	3	16 19 15
12	-20	2	14 -15
13	-20	3	12 13 -14

Рисунок 1.9 – Таблица опису вузлів

5. Результаты розрахунку представлені у вигляді 2-х таблиц (рис. 1.9):
- 1) Таблица опису параметрів діляниць (швидкість руху води, втрати напору по діляниці) після ув'язки водопровідної мережі.
  - 2) Таблица досягнутих нев'язок по кільцю.

Фамилия, группа Количество итераций 15 достигнута невязка -0,0390			
Файл Расчет			
Общие данные Таблица описания колец Таблица описания участков Таблица описания узлов Результаты расчета			
№ участка	Расход по участку	Потери напора по участку	Скорость движения воды
1	14,4567797	8,2554359	0,7928304
2	65,5432194	10,8554173	1,3036461
3	20,2459358	7,7065744	1,1098987
4	35,2020375	10,3223858	1,0917680
5	25,2972841	16,6122417	1,3864795
6	4,7636256	0,5558556	0,2609647
7	35,4479775	8,3661032	1,0994046
8	59,2547394	8,0343637	1,1788923
9	15,0662959	10,6848326	0,8260092
10	10,0609055	4,2426181	0,5510412
11	14,1078038	7,8840275	0,7732663
12	11,6428398	6,6555367	0,6383469
13	24,1884515	17,3797436	1,3265543
14	15,8312917	2,9306920	0,8684983
15	-4,1687102	0,3500803	0,2279046
16	6,4019016	1,3155357	0,3506265
17	12,2940978	3,0610282	0,6737630
18	22,2331919	5,2975297	0,6898254
19	17,7668072	9,6606483	0,9736810
Невязки по кольцам			
1	-0,0158300		
2	-0,0162916		
3	-0,0307083		
4	-0,0245256		
5	-0,0134449		
6	-0,0393734		
7	-0,0365853		

**Рисунок 1.16 – Результаты розрахунку**

### **Контрольні питання**

1. Наведіть особливості гідравлічного розрахунку водопровідних мереж.
2. Назвіть основні фактори, які впливають на точність розрахунку.
3. Назвіть існуючі методи ув'язки мереж.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### *Визначення характеристик швидкісного водоміра*

*Мета роботи:* експериментальне визначення гідрометричних характеристик швидкісного водоміра.

#### *Загальні відомості*

Для обліку кількості води на введенні внутрішнього водопроводу та на відгалуженні в квартиру встановлюють лічильники води. В житлових та громадських будинках, в основному, використовують крильчасті лічильники води. Кутова швидкість обертів крильчатки пропорційна швидкості руху води. Передаючий і лічильний механізми сумують оберти крильчатки і на циферблатах фіксується кількість рідини, що пройшла через лічильник.

При підборі водолічильника враховують його основні гідрометричні характеристики, до яких відносять:

а) межа чутливості – найменші витрати, при яких лічильник починає працювати, але дає неточні покази;

б) область обліку – діапазон від найменших витрат до найбільших, в межах яких лічильник здійснює облік з достатньою точністю.

в) втрати напору у водолічильнику.

Важливими характеристиками водолічильників є такі фіксуємі значення витрати води, м<sup>3</sup>/год:

$Q_{\max}$  - максимальна витрата води, при якій водолічильник може працювати короткочасно без погіршення своєї характеристики; втрати напору в крильчатих лічильниках при цій витраті води повинні бути не більше 10,0 м;

$Q_{\text{nom}}$  - номінальна витрата води, при якій водолічильник може працювати протягом усього терміну служби;

$Q_{\text{exp}}$  - експлуатаційна витрата води, при якій лічильник може працювати безперервно;

$Q_t$  - перехідна витрата води, що розділяє робочий діапазон вимірювань на два під діапазони з різними значеннями допустимої похибки;

$Q_{\min}$  - найменша витрата води, для якої нормують похибку;

$Q_{\text{п.ч.}}$  - поріг чутливості, тобто найменша витрата води, при якій настає стійке обертання крилець лічильника.

Діаметр умовного проходу водолічильника вибирають, виходячи із середньогодинних витрат води за період водоспоживання (добу, зміну), і які не повинні перевищувати експлуатаційні. Вибраний водолічильник належить перевірити на:

а) пропуск максимальних розрахункових секундних витрат води на господарсько-питні, виробничі та інші потреби; при цьому втрати напору в крильчатих водолічильниках не повинні перевищувати 2,5 м, в турбінних – 1 м;

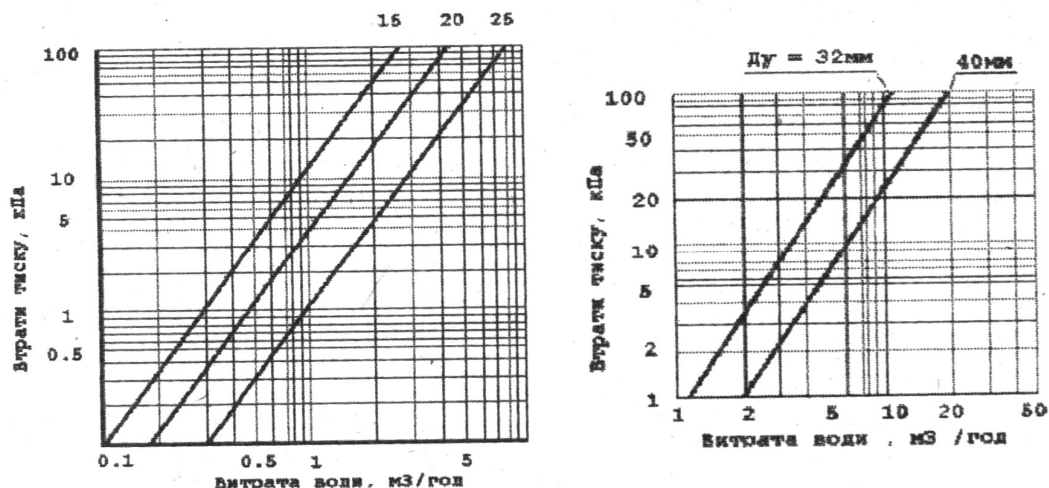
б) пропуск максимальних розрахункових секундних витрат води на внутрішнє пожежогасіння, при якому втрати напору в водолічильнику не повинні перевищувати 10 м.

Втрати напору в водолічильнику визначають за номограмами (рис. 1.17) або за формулою:  $h_{\text{вл}} = S \cdot q^2$ , де  $S$  - гідравлічна характеристика водолічильника (табл. 1.5).

Гідрометрична характеристика визначається за результатами 3-4 вимірювань. З метою оцінювання точності визначення витрат води вимірювання здійснюють об'ємним методом та за показниками лічильника.

**Таблиця 1.5** – Технічні характеристики крильчастих водолічильників

Діаметр умовного про- ходу, мм	Витрати води, м³/год			Поріг чутливості м³/год	Макси- мальний об'єм води за добу, м³	Гідравлічний опір (л/с)² (м³/год)²
	міні- мальні	експлуа- таційні	макси- мальні			
Крильчасті водолічильники ВСКМ (ГОСТ 6019-83)						
15	0,03	1,2	3	0,015	45	14,4 1,11
20	0,05	2	5	0,025	70	5,18 0,4
25	0,07	2,8	7	0,035	100	2,64 0,204
32	0,1	4	10	0,05	140	1,30 0,1
40	0,16	6,4	16	0,08	230	0,50 0,039
50	0,3	12	30	0,15	450	0,143 0,011
Крильчасті водолічильники ВСТ - U (ТУУ 24597020.002 - 97)						
15	0,03	0,9	3	0,01	-	-
20	0,06	1,5	5	0,02	-	-
25	0,14	2,1	7	0,05	-	-
32	0,24	3,6	12	0,1	-	-
40	0,3	6	20	0,1	-	-

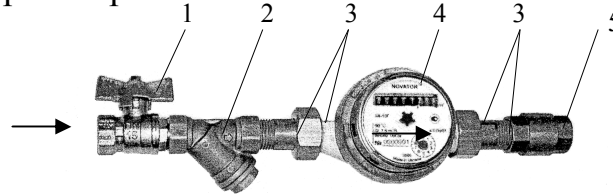


**Рисунок 1.17** – Номограми для визначення втрат напору у крильчастих водолічильниках ВСТ - U (ТУУ 24597020.002 - 97)

**Матеріальне забезпечення лабораторної роботи:** лабораторна установка для вивчення гідрометричних характеристик арматури, в т.ч. водопічильників.

*Порядок виконання роботи:*

1. Відкрити запірний кран <sup>1</sup>



**Рисунок 1.18** – Монтажна схема лічильника.

1 – запірний кран; 2 – сітковий фільтр; 3 – штуцери з накидними гайками (входять до комплекту лічильника); 4 – крильчастий лічильник; 5 – зворотний клапан.

2. Починаючи з мінімальних витрат, встановити коли починає працювати лічильник.

3. Задатись відповідним об'ємом  $W_{\text{л}}$ , заміряти час  $t_{\text{л}}$  протікання цього об'єму через лічильник. Секундомір вмикати в момент проходження стрілки над штрихом поділки, прийнятої за початкову і вимкнути в момент проходження над штрихом, що відповідає прийнятому об'єму. Записати відповідні показники і визначити витрати лічильника:

$$q_{\text{л}} = W_{\text{л}} / t_{\text{л}}, \text{ л/с} \quad (1.6)$$

4. За той же час  $t_{\text{л}}$  визначають, яка кількість води попала в мірний бак,  $W_{\text{б}}$ , л, і знаходять фактичне визначення витрат:

$$Q_{\text{б}} = W_{\text{б}} / t_{\text{л}}, \text{ л/с.} \quad (1.7)$$

5. Записують показники п'єзометрів  $h_1$  і  $h_2$  і визначають втрати напору в лічильнику:

$$H_{\text{л}} = h_1 - h_2. \quad (1.8)$$

6. Потім збільшують ступінь відкриття вентилів 5 і 11, повторюють операції, перераховані в п. 1-5 і результати записують в журнал. Такі виміри повторюють 3-4 рази.

7. Після закінчення експерименту перекривають всі вентиля і відкривають клапан для спорожнення мірного бака.

При обробці даних студент наводить схему дослідної установки і заповнює таблицю 1.6 отриманими при проведенні дослідів результатами.

**Таблиця 1.6** – Визначення гідрометричних характеристик і похибок лічильника

№№ досл.	Найменування, позначення, розмірність	Результати вимірів та розрахунків
1	Витрати за лічильником, $q_{\text{л}}$ , л/с	
2	Витрати по вимірювальному баку, $q_{\text{б}}$ , л/с	
3	Точність обліку, $n = (q_{\text{б}} - q_{\text{л}})100 / q_{\text{б}}, \%$	
4	Гідрометрична характеристика водоміру, $S = (h_1 - h_2) / (q_{\text{л}})^2, \text{ мс}^2/\text{л}^2$	

### Контрольні питання:

1. Де розташовують водолічильники в житлових будинках?
2. Як вибирають і як перевіряють правильність вибору водолічильників?
3. Порівняльна характеристика різних типів водолічильників.
4. Особливості влаштування водомірних вузлів.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### *Арматура та споруди на мережі*

*Мета роботи* – навчити визначати арматуру труб для зовнішніх і внутрішніх водопровідних мереж та гідравлічні характеристики водорозбірної арматури.

#### *Загальні відомості*

Арматуру внутрішніх водопроводів поділяють на трубопровідну й водорозбірну. Трубопровідну арматуру встановлюють на водопровідній мережі для управління потоком води. Водорозбірна арматура регулює подачу води водоспоживачам. Якість і параметри повинні бути не нижчими, ніж у трубопроводах, на яких вона встановлюється. Арматура має витримати максимальний тиск не менший, ніж труби водопостачання. У закритому положенні арматура не повинна пропускати воду. На корпусі не допускається поява стікаючих крапель води. Діаметри арматури не повинні мати ті ж величини умовних проходів, що і труби для їх з'єднання.

Залежно від призначення трубопровідна арматура поділяється на запірну, регулюючу і запобіжну.

Запірна арматура перекриває потік рідини і відключає окремі ділянки трубопроводу для огляду і ремонту – вентилі, засувки.

На системах водопостачання в основному використовується запірна арматура з сірого ковкого чавуну, сталі, бронзи та латуні. Ущільнюючі елементи (сітла, клапани) виготовляють з латуні, бронзи, гуми, що забезпечує їх корозійну стійкість та довговічність.

Регулююча арматура підтримує на мережі витрати або тиск на рівні, що забезпечує роботу мережі в оптимальному режимі. До регулюючої арматури належать регулятори тиску та витрат. Регулятори тиску знижують тиск і підтримують його «після себе», тому їх встановлюють на вводах, у будинки, квартири, на окремих поверхах. У якості регулюючої арматури у внутрішніх водопроводах використовують також запірні вентилі та діафрагми, що встановлені перед водорозбірною арматурою, на розгалуженнях і стояках. Регулююча арматура виготовляється з тих же матеріалів, що й запірна.

Запобіжна арматура захищає систему від пошкоджень при випадковому перевищенні параметрів рідини, що транспортується, над гранично допустимими. До запобіжної арматури належать запобіжні та зворотні клапани. Запобіжні клапани автоматично випускають воду з труб та резервуарів при появі тиску зверх допустимого. При зниженні тиску вони закриваються. Зворотні клапани запобігають руху рідини в зворотному напрямку при зупинці насосів і при зниженні тиску в зовнішній мережі нижче, ніж у внутрішній системі з баками.

Водорозбірна арматура призначена для відбору води із системи. Вона повинна бути зручною і надійною в користуванні, довговічною, не допускати втрат води, забезпечувати плавне перекриття потоку води без гідравлічних ударів, мати привабливий зовнішній вигляд, необхідні гідравлічні та акустичні характеристики.

До водорозбірної арматури належать: крани, що подають воду однієї температури (холодну або гарячу); змішувачі, які мають для підведення води (хо-

лодна або гаряча) і дозволяють змінювати витрати і температуру води, що подається; поплавкові клапани, які призначені для поповнення ємностей до певного рівня.

Розрізняють крани водорозбірні, туалетні, лабораторні, пісуарні, зливні та пожежні, змішувачі.

Сучасна водорозбірна арматура розробляється з урахуванням роботи не лише на пропуск розрахункових витрат води, але й на експлуатацію цієї арматури в так званому економічному режимі, тобто з обмеженою подачею води. Клапани регулювання витрат води в такій арматурі виготовляють з керамічними шайбами, які є досить стійкими до зношування і на довгий час забезпечують легке управління арматурою без витрат води.

#### *Порядок виконання роботи*

Студенту необхідно ознайомитися з арматурою в залежності від призначення на внутрішніх водопровідних мережах та обрати на лабораторних стендах арматуру для різних схем водопровідних мереж.

Визначити арматуру кожної групи.

Дати оцінку матеріалу, з якого виконана арматура.

Для водорозбірної арматури визначити гідравлічні характеристики за таблицею 1.7.

**Таблиця 1.7** – Нормативні характеристики водорозбірної арматури

Прилад	Секундні витрати води, л/с		Годинні витрати води, л/год		Робочий напір, м	Витрати стічних вод від приладу, л/с	Мінімальний діаметр, мм	
	загальні	холодної або гарячої	загальні	холодної або гарячої			підвідних труб	відвідних труб
Водорозбірний кран біля мийки або раковини	0,15	0,15	50	50	2	0,3	10	40
Змішувач біля мийки	0,12	0,09	80	60	2	0,6	10	40
Змішувач біля умивальника	0,12	0,09	60	40	2	0,15	10	32
Змішувач ванни (у тому числі спільний для ванни й умивальника)	0,25	0,18	300	200	3	0,8	10	40
Умивальник з водорозбірним краном	0,1	0,1	30	30	2	0,15	10	32
Змішувач душу в кабіні	0,12	0,09	100	-60	3	0,2	10	32
Те саме в групових установках	0,2	0,14	500	270/230	3	0,2	10	50
Поплавковий клапан змивного бачка	0,1	0,1	83	83	2	1,6	8	85
Змивний кран унітаза	1,4	1,4	81	81	4	1,4	-	85
Поливальний кран	0,3	0,3 0,2	1080	1080/720	2	0,3	15	-

Гідравлічними характеристиками арматури є розрахункова витрата та робочий напір.

Розрахунковою витратою ( $q_0$  л/с) називається кількість води, яку необхідно надати споживачу.

Робочий тиск ( $P_{роб}$  МПа) – тиск, який необхідно мати перед водорозбірною арматурою, для забезпечення подачі розрахункової кількості води і створити необхідний струмінь виливання.

Залежність витрати води від напору на розгалуженні при різних значеннях відносного відкриття  $q = f(H)$  при  $\mu = \text{var}$  (витратна характеристика); залежність відносної витрати від відносного відкриття арматури  $\mu = f(n)$  регулююча характеристика; гідравлічні показники арматури визначаються при повному відкритті, що не відповідає умовам її дійсній роботі.

Регулюючі характеристики арматури уявляють собою залежність відносної витрати води від ступеня відкриття арматури:

$$\mu = f(n) \quad (1.9)$$

де  $\mu$  – відносна витрата;  
 $n$  – відносне відкриття.

$$\mu = q_i / q_{\max} \quad (1.10)$$

де  $q_i$  – витрата води, л/с, при поточному відкритті;  
 $q_{\max}$  – максимальна витрата води.

### **Контрольні питання**

- 1 З яких матеріалів виготовляється арматура різного призначення?
- 2 Для чого потрібна запірна арматура на водопровідній мережі?
- 3 З якою метою встановлюють регулятори тиску на внутрішніх водопровідних мережах?
- 4 Які робочі параметри у змішувачів для мийок?
- 5 Для чого встановлюють зворотні клапани?

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

При виконанні курсового проекту (роботи, РГР) студенти отримують завдання у викладача, та виконують розрахунок згідно наведених методичних вказівок.

### **1. Визначення розрахункових витрат води окремими категоріями споживачів**

#### *1.1. Визначення витрат води на господарсько-питні потреби населення міста*

Для приклада розглянемо виконання завдання з наступними вихідними даними:

- генплан міста з горизонталями (рис.1.1);
- щільність населення –  $P=295$  меш/га;
- сумарна площа забудови  $F=146,2$  га
- норма водоспоживання –  $q_{\max}^{сум}=350$  л/доб·чол;

- продуктивність підприємства –  $P=120$  т/доб;
- кількість працюючих на підприємстві –  $N=5000$  робітників, у тому числі в максимальну зміну  $N_{\max}=2600$  робітників;
- питома витрата води на одиницю продукції або сировини –  $q_{\text{вод}}=5 \text{ м}^3/\text{т}$ .

При визначенні витрат води, на господарсько-питні потреби населення міста необхідно визначити його кількість по відношенню:

$$N = F \cdot P, \quad (1.1)$$

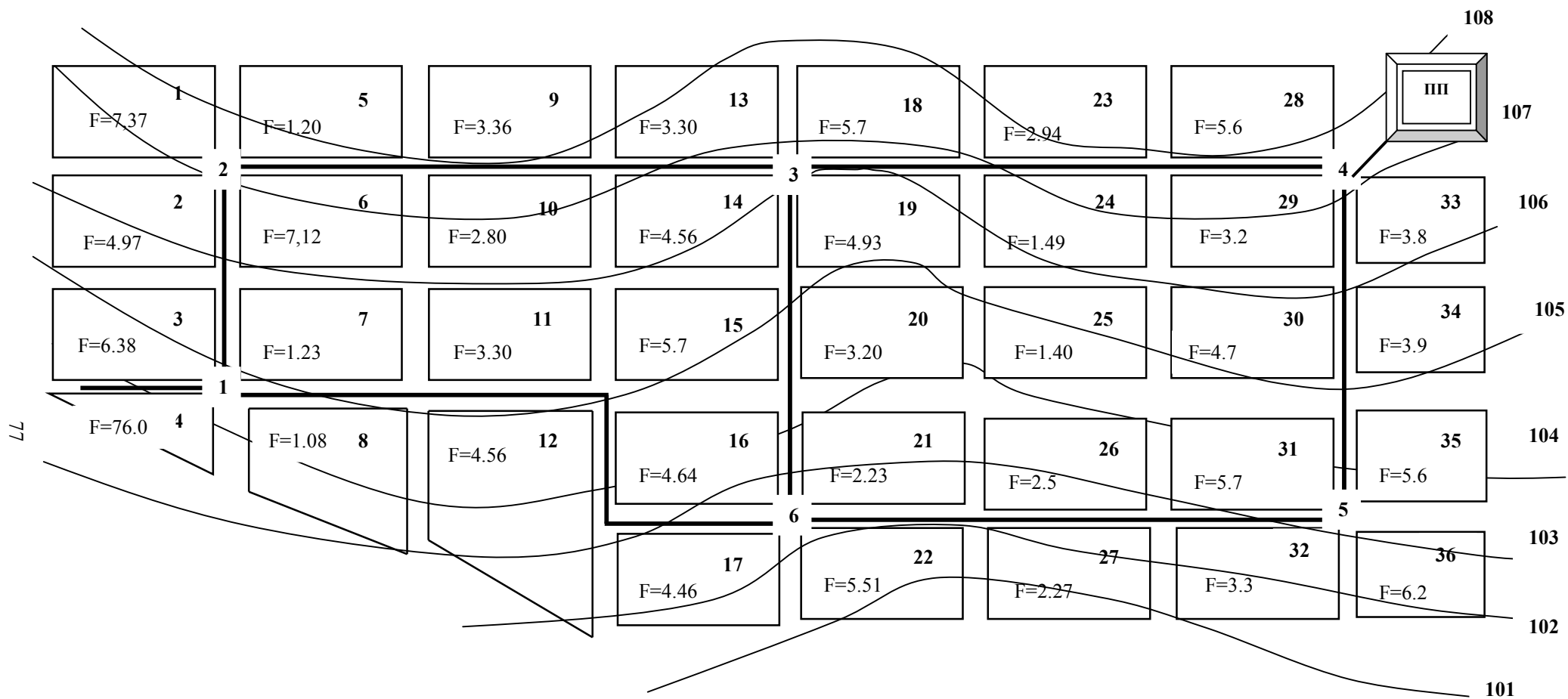
де  $N$  - чисельність населення, мешканців;

$F$ - площа частини міста, га;

$P$ - щільність населення, мешканців/га.

Площу частини міста визначаємо після ретельного вивчення характеру планування міста: результати підрахунків території житлових кварталів, які попередньо нумеруються та заносять до таблиці 1.1.

$$N = 146,2 \cdot 295 = 43130 \text{ люд.}$$



**Рисунок 1.1** – План міста з горизонталями з нанесенням магістральних водогінних мереж

**Таблиця 1.1 – Площа території кварталів міста.**

<b>№ кварталів</b>	<b>Площа, га</b>	<b>№ кварталів</b>	<b>Площа, га</b>
1	7,37	19	4,93
2	4,97	20	3,20
3	6,38	21	2,23
4	6,0	22	5,51
5	1,20	23	2,94
6	7,12	24	1,49
7	1,23	25	1,40
8	1,08	26	2,50
9	3,36	27	2,27
10	2,80	28	5,60
11	3,30	29	3,20
12	4,56	30	4,70
13	3,30	31	5,70
14	4,56	32	3,30
15	5,70	33	3,8
16	4,64	34	3,90
17	4,46	35	5,60
18	5,70	36	6,20
<b><math>F=\Sigma 146,2</math> га</b>			

Паралельно підрахунку площі кварталів визначається площа території міста, що зайнята під зелені насадження та площу вулиць і площ:

- площа території міста під зелені насадження:

$$F_{\text{зел.нас.}} = 0,08 \cdot F = 0,08 \cdot 146,2 = 11,7 \text{ га,}$$

- площа вулиць і площ:

$$F_{\text{вул}} = 0,15 \cdot F = 0,15 \cdot 146,2 = 21,9 \text{ га.}$$

При визначенні витрат води, на господарсько-питні потреби враховують населення міста, виходячи із площі міста та щільності населення. Таким чином, максимальна добова витрата води населенням міста визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{max}}^{\text{доб}} = \frac{N \cdot q_{\text{max}}^{\text{доб}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.2)$$

де  $N$  - кількість населення в місті, мешканців;

$q_{\text{max}}^{\text{доб}}$  - норма максимального добового водоспоживання, л/доб.·меш.

$$Q_{\text{max}}^{\text{сут}} = \frac{43130 \cdot 350}{1000} = 15095,5 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Середню годинну витрату визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{x}} = \frac{Q_{\text{max}}^{\text{сут}}}{24} = \frac{15095,5}{24} = 628,98, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (1.3)$$

Максимальну годинну витрату визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{max}}^{\text{год}} = \frac{0,0417 \cdot N \cdot q_{\text{max}}^{\text{сут}} \cdot K_{\text{ч}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.4)$$

де  $K_q$  - коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання:

$$K_q^{\max} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max}, \quad (1.5)$$

де  $\alpha_{\max}$  – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств і інші місцеві умови, прийнята  $\alpha_{\max}=1,2-1,4$ ;

$\beta_{\max}$  - коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті, прийнятий згідно [1] ( $\beta_{\max}=1,16$ ).

$$K_q^{\max} = 1,3 \cdot 1,16 = 1,51.$$

$$Q_{\max}^q = \frac{0,0417 \cdot 43130 \cdot 350 \cdot 1,51}{1000} = 950,52, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимальна секундна витрата води:

$$Q_{\max}^{\text{год}} = \frac{Q_{\max}^q}{3,6} = \frac{950,52}{3,6} = 264,03, \text{ л/с}. \quad (1.6)$$

## 1.2 Витрата води на комунальні потреби міста

### 1.2.1. Витрата води на полив зелених насаджень

Максимальна добова витрата:

$$Q_{\max}^{\text{доб}} = \frac{F_{\text{зел.нас.}} \cdot q \cdot n \cdot 0,1}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (1.7)$$

де  $F_{\text{зел.нас.}}$  - площа території міста, зайнята під зелені насадження (звернути увагу на те, що площу потрібно перевести в інші одиниці виміру – з гектар у  $\text{м}^2$ , де  $1 \text{ га} = 10^4 \text{ м}^2$ ),  $\text{м}^2$ ;

$q$  - норма витрат води на поливання міських зелених насаджень. Приймається  $q = 3-4 \text{ л/м}^2$ ;

$n$  - кількість поливів приймається 1-2, залежно від режиму поливання;

0,1 - у частках одиниці % територій, що поливаються, від загальної суми площі зелених насаджень.

$$Q_{\max}^{\text{доб}} = \frac{117000 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 93,6, \text{ м}^3/\text{доб},$$

Середня годинна витрата:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\max}^{\text{доб}}}{24} = \frac{93,6}{24} = 3,9, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (1.8)$$

Максимальна годинна витрата:

$$Q_{\max}^{\text{год}} = \frac{0,0417 \cdot F_{\text{зел.нас.}} \cdot k_q \cdot q \cdot n \cdot 0,15}{1000}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (1.9)$$

де  $k_q$  - коефіцієнт годинної нерівномірності витрат води на полив зелених насаджень, для середніх міст приймається  $k_q=4$ .

$$Q_{\max}^{\text{год}} = \frac{0,0417 \cdot 117000 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,15}{1000} = 17,6, \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

Максимальна секундна витрата води:

$$Q_{\max}^c = \frac{Q_{\max}^q}{3,6} = \frac{17,6}{3,6} = 4,9, \text{ л/с} \quad (1.10)$$

### 1.2.2. Витрата води на полив вулиць і площ

Максимальна добова витрата:

$$Q_{\max}^{\text{доб}} = \frac{F_{\text{вул}} \cdot q \cdot n \cdot 0,1}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб} \quad (1.11)$$

де  $F_{\text{вул}}$  - площа вулиць і площ,  $\text{м}^2$ ;

$q$  - норма витрати води на полив, що приймається залежно від типу покриття та умов поливу. Для механізованого поливу вдосконалених покриттів вулиць і площ  $q = 0,3-0,4 \text{ л/м}^2$ ;

$n$  - кількість поливів, приймається 1-2 залежно від режиму поливання;  
0,1 - у частках одиниці % територій, що поливаються, від загальної суми площі зелених насаджень.

$$Q_{\max}^{\text{доб}} = \frac{219000 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 13,14, \text{ м}^3/\text{сут},$$

Середня годинна витрата:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{доб}} = \frac{Q_{\max}^{\text{доб}}}{24} = \frac{13,14}{24} = 0,5, \text{ м}^3/\text{год} \quad (1.12)$$

Максимальна годинна витрата:

$$Q_{\max}^{\text{ч}} = \frac{0,0417 \cdot F_{\text{ул}} \cdot k_{\text{ч}} \cdot q \cdot n \cdot 0,1}{1000}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (1.13)$$

де  $k_{\text{ч}}$  - коефіцієнт годинної нерівномірності витрати води на полив вулиць і площ, для середніх міст приймається  $k_{\text{ч}} = 4$ .

$$Q_{\max}^{\text{ч}} = \frac{0,0417 \cdot 219000 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 2,2, \text{ м}^3/\text{год}.$$

Максимальна секундна витрата води:

$$Q_{\max}^{\text{с}} = \frac{Q_{\max}^{\text{ч}}}{3,6} = \frac{2,20}{3,6} = 0,6, \text{ л/с} \quad (1.14)$$

### 1.3. Витрати води для промислових підприємств

Витрати води для промислових підприємств складаються з витрат води на господарсько-питні та комунальні потреби, витрат води на душ і витрат води на виробничі потреби.

#### 1.3.1. Витрата води на господарсько-питні потреби підприємства

На машинобудівельному заводі працює 5000 робітників, у тому числі в максимальну зміну 2600 робітників.

Завод працює в три зміни з наступним розподілом працюючих по змінах:

1 зміна максимальна - 2600 роб. - 52% від усієї кількості працюючих, тоді в 2 і 3 зміну працює по 24% від усієї кількості працюючих, тобто по 1200 робітників.

У холодних цехах працює 30% від загальної кількості працюючих, а в гарячих цехах 70% що становить:

холодного цеху 30% - 1500 роб.,

гарячого цеху 70% - 3500 роб.

У максимальну зміну, з кількістю працюючих 2600 роб.:



холодного цеху 30% - 780 чоловік,  
 гарячого цеху 70% - 1820 чоловік.  
 Середня годинна витрата:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{год}} = \frac{0,045 \cdot N_{\text{г}} + 0,025 \cdot N_{\text{х}}}{24}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.15)$$

де 0,045 і 0,025 - відповідно норми водоспоживання на 1 робітника в гарячих і холодних цехах;

$N_{\text{г}}$  і  $N_{\text{х}}$  - відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах.

$$Q_{\text{ср}}^{\text{год}} = \frac{0,045 \cdot 3500 + 0,025 \cdot 1500}{24} = 8,13 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахункові максимальна годинна і секундна витрати в розрізі доби повинні прийматися за зміною, у якій працює найбільша кількість робітників, тобто в 1 зміну.

Максимальна годинна витрата:

$$Q_{\text{max}}^{\text{год}} = \frac{0,045 \cdot n_{\text{г}} \cdot K_{\text{г}} + 0,025 \cdot n_{\text{х}} \cdot K_{\text{х}}}{t_{\text{см}}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.16)$$

де  $n_{\text{г}}$  і  $n_{\text{х}}$  - відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах у максимальну зміну;

$K_{\text{г}}$  і  $K_{\text{х}}$  - коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах  $K_{\text{г}}=2,5$ ,  $K_{\text{х}}=3$ ;

$T_{\text{зм}}$  - тривалість робочої зміни в годинниках, 8 годин.

$$Q_{\text{max}}^{\text{год}} = \frac{0,045 \cdot 1820 \cdot 2,5 + 0,025 \cdot 780 \cdot 3}{8} = \frac{204,75 + 58,5}{8} = 32,91 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Максимальна секундна витрата води:

$$Q_{\text{max}}^{\text{с}} = \frac{Q_{\text{max}}^{\text{год}}}{3,6} = \frac{32,91}{3,6} = 9,14 \text{ л/с}. \quad (1.17)$$

### 1.3.2. Витрата води на виробничі потреби підприємства

**Витрата води на виробничі потреби підприємства повинна прийматися за даними технологів підприємств.**

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби:

$$Q_{\text{max}}^{\text{доб}} = \Pi \cdot q_{\text{пит}}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.18)$$

де  $\Pi$  - добова продуктивність підприємства;

$q_{\text{пит}}$  - середня питома витрата на виробництво одиниці продукції,  $\text{м}^3$ .

$$Q_{\text{max}}^{\text{доб}} = 120 \cdot 5 = 600 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Максимальна годинна витрата при цьому дорівнює:

$$Q_{\text{max}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{max}}^{\text{доб}}}{t} = \frac{600}{24} = 25 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.19)$$

де  $t$  - тривалість роботи підприємства протягом доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби:

$$Q_{\text{max}}^{\text{с}} = \frac{Q_{\text{max}}^{\text{год}}}{3,6} = \frac{25}{3,6} = 6,9 \text{ л/с} \quad (1.20)$$

### 1.3.3. Витрата води на душ на підприємстві

Кількість працюючих, що користуються душами, встановлюється для кожного підприємства з дотриманням санітарних норм проектування промислових підприємств. На машинобудівельному заводі кількість працюючих, що користуються душами, становить 30% від загальної кількості працюючих, тобто 1500 робітників, з розподілом по цехах:

у холодних цехах 5% - 250 робітників,

у гарячих цехах 25% - 1250 робітників.

У максимальну зміну, з кількістю 2600 працюючих, душем користується 30%, тобто 780 робітників:

у холодних цехах 5% - 130 робітників,

у гарячих цехах 25% - 650 робітників.

За нормами користування душем користуються протягом 45 хв. після закінчення кожної зміни, а тому максимальна годинна витрата води на душі становить:

$$Q_{\max}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.21)$$

$$\text{де } Q_{\text{зм}} = (0,06 \cdot n_{\text{г}} + 0,04 \cdot n_{\text{х}}), \text{ м}^3; \quad (1.22)$$

0,06 і 0,04 - відповідно норми витрати на один душ у гарячих і холодних цехах.

$$Q_{\text{зм}} = 0,06 \cdot 650 + 0,04 \cdot 130 = 44,2 \text{ м}^3.$$

$$Q_{\max}^{\text{год}} = \frac{44,2}{0,75} = 58,93 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Максимальна секундна витрата води:

$$Q_{\max}^{\text{с}} = \frac{Q_{\max}^{\text{год}}}{3,6} = \frac{58,93}{3,6} = 16,37 \text{ л/с}. \quad (1.23)$$

Результати розрахунків по витратах води для промислових підприємств зведені до таблиці 1.2.

**Таблиця 1.2 – Витрата води для промислових підприємств**

	Характер витрат води	$Q_{\max}^{\text{доб}}$ , м <sup>3</sup> /доб	$Q_{\text{ср}}^{\text{год}}$ , м <sup>3</sup> /го д	$Q_{\max}^{\text{год}}$ , м <sup>3</sup> /доб	$Q_{\max}^{\text{с}}$ , л/с
1	Господарсько- питні потреби підприємства		8,13	32,91	9,14
2	Витрати води на душі			58,93	16,37
3	Витрати води на виробничі потреби	600		25	6,9
	<b>РАЗОМ:</b>			<b>116,84</b>	<b>32,41</b>

Доцільно скласти зведену таблицю витрат води, куди вносяться всі витрати за категоріями споживачів (табл.1.3).

**Таблиця 1.3 – Зведена таблиця витрат води**

Характер витрати води	$Q_{\max}^{доб}$ , м³/доб	$Q_{ср}^{год}$ , м³/год	$Q_{\max}^{год}$ , м³/доб	$Q_{\max}^c$ , л/с
Господарсько-питні потреби населення	15095,5	628,98	950,52	264,03
Комунальні потреби міста	106,74	4,4	19,8	5,5
Витрата води на підприємстві			116,84	32,41
Невраховані витрати ( 5-10% від господарсько-питних витрат)	754,8	31,4	47,53	13,2
<b>РАЗОМ:</b>			<b>1134,6</b>	<b>315,14</b>

#### 1.4. Трасування водопровідної мережі

На генеральному плані виконують трасування водопровідної мережі. При проектуванні (трасуванні) мережі необхідно керуватися наступними положеннями:

- Для забезпечення надійності та безперебійності постачання споживачів мережа повинна бути кільцевою;
- Кожна водопровідна мережа складається з магістральних і розподільчих ліній;
- Магістралі проектують у напрямку руху основних мас води;
- Основні транзитні магістральні лінії з'єднують перемичками також магістрального значення, у результаті утворюється кільцева мережа;
- Довжина розрахункових ділянок кілець магістральної мережі перебуває в межах від 400 до 1000 м;
- Магістральні лінії не рекомендується трасувати по периметру забудови, вони будуть недостатньо завантажені.

Вузлові точки мережі нумеруються, проставляються довжини кожної ділянки між вузловими точками, а також визначається місце зосередженої витрати води – підприємство. На схемі вказують витрати води, напрямок потоку по кільцях (рис. 1.2).

При розрахунку передбачається, що водоразбір з мережі на господарсько-питні потреби відбувається рівномірно за довжиною трубопроводу, виключенням є лише зосереджені витрати (підприємство).

Визначаємо питому витрату води за формулою:

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q - q_{\text{зосер}}}{\sum l}, \text{ л/с}\cdot\text{м} \quad (1.24)$$

де  $Q$  - загальна секундна витрата води в населеному пункті, л/с;

$q_{\text{зосер}}$  - витрата води на підприємстві (згідно даних таблиці 1.2), л/с;

$\sum l$  - сумарна довжина ділянок магістральної мережі, м.

$$q_{\text{пит}} = \frac{315,14 - 32,41}{6865} = 0,0412 \text{ л/с}\cdot\text{м}$$

Для кожної ділянки магістральної мережі визначаємо шляхові витрати за формулою:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{шт}} \cdot l, \text{ л/с} \cdot \text{м} \quad (1.25)$$

де  $q_{\text{шт}}$  - питома витрата, л/с·м;

$l$  - розрахункова довжина ділянки мережі, м.

Згідно схеми 1.1.

$$\begin{aligned} l_{1-2} &= 800 \text{ м} & Q_{\Pi}^{1-2} &= 0,0412 \cdot 800 = 32,91 \text{ л/с}; \\ l_{2-3} &= 995 \text{ м} & Q_{\Pi}^{2-3} &= 0,0412 \cdot 995 = 40,98 \text{ л/с}; \\ l_{3-4} &= 845 \text{ м} & Q_{\Pi}^{3-4} &= 0,0412 \cdot 845 = 34,82 \text{ л/с}; \\ l_{4-5} &= 1050 \text{ м} & Q_{\Pi}^{4-5} &= 0,0412 \cdot 1050 = 43,21 \text{ л/с}; \\ l_{5-6} &= 860 \text{ м} & Q_{\Pi}^{5-6} &= 0,0412 \cdot 860 = 35,43 \text{ л/с}; \\ l_{6-1} &= 1115 \text{ м} & Q_{\Pi}^{6-1} &= 0,0412 \cdot 1115 = 45,97 \text{ л/с}; \\ l_{3-6} &= 1200 \text{ м} & Q_{\Pi}^{3-6} &= 0,0412 \cdot 1200 = 49,41 \text{ л/с}; \\ \sum l &= 6865 \text{ м} & \Sigma Q_n &= 282,73 \text{ л/с}; \end{aligned}$$

$$\Sigma Q_n = 282,73 \text{ л/с, що дорівнює } Q_{\text{зосер}} = 282,73 \text{ л/с}$$

Таким чином, сума шляхових витрат всіх розрахункових ділянок мережі повинна дорівнювати повній секундній витраті води для населення міста.

На підставі значень шляхових витрат визначають вузлові витрати в розрахункових точках мережі. Отже, вузлова зосереджена витрата в кожному вузлі мережі дорівнюється напівсумі шляхових витрат всіх ділянок мережі, що приймають до даного вузла.

Обчислені шляхові витрати води окремих ділянок заміняємо вузловими витратами за формулою:

$$Q_{\text{вузл}} = 0,5 \sum Q_{\text{шл}}, \text{ л/с}, \quad (1.26)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{вузл}}^1 &= \frac{Q_{\text{шл}}(1-2) + Q_{\text{шл}}(6-1)}{2} = \frac{32,91 + 45,97}{2} = 39,53 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^2 &= \frac{Q_{\text{шл}}(1-2) + Q_{\text{шл}}(2-3)}{2} = \frac{32,91 + 40,98}{2} = 36,90 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^3 &= \frac{Q_{\text{шл}}(2-3) + Q_{\text{шл}}(3-4) + Q_{\text{шл}}(3-6)}{2} = \frac{40,98 + 34,82 + 49,41}{2} = 62,55 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^4 &= \frac{Q_{\text{шл}}(3-4) + Q_{\text{шл}}(4-5)}{2} = \frac{34,82 + 43,21}{2} = 39,02 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^5 &= \frac{Q_{\text{шл}}(4-5) + Q_{\text{шл}}(5-6)}{2} = \frac{43,21 + 35,43}{2} = 39,42 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^6 &= \frac{Q_{\text{шл}}(5-6) + Q_{\text{шл}}(3-6) + Q_{\text{шл}}(6-1)}{2} = \frac{35,43 + 49,41 + 45,97}{2} = 65,31 \text{ л/с}; \\ \sum Q_{\text{вузл}} &= 282,73 \text{ л/с}. \end{aligned}$$

## 1.5. Гідравлічний розрахунок кільцевої водогінної мережі

### 1.5.1. Підготовка мережі до розрахунку

Обчислені шляхові та вузлові витрати виписуємо на розрахункову схему (рис. 1.2). На розрахунковій схемі вказуємо стрілками напрямки руху води, з метою подачі її по найкоротшій відстані до найбільш віддалених точок мережі, а потім попередньо намічаємо кількість води, що повинна пропустити кожна розрахункова ділянка магістральної мережі.

За розрахункову ділянку приймають ділянку магістральної лінії між вузовими точками 1-2, 2-3, 3-4 і т. п. Розподіл розрахункових витрат виконується з дотриманням наступних правил:

- розподіл розрахункових витрат починається від диктуючої точки, мережі (найбільше несприятливо розташована точка мережі - у розглянутому прикладі т.4);

- визначення розрахункової витрати проводять з урахуванням одного із законів Кірхгофа  $\sum q = 0$ , що характеризує баланс витрат води у вузлі: алгебраїчна сума витрат у вузлі дорівнює нулю, тобто сума витрат, що надходять до вузла дорівнює сумі витрат, що відходять від вузла.

Таким чином, на розрахункову схему треба нанести:

1. вузлові витрати  $Q_{вузл}$ ;
2. довжини розрахункових ділянок  $l$ ;
3. зосереджені витрати окремих великих споживачів  $q_{зосер}$ ;
4. попередньо намічені розрахункові витрати  $Q_{роз}$ ;
5. загальна витрата, що подається в мережу  $Q_{заг}$ .

В основі гідравлічного розрахунку кільцевої водогінної мережі покладено два закони руху води:

- перший закон: встановлює залежність витрат, що надходять до вузла та ідуть від нього. Відповідно до цього закону алгебраїчна сума витрат у кожному вузлі дорівнює нулю  $\sum q = 0$ ,

де  $\sum q$  - сума вузових та зосереджених в ньому витрат;

- другий закон: встановлює залежність між втратами напору в кожному замкнутому контурі. Відповідно до цього закону алгебраїчна сума втрат напору в кожному замкнутому контурі мережі дорівнює нулю  $\sum h = 0$ .

При виконанні гідравлічного розрахунку допускається нев'язання втрат напору  $\Delta h \leq \pm 0,5$ .

По намічених наближених розрахункових витратах кожної ділянки, користуючись таблицями Шевельова Ф.А. підбирається діаметр ділянок мережі та швидкість руху води на ньому. Питомий опір труб знаходимо за таблицею 1.4.

Маючи для кожної ділянки довжину  $l$ , питомий опір  $\alpha$  і поправочний коефіцієнт  $k$  знаходимо опір розрахункової лінії

$$S = A \cdot k \cdot l. \quad (1.27)$$

Поправочний коефіцієнт  $k$  до значень  $A$  для нових чавунних труб обирається згідно таблиці 1.5 шляхом інтерполяції.

**Таблиця 1.4** – Питомий опір труб

$D, \text{мм}$	Величина питомого опору $A$ для $q, \text{л/с}$	$D, \text{мм}$	Величина питомого опору $A$ для $q, \text{л/с}$
50	$13360 \cdot 10^{-6}$	450	$0,119 \cdot 10^{-6}$
80	$1044 \cdot 10^{-6}$	500	$0,068 \cdot 10^{-6}$
100	$399 \cdot 10^{-6}$	600	$0,026 \cdot 10^{-6}$
125	$103,5 \cdot 10^{-6}$	700	$0,012 \cdot 10^{-6}$
150	$39,54 \cdot 10^{-6}$	800	$0,0057 \cdot 10^{-6}$
200	$8,608 \cdot 10^{-6}$	900	$0,0031 \cdot 10^{-6}$
250	$2,638 \cdot 10^{-6}$	1000	$0,0018 \cdot 10^{-6}$
300	$0,986 \cdot 10^{-6}$	1100	$0,001048 \cdot 10^{-6}$
350	$0,437 \cdot 10^{-6}$	1200	$0,00066 \cdot 10^{-6}$
400	$0,219 \cdot 10^{-6}$		

**Таблиця 1.5** – Поправочний коефіцієнт  $k$  до значень  $A$  для нових чавунних труб.

$v, \text{м/с}$	Значення $k$	$v, \text{м/с}$	Значення $k$
0,50	1,163	1,3	0,951
0,55	1,138	1,4	0,938
0,60	1,115	1,5	0,927
0,65	1,096	1,6	0,917
0,70	1,078	1,7	0,907
0,75	1,062	1,8	0,899
0,80	1,047	1,9	0,891
0,85	1,034	2,0	0,884
0,90	1,021	2,1	0,878
1,0	1,0	2,2	0,871
1,1	0,988	2,3	0,866
1,2	0,965	2,4	0,861

Втрати напору на кожній ділянці визначаються за формулою:

$$h = S \cdot q^2. \quad (1.28)$$

Знак втрат напору визначається за наступним правилом:

- якщо напрямок руху води на ділянці збігається з ходом годинникової стрілки, то втрати напору приймаються зі знаком «+»;
- якщо напрямок руху води на ділянці не збігається з ходом годинникової стрілки, то втрати напору приймаються зі знаком «-»;

Сумарні втрати напору в замкнутому контурі (кільці) одержуємо шляхом алгебраїчного підсумовування всіх втрат напору в ньому. Зазвичай намічений попередній розподіл витрат кільцевої мережі невірний, тому в кожному

кільці мережі сума втрат напору не задовольняє задану точність  $\Delta h = \pm 0,5$ , тому необхідно зробити перерозподіл раніше намічених витрат. Для цього знадобиться виконати проміжні обчислення:

- шляхом арифметичного підсумовування визначаємо для кожного кільця  $\Sigma SQ$ .

Для ув'язування мережі запропоновано багато способів, з яких широке застосування одержав метод В. Г. Лобачева - Х. Кросу за яким:

$$\Delta q = -\frac{\pm \Delta h}{2 \sum S \cdot Q}, \quad (1.29)$$

де  $\Delta h$  - нев'язання кільця;

$S$  - опір ділянки;

$Q$  - розрахункова витрата ділянки.

Отримане значення  $\Delta q$  вказує на напрямок поправочної витрати в кільці:

- якщо  $+\Delta q$ , то поправочна витрата направляється за годинниковою стрілкою;
- якщо  $-\Delta q$ , то поправочна витрата направляється проти годинникової стрілки.

Потім порівнюємо напрямок руху води на ділянці та напрямок поправочної витрати:

- якщо їхній напрямок збігається, то одержуємо значення поправочної витрати на цій ділянці зі знаком «+»;
- якщо напрямку витрат не збігається, то на цій ділянці знак «-».

Розрахунок проводимо доти, доки у всіх кільцях не досягається задана точність нев'язки втрат напору, тобто  $\Delta h \leq \pm 0,5$ . Якщо хоча б в одному з кілець  $\Delta h$  вище заданої величини – необхідно виконати перерозподіл витрат у всіх кільцях.

Розрахунок мережі проводять в табличній формі (табл.1.6).

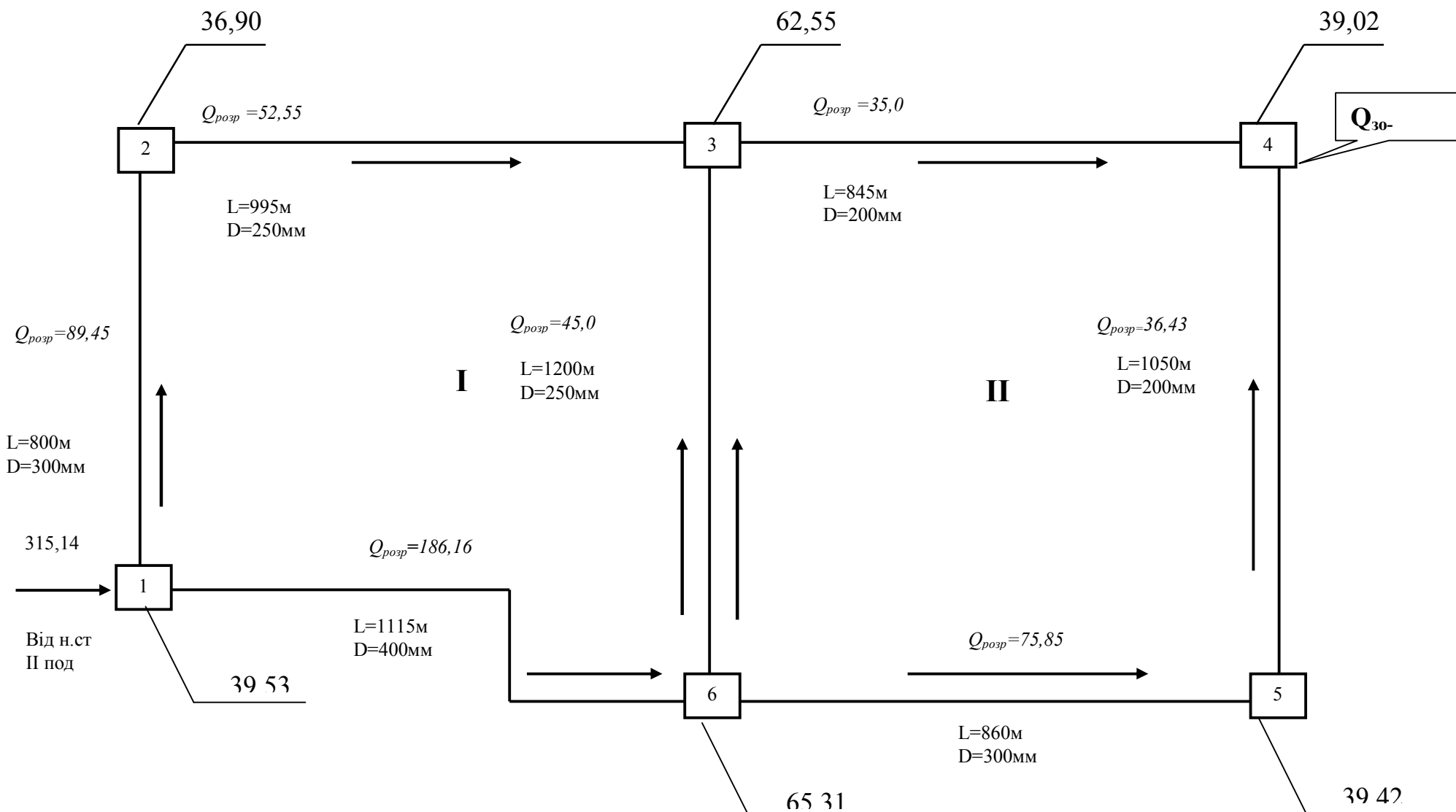


Рисунок 1.2 – Схема розрахунку водогінної мережі



Таблиця 1.6 – Гідравлічний розрахунок мережі за методом В.Г.Лобачева – Х. Кросу

№ кільця	№ діл.	Довжина діл. $l$ , м	Діаметр $D$ , мм	Питомий опір $A \cdot 10^{-6}$	Попередній розподіл витрат						1 виправлення			
					$q$ , л/с	$v$ , м/с	$k$	$S = A \cdot k \cdot l \cdot 10^{-3}$	$h = \frac{S \cdot q^2}{1000}$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$	$\Delta q$ , л/с	$q$ , л/с	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1-2	800	300	0,986	89,45	1,24	0,959	0,7565	+6,05	67,67	+1,48	90,93	+6,25	68,79
	2-3	995	250	2,638	52,55	1,05	0,994	2,6091	+7,21	137,11	+1,48	54,03	+7,62	140,97
	3-6	1200	250	2,638	45,00	0,90	1,021	3,2321	-6,55	145,44	-1,48-2,19	41,33	-5,52	133,58
	6-1	1115	400	0,219	186,16	1,47	0,930	0,2271	-7,87	42,28	-1,48	184,68	-7,75	41,94
									-1,16	392,50			+0,60	385,28
		$\Delta h = -1,16 \quad \sum S \cdot q = 392,50 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_1 = -\frac{-1,16}{2 \cdot 392,5 \cdot 10^{-3}} = +1,48$									$\Delta h = +0,60 \quad \sum S \cdot q = 385,28 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_1 = -\frac{+0,60}{2 \cdot 385,28 \cdot 10^{-3}} = -0,79$			
II	3-4	1200	200	8,608	35,00	1,09	0,990	10,2263	+12,53	357,92	-2,19	32,81	+11,09	335,52
	4-5	845	200	8,608	36,43	1,13	0,981	7,1356	-9,47	259,95	+2,19	38,62	-10,64	275,58
	5-6	1050	300	0,986	75,85	1,04	0,995	1,0301	-5,93	78,13	+2,19	78,04	-6,27	80,39
	6-3	1200	250	2,638	45,00	0,90	1,021	3,2321	+6,55	145,44	-2,19-1,48	41,33	+5,52	133,58
									+3,68	841,44				825,07
		$\Delta h = +3,68 \quad \sum S \cdot q = 841,44 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_2 = -\frac{+3,68}{2 \cdot 841 \cdot 10^{-3}} = -2,19$									$\Delta h = -0,30 \quad \sum S \cdot q = 825,07 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_2 = -\frac{-0,30}{2 \cdot 825,07 \cdot 10^{-3}} = +0,18$			

Продовження таблиці 1.6.

№ кільця	№ діл.	II виправлення				III виправлення				IV виправлення			
		$\Delta q$ , л/с	$q$ , л/с	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$	$\Delta q$ , л/с	$q$ , л/с	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$	$\Delta q$ , л/с	$q$ , л/с	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
I	1-2	-0,79	90,14	+6,15	68,19	+0,05	90,19	+6,15	68,23	-0,43	89,76	+6,10	
	2-3	-0,79	53,24	+7,40	138,91	+0,05	53,29	+7,41	139,04	-0,43	52,86	+7,29	
	3-6	+0,79+0,18	42,30	-5,78	136,72	-0,05-1,30	40,95	-5,42	132,35	+0,43+1,24	42,62	-5,87	
	6-1	+0,79	185,47	-7,81	42,12	-0,05	185,42	-7,81	42,11	+0,43	185,85	-7,84	
				-0,04	385,94			+0,33	381,73			-0,32	
		$\Delta h = -0,04 \quad \sum S \cdot q = 385,94 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_1 = -\frac{-0,04}{2 \cdot 385,94 \cdot 10^{-3}} = +0,05$				$\Delta h = +0,33 \quad \sum S \cdot q = 381,73 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_1 = -\frac{+0,33}{2 \cdot 381,73 \cdot 10^{-3}} = -0,43$				$\Delta h = -0,32$			
II	3-4	+0,18	32,99	+11,13	337,37	-1,30	31,69	+10,27	324,07	+1,24	32,93	+11,09	
	4-5	-0,18	38,44	-10,54	274,29	+1,30	39,74	-11,27	283,57	-1,24	38,50	-10,58	
	5-6	-0,18	77,86	-6,24	80,20	+1,30	79,16	-6,45	81,54	-1,24	77,92	-6,25	
	6-3	+0,18+0,79	42,30	+7,81	136,72	-1,30-0,05	40,95	+5,42	132,35	+1,24+0,43	42,62	+5,87	
				+2,16	828,58			-2,03	821,53			+0,13	
		$\Delta h = +2,16 \quad \sum S \cdot q = 828,58 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_2 = -\frac{+2,16}{2 \cdot 828,58 \cdot 10^{-3}} = -1,30$				$\Delta h = -2,03 \quad \sum S \cdot q = 821,53 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_2 = -\frac{-2,03}{2 \cdot 821,53 \cdot 10^{-3}} = +1,24$				$\Delta h = +0,13$			

### 1.6. Побудова лінії п'єзометричного тиску

У будь-якій точці зовнішньої водогінної мережі напір повинен бути достатнім для того, щоб вода під його дією могла надходити до найбільш віддаленого водорозбірного приладу.

П'єзометричну лінію будують виходячи з величини напору в характерних вузлових точках, тому п'єзометрична лінія являє собою максимальну лінію. При побудові п'єзометричної лінії виходять із умови, що в диктуючій точці найбільш віддаленої від джерел, напір повинен бути не нижче нормативного.

Величину необхідного вільного напору в мережі водопроводу населених місць обчислюють виходячи з наступних умов: 10 м приймається на перший поверх і по 4 м на кожний наступний:

$$H_{\text{вільн}} = 10 + 4(n - 1), \quad (1.30)$$

де  $n$  - кількість поверхів.

Побудову п'єзометричної лінії починаємо з вибору на генплані диктуючої точки, вільний напір якої дорівнює прийнятому залежно від поверховості забудови.

Таким чином, тиск на початку мережі, приймаючи поверховість – 6 поверхів, знаходимо:

$$H_{\text{вільн}} = 10 + 4(6 - 1) = 30 \text{ м}$$

П'єзометричну позначку для першої точки (т.4) знаходять сумуючи відповідну позначку землі та вільного напору в даній точці:

$$П = z + H_{\text{вільн}} \quad (1.31)$$

П'єзометрична позначка кожної наступної точки дорівнює п'єзометричній позначці попередньої точки плюс втрати напору на ділянці між цими вузловими точками:

$$П = П_{n-1} + h \quad (1.32)$$

Вільний напір наступної точки дорівнює п'єзометричній позначці мінус позначка поверхні землі:

$$H_{\text{вільн}} = П_{n-1} - z \quad (1.33)$$

Далі наведені розрахунки, пов'язані з побудовою лінії п'єзометричного тиску, які в підсумку зводимо до таблиці 1.8.

$$П_4 = 107,5 + 30 = 137,5 \text{ м}$$

$$П_3 = 137,5 + 11,09 = 148,59 \text{ м}$$

$$H_3 = 148,59 - 106,0 = 42,59 \text{ м}$$

$$П_2 = 148,59 + 7,29 = 155,88 \text{ м}$$

$$H_2 = 155,88 - 107,0 = 48,88 \text{ м}$$

$$П_1 = 155,88 + 6,10 = 161,98 \text{ м}$$

$$H_1 = 161,98 - 104,5 = 57,48 \text{ м}$$

На підставі розрахунків будуємо лінії п'єзометричного тиску (рис. 1.3.)

**Таблиця 1.7 – Розрахункові дані для побудови лінії п'єзометричного тиску**

№ крапок	№ Ділянки	Довжина ділянки, м.	Втрати напору, м	Вільний напір, м	Позначка поверхні землі	П'єзометричні позначки
4				30	107,5	137,5
3	3-4	845	11,09	42,59	106,0	148,59
2	2-3	995	7,29	48,88	107,0	155,88
1	1-2	800	6,10	57,48	104,5	161,98

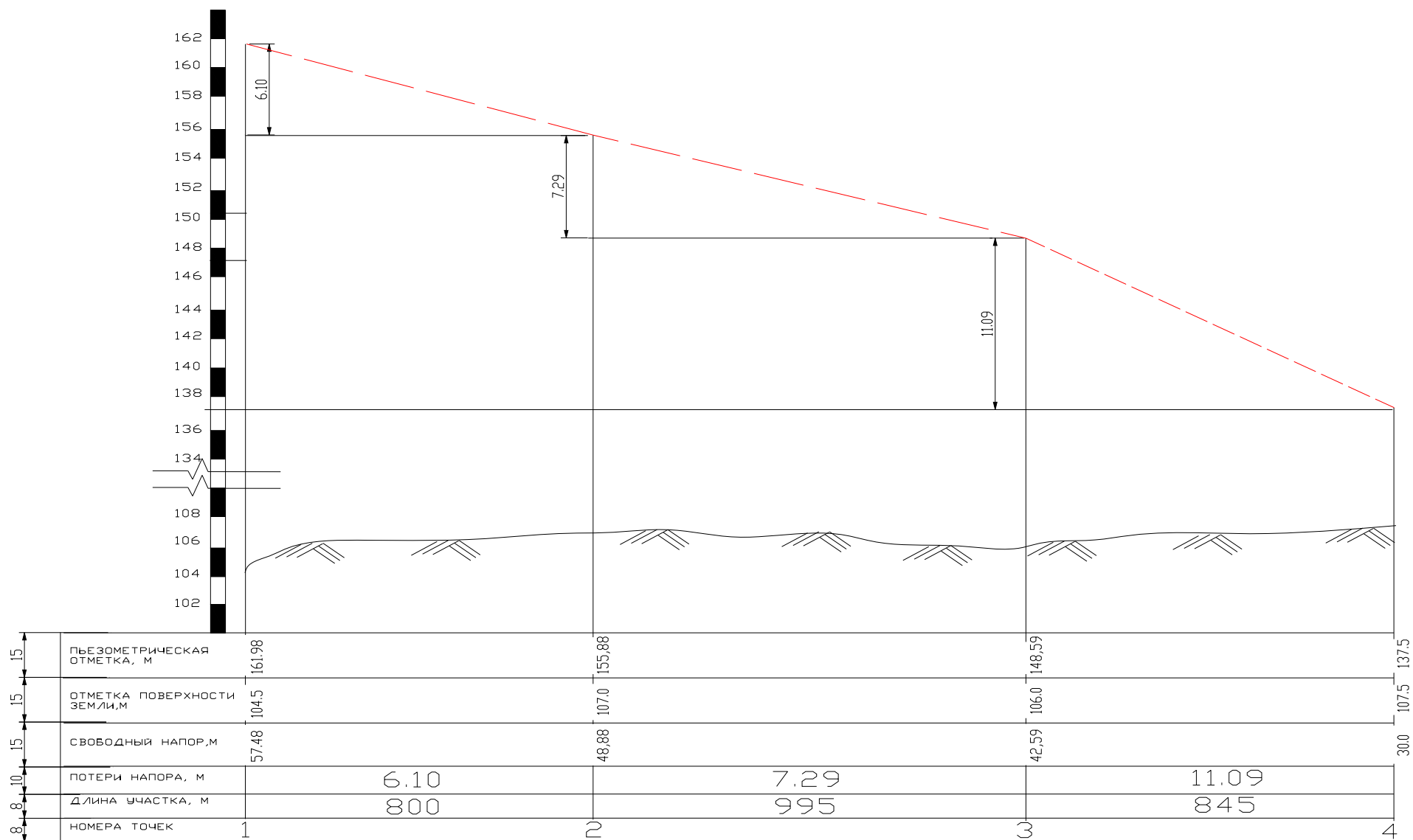


Рисунок 1.3. – Лінія п'єзометричного тиску

# Додаток 1

№. варіанта	Норма водоспоживання л/доб	Питомі витрата води, м³/т	Продуктивність підприємства, т	Кількість працюючих, роб.	Кількість працюючих у макс. зміну, роб	Довжина ,м								Поверховість		
						№ кі-лця	Номер ділянки				№ кілць	Номер ділянки				
							1-2	2-3	3-6	1-6		3-4	4-5		5-6	3-6
1	450	5,5	226	5200	3800	I	800	995	1200	1115	II	845	1050	860	1200	6
2	400	5,7	325	6500	4200		750	990	1100	1110		800	1000	850	1100	7
3	350	4,8	123	4250	3500		820	950	1150	1100		850	1100	800	1150	4
4	300	2,3	546	7500	5900		815	970	1300	1118		855	1025	810	1300	5
5	320	8,0	123	5100	3500		810	985	1350	1150		825	1020	825	1350	8
6	315	5,7	265	6300	4200		760	980	1220	1250		830	1100	795	1220	9
7	250	4,5	426	5300	2800		780	992	1200	1100		840	1000	815	1200	7
8	325	5,2	362	4500	2790		805	975	1250	1130		835	1030	805	1250	6
9	400	3,0	450	6500	4100		790	920	1240	1110		808	1010	845	1240	5
10	420	4,7	120	2600	1750		770	960	1225	1150		822	1110	820	1125	7
11	415	8,0	235	7800	5800		775	950	1105	1125		845	1015	835	1105	4
12	425	7,8	532	6900	3600		810	930	1245	1111		810	1040	810	1245	8
13	430	5,4	632	5890	3250		850	920	1205	1115		855	1035	850	1205	7
14	340	5,5	420	4560	2360		760	925	1235	1108		815	1020	840	1235	9
15	360	6,2	520	3590	1980		815	965	1105	1140		820	1045	870	1105	6
16	380	4,7	450	4780	2560		810	995	1220	1100		810	1090	825	1220	5
17	370	4,6	625	6300	3800		765	960	1240	1120		850	1100	830	1240	4
18	280	9,0	540	9630	5625		790	935	1200	1130		840	1050	850	1200	8
19	360	5,6	460	8750	4890		830	965	1210	1150		855	1110	840	1210	7
20	350	7,8	480	4500	3100		860	980	1300	1005		835	1095	870	1300	9
21	410	5,6	475	6500	2780		805	960	1270	1105		845	1035	880	1270	8
22	425	4,5	520	4250	2600		820	955	1310	1000		860	1070	865	1310	5
23	325	4,9	350	5600	3210		835	975	1300	1190		650	1055	840	1300	7
24	415	3,6	480	8900	4850		795	950	1320	1180		820	1060	855	1320	6
25	475	8,7	250	7850	3870		800	985	1305	1200		835	1000	860	1305	9

*Додаток 1*

№ кв	Площі кварталів, га																								
	№ варіанта																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1,08	6,68	5,13	7,38	6,95	5,99	6,03	6,95	7,12	7,23	8,21	6,23	5,92	6,03	6,05	6,15	6,23	6,91	7,02	7,15	8,02	7,12	8,31	6,12	7,21
2	3,36	3,78	4,92	3,81	4,71	4,83	5,21	4,02	5,11	3,87	4,85	4,18	4,22	3,99	5,13	3,53	4,92	5,05	4,33	5,03	5,17	4,95	4,71	4,21	4,81
3	2,80	5,94	3,97	6,12	6,02	6,15	5,98	4,87	6,15	3,45	6,25	4,96	6,18	5,96	7,15	7,22	6,21	7,93	5,35	8,01	6,33	6,20	5,33	5,87	6,18
4	3,30	5,53	4,28	6,51	6,19	5,89	5,93	6,18	5,87	6,23	6,47	6,17	6,51	6,22	6,28	6,19	6,18	6,31	6,15	5,93	5,87	6,18	6,01	5,92	6,20
5	4,56	2,70	3,21	3,15	2,17	1,99	2,15	1,29	1,37	1,93	1,42	3,18	3,03	2,38	1,57	2,15	2,22	2,65	3,05	2,98	2,38	2,34	1,33	1,19	2,81
6	3,30	6,53	6,17	5,84	6,22	5,71	5,19	5,72	5,55	6,15	5,43	5,86	5,36	5,85	6,17	5,98	5,73	5,34	5,75	6,18	5,99	5,88	6,19	5,87	6,20
7	4,56	1,20	1,15	1,23	1,49	1,39	1,25	1,37	1,32	1,47	1,35	1,27	1,27	1,33	1,37	1,33	1,28	1,39	1,29	1,19	1,42	1,15	1,30	1,45	1,33
8	5,73	2,03	2,03	2,05	1,98	2,71	2,33	1,95	2,93	1,96	1,05	1,52	1,47	1,39	1,35	2,08	2,34	1,58	1,37	1,27	1,17	1,19	1,98	1,73	1,68
9	4,64	3,21	3,37	3,95	3,22	3,33	3,35	3,38	3,20	3,52	3,19	3,47	3,39	3,03	3,00	3,47	2,98	3,03	3,41	3,38	3,05	,301	3,43	3,09	3,45
10	4,46	2,51	2,83	2,83	2,92	2,63	2,38	2,39	2,33	2,42	2,68	2,33	2,51	2,48	2,68	2,71	2,53	2,63	2,55	2,78	2,79	2,57	4,53	2,78	2,83
11	5,71	3,63	3,18	3,51	3,34	3,61	3,63	3,43	3,68	3,29	3,31	3,35	3,58	3,29	3,55	3,18	3,20	3,31	3,17	3,32	3,15	3,18	3,38	3,21	3,36
12	4,93	4,28	4,51	4,48	4,41	4,55	4,42	4,57	4,84	4,59	1,37	4,58	4,28	4,61	4,63	4,32	4,71	4,67	4,33	4,72	4,29	4,80	4,35	4,58	4,31
13	3,20	3,72	3,31	2,38	3,59	3,51	3,47	3,57	3,99	3,81	3,82	3,78	3,79	3,32	3,73	3,96	3,68	3,75	3,36	3,71	3,83	3,39	3,42	3,41	3,43
14	2,23	4,37	4,91	5,28	5,26	4,44	4,38	4,98	4,72	5,23	1,55	5,01	4,68	4,83	5,02	4,85	4,57	3,01	5,15	5,03	4,59	5,17	5,15	4,61	5,19
15	5,51	5,68	5,66	5,65	6,51	5,21	5,35	6,68	5,67	5,78	6,15	6,12	6,18	6,17	5,61	5,38	6,20	5,55	5,92	6,25	6,13	6,01	6,71	6,03	5,93
16	7,37	4,25	4,64	4,27	4,26	4,19	4,27	4,15	4,28	4,31	4,63	4,45	4,61	4,33	4,68	4,62	4,55	5,26	4,19	4,61	4,93	5,15	4,59	5,21	4,58
17	4,97	4,51	4,18	4,20	4,35	4,68	4,73	4,26	4,63	4,71	4,45	4,69	4,28	4,31	4,58	1,48	1,72	1,65	4,31	4,81	4,74	4,37	4,79	4,80	4,39
18	6,38	5,68	5,67	5,60	5,69	5,55	5,53	5,58	5,70	5,72	5,20	5,01	5,18	5,87	5,21	5,75	5,83	5,17	5,81	5,79	5,80	5,70	5,81	5,63	5,68
19	6,00	4,92	7,81	4,90	4,87	4,19	4,63	4,88	4,83	4,20	4,68	4,19	4,33	4,53	4,85	4,58	4,63	4,59	4,65	4,63	4,87	4,70	,170	4,71	4,89
20	1,20	3,25	3,31	3,38	3,42	3,32	3,15	3,40	6,16	3,29	3,28	3,50	3,30	3,70	3,68	3,51	3,35	3,72	3,52	3,65	3,74	3,53	3,41	3,68	3,69
21	7,12	2,73	2,81	2,83	2,68	2,54	2,47	2,37	2,43	2,55	4,48	2,81	2,57	2,35	2,57	2,33	2,87	2,41	2,38	2,40	2,89	2,31	2,33	2,93	2,22
22	1,23	5,33	5,83	5,77	5,90	5,81	5,34	5,55	5,35	5,49	5,33	5,51	5,36	5,68	5,43	5,41	5,67	5,78	5,38	5,45	5,47	5,61	5,44	5,80	5,46
23	2,94	2,35	2,63	2,36	3,01	2,62	2,80	2,81	2,72	2,91	2,78	2,95	2,92	2,38	2,93	2,88	2,97	2,77	2,42	2,88	2,97	2,99	2,44	2,99	2,46
24	1,49	1,29	1,28	1,50	1,47	1,55	1,63	1,30	1,59	1,42	1,53	1,32	1,68	1,63	1,33	1,57	1,34	1,32	1,68	1,37	1,36	1,45	1,73	1,38	1,52
25	1,40	2,01	1,41	1,68	1,52	1,70	1,38	1,63	2,02	2,08	1,63	3,98	1,96	1,67	1,55	1,59	1,57	1,68	1,69	1,63	1,65	1,70	1,69	1,71	1,80
26	2,50	2,71	2,81	2,87	2,9	2,93	2,91	2,59	2,57	2,63	2,73	2,55	2,83	2,78	2,75	2,67	2,79	2,76	2,80	2,83	2,85	2,77	2,87	2,89	2,88
27	2,27	3,21	2,28	3,05	2,38	2,39	3,07	2,29	2,35	2,37	2,30	2,33	2,37	3,15	3,17	2,43	2,39	2,59	2,63	2,40	2,67	2,43	2,80	2,83	2,47
28	5,63	4,80	4,89	5,55	5,57	5,50	5,62	5,60	5,98	5,97	5,93	5,71	6,02	5,73	5,72	5,75	5,89	5,88	5,81	5,71	5,63	5,67	5,91	5,82	5,71
29	3,21	3,10	3,12	3,47	3,13	3,51	3,38	3,39	3,58	3,59	3,27	3,15	3,28	3,37	3,29	3,47	3,48	3,17	3,90	3,96	3,98	3,19	3,97	3,46	3,22

*Додаток 1*

№ кв	Площі кварталів, га																								
	№ варіанта																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
30	4,70	4,20	4,27	4,75	4,19	4,71	4,93	4,62	4,73	4,82	4,63	4,97	4,68	4,65	4,59	4,92	4,43	4,67	4,33	4,88	4,38	4,68	4,39	4,73	4,47
31	5,70	5,62	5,63	5,81	5,67	5,80	5,79	5,87	5,68	5,71	4,93	4,98	5,69	5,73	4,99	5,75	5,60	5,03	5,07	5,72	5,67	5,65	5,73	5,84	5,79
32	3,31	3,72	3,30	3,33	3,49	3,33	3,47	3,32	3,41	3,47	3,35	3,49	3,98	3,51	3,38	3,42	3,37	3,38	3,57	3,88	3,95	3,39	3,97	3,59	3,43
33	3,80	3,31	3,30	3,70	3,68	3,69	3,92	3,52	3,73	3,68	3,57	3,97	3,75	3,79	3,43	3,80	3,45	3,96	3,47	3,66	3,49	3,65	3,95	3,63	3,87
34	3,90	3,57	3,88	3,58	3,73	3,87	3,62	3,71	3,58	3,72	3,85	3,98	3,68	3,70	3,69	3,83	3,63	3,91	3,59	3,93	3,81	3,85	3,89	3,79	3,87
35	5,60	5,70	5,52	5,71	5,82	5,81	5,73	5,75	5,69	5,70	5,77	5,68	5,70	5,75	5,61	5,62	5,78	5,79	5,73	5,81	5,83	5,67	5,90	5,91	5,68
36	6,20	6,12	6,29	6,16	6,02	6,31	6,19	6,34	6,01	6,36	6,42	6,00	6,17	6,22	6,03	6,27	6,05	6,40	6,15	6,37	6,28	6,07	6,34	6,31	6,33
<i>P</i> , люд.	295	300	305	290	280	260	270	275	265	280	285	290	300	305	310	285	275	265	280	285	290	300	305	300	280



## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

### Змістовий модуль 2.1 Водоспоживання міста

#### Тема 2.1.1 Водоспоживання і його режими. Норми водоспоживання

Водоспоживання і його режими. Норми водоспоживання. Визначення сумарних розрахункових добових витрат води населених пунктів. Режим витрачання води на протязі доби.

##### **Контрольні питання з теми:**

1. Водоспоживання і його режими.
2. Норми водоспоживання.
3. Визначення сумарних розрахункових добових витрат води населених пунктів.
4. Зміна режиму витрачання води протягом доби.

#### Тема 2.1.2 Системи водопостачання і їх режим роботи. Загальні відомості про системи водопостачання

Класифікація систем водопостачання. Взаємозв'язок у роботі споруд системи подачі і розподілу води. Режим водоспоживання. Режим роботи водопроводу. Особливості роботи системи водопроводу с контррезервуаром. Визначення розрахункових добових витрат води. Визначення витрат води на комунальні потреби міста. Визначення витрат води на господарсько-питні потреби населення міста. Визначення витрат води для промислових підприємств. Витрати води на пожежогасіння. Витрати води на полив зелених насаджень та територій.

##### **Контрольні питання з теми:**

1. Класифікація систем водопостачання.
2. Взаємозв'язок у роботі споруд системи подачі і розподілу води. Режим водоспоживання.
3. Режим роботи водопроводу. Особливості роботи системи водопроводу с контр резервуаром.
4. Визначення розрахункових добових витрат води.
5. Визначення витрат води на комунальні потреби міста.
6. Визначення витрат води на господарсько-питні потреби населення міста.
7. Визначення витрат води для промислових підприємств.

#### Тема 2.1.3 Режим роботи системи водопостачання при пожежогасінні

Протипожежне водопостачання та його характеристики. Пожежне водоймище, пожежний пірс. Пожежний гідрант. Пожежна колонка. Пожежний кран-комплект Створення необхідного для пожежогасіння тиску води. Гідростатичний тиск у зовнішній водопровідній мережі. Протипожежні водопроводи низького тиску. Протипожежні водопроводах високого тиску. Максимальний гідростатичний тиск у мережах зовнішнього та внутрішнього господарчо-питного,

або господарчо-протипожежного водопроводів. Мережі зовнішнього водопроводу. Мережі внутрішнього водопроводу. Визначення витрат води на зовнішнє пожежогасіння. Визначення витрат води на внутрішнє пожежогасіння.

**Контрольні питання з теми:**

1. Протипожежне водопостачання та його характеристики.
2. Пожежне водоймище, пожежний пірс. Пожежний гідрант. Пожежна колонка. Пожежний кран-комплект.
3. Створення необхідного для пожежогасіння тиску води.
4. Протипожежні водопроводи низького та високого тиску.
5. Назвіть максимальний гідростатичний тиск у мережах зовнішнього та внутрішнього господарчо-питного, або господарчо-протипожежного водопроводів.
6. Трасування мережі зовнішнього та внутрішнього водопроводу.
7. Визначення витрат води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння.

**Тема 2.1.4** *Особливості проектування і розрахунку зонних систем водопостачання*

Галузь використання зонних водопроводів. Техніко-економічне обґрунтування зонування водопроводів. Зонування гравітаційних систем водопостачання. Особливості розрахунку зонних водопроводів. Схеми зонного водопостачання висотних будівель. Послідовна та паралельна схема подачі води. Проектування зонних схем водопостачання. Основні фактори, що впливають на вибір схеми зонування.

**Контрольні питання з теми:**

1. Назвіть галузь використання зонних водопроводів.
2. Обґрунтуйте зонування водопроводів.
3. Зонування гравітаційних систем водопостачання.
4. Наведіть особливості розрахунку зонних водопроводів.
5. Схеми зонного водопостачання висотних будівель.
6. Послідовна та паралельна схема подачі води.
7. Основні фактори, що впливають на вибір схеми зонування.

**Тема 2.1.5** *Конструкція водопровідної мережі. Водонапірні башти і резервуари*

Надземна, підземна наземна прокладка мережі. Види регулюючих і запасних ємностей. Пневматичні установки. Улаштування і обладнання водонапірних башт. Напірні і безнапірні резервуари.

**Контрольні питання з теми:**

1. Надземна, підземна наземна прокладка мережі.
2. Види регулюючих і запасних ємностей.
3. Призначення регулюючих і запасних ємностей.
4. Пневматичні установки.
5. Улаштування і обладнання водонапірних башт.

## 6. Напірні і безнапірні резервуари.

### **Змістовий модуль 2.2 Водопровідні мережі та споруди на них**

#### **Тема 2.2.1** *Основи проектування і розрахунок водопровідних мереж і водоводів. Трасування водопровідних мереж*

Типи водопровідних мереж. Задачі, які розв'язуються при проектуванні водопровідних мереж. Принципи трасування водопровідних мереж. Розрахункові випадки роботи водопровідних мереж, та схема розбору води з мережі. Послідовність проектування і гідравлічний розрахунок водопровідної мережі. Умови розміщення ліній водоводів та мереж. Визначення розрахункових витрат ділянок мережі. Визначення діаметрів ділянок і втрат напору в них.

##### **Контрольні питання з теми:**

1. Назвіть типи водопровідних мереж.
2. Задачі, які розв'язуються при проектуванні водопровідних мереж.
3. Назвіть основні принципи трасування водопровідних мереж.
4. Розрахункові випадки роботи водопровідних мереж, та схема розбору води з мережі.
5. Наведіть послідовність проектування і гідравлічний розрахунок водопровідної мережі.
6. Визначення розрахункових витрат ділянок мережі.
7. Визначення діаметрів ділянок і втрат напору в них.

#### **Тема 2.2.5** *Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж*

Мета гідравлічного розрахунку водопровідних мереж. Зосереджені витрати. Питомі витрати. Розрахункові схеми відбору води з окремих ділянок. Порядок розрахунку кільцевих водопровідних мереж. Суть ув'язки за методом проф. В. Г. Лобачова. Суть ув'язки за методом М. М. Андріяшева. Закони, що використовуються при розрахунках кільцевих мереж. Принципи гідравлічного розрахунку тупикових водопровідних мереж. Розрахунок простого відгалуження. Техніко-економічний розрахунок тупикової магістралі. Особливості розрахунку мереж з контррезервуарами, кількома водонапірними баштами і насосними станціями.

##### **Контрольні питання з теми:**

1. Визначення зосереджених та питомих витрат.
2. Наведіть порядок розрахунку кільцевих водопровідних мереж.
3. Охарактеризуйте суть ув'язки за методом проф. В. Г. Лобачова.
4. Охарактеризуйте суть ув'язки за методом М.М. Андріяшева.
5. Наведіть закони, що використовуються при розрахунках кільцевих мереж.
6. Основні принципи гідравлічного розрахунку тупикових водопровідних мереж. Розрахунок простого відгалуження.
7. Наведіть особливості розрахунку мереж з контррезервуарами, кількома водонапірними баштами і насосними станціями.

### **Тема 2.2.7 Матеріали та обладнання водопровідної мережі**

Глибина закладання водопровідної мережі й особливості прокладання. Вимоги до труб для водопровідних мереж. Способи прокладання труб. Чавунні труби і їх типи. Сталеві труби. Азбестоцементні труби. Залізобетонні труби. Пластмасові труби. Скляні труби. Обладнання і монтаж внутрішніх водопровідних мереж холодного і гарячого водопостачання. Вимірювання та облік витрат води. Водомірні вузли та лічильники, їх характеристики. Підбір лічильників води внутрішньої холодної водопровідної мережі.

#### **Контрольні питання з теми:**

1. Визначення глибини закладання водопровідної мережі, особливості прокладання.
2. Які ставляться вимоги до труб для водопровідних мереж.
3. Назвіть способи прокладання труб.
4. Чавунні труби і їх типи. Сталеві труби.
5. Залізобетонні труби. Пластмасові труби. Скляні труби.
6. Обладнання і монтаж внутрішніх водопровідних мереж холодного і гарячого водопостачання.
7. Вимірювання та облік витрат води.
8. Водомірні вузли та лічильники, їх характеристики.
9. Назвіть порядок підбору лічильників води.

### **Тема 2.2.6 Арматура та споруди на мережі**

Типи водопровідної арматури. Засувки з висувним і невисувним шпінделем; засувки з ручним керуванням; електрифіковані, з гідравлічним керуванням. Запірно-регулююча арматура. Водозабірні арматури запобіжні і зворотні клапани, вантузи для впуску і випуску повітря. Гасителі гідравлічних ударів. Запобіжна арматура. Контрольно-вимірювальна апаратура. Оглядовий колодязь. Водопровідні колодязі, їх конструкція і розміри. Упори на мережі. Переходи водопровідних ліній через річки, дороги та яри. Деталювання мережі.

#### **Контрольні питання з теми:**

1. Назвіть типи водопровідної арматури;
2. Охарактеризуйте принцип роботи засувки з висувним і невисувним шпінделем. Засувки з ручним керуванням; електрифіковані, з гідравлічним керуванням;
3. Назвіть запірно-регулюючу арматуру;
4. Охарактеризуйте основну водозабірну арматуру, запобіжні і зворотні клапани, вантузи для впуску і випуску повітря;
5. Охарактеризуйте основну запобіжну арматуру;
6. Охарактеризуйте основну контрольно-вимірювальну апаратуру;
7. Принцип роботи та призначення водопровідних колодязів, їх конструкція і розміри;
8. Упори на мережі. Переходи водопровідних ліній через річки, дороги та яри;

## 9. Основні принципи деталювання мережі.

**Тема 2.2.8** *Принципи техніко-економічного розрахунку водопровідної мережі. Досягнення науки та техніки в галузі розвитку проектування та устрою водопровідних мереж*

Стан водопровідних мереж України. Принципи техніко-економічного порівняння варіантів. Задачі техніко-економічного розрахунку. економічно найвигіднішого діаметру ділянки кільцевої мережі. Завдання, що вирішуються шляхом розрахунку систем подачі й розподілу води. Використання обчислювальної техніки для проведення розрахунків.

### **Контрольні питання з теми:**

1. Охарактеризуйте стан водопровідних мереж України.
2. Назвіть задачі техніко-економічного розрахунку економічно найвигіднішого діаметру ділянки кільцевої мережі.
3. Основні завдання, що вирішуються шляхом розрахунку систем подачі та розподілу води.
4. Використання обчислювальної техніки для проведення розрахунків.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5 - 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
2. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація Частина І проектування; Частина ІІ Будівництво. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Водопостачання та водовідведення» для студентів спеціальності 7.092101 «Промислове та цивільне будівництво» / [Уклад. : С. М. Епоян, С. В. Лукашенко, Г. М. Савво] – Харків : ХДТУБА, 2009. – 32 с.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Водопостачання та водовідведення» для студентів напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво» всіх форм навчання / [Уклад. : П. Г. Комащенко, В. В Савін]. – Кривий Ріг, 2012. – 36 с.
5. Труби, фасонні деталі, арматура та обладнання систем зовнішнього водопостачання і каналізації : довід. посіб. / І. В. Корінько, М. І. Колотило, А. Н. Колотило, Ю. В. Ярошенко. – Харків : Митець, 2004. – 480 с.
6. Фрог Б. Н. Водоподготовка : учебн. пособ. для вузов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 680 с.
7. Тугай А. М. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання / А. М. Тугай, В. О. Терновцев, Я. А. Тугай. – Київ : КНУБА, 2001. – 256 с.
8. Найманов А. Я. Водопостачання / А. Я. Найманов. – Донецьк : Норд-прес, 2004. – 649 с.
9. Тугай А. М. Водопостачання: Підручник для вузів / А. М. Тугай, В. О. Орлов. – Рівне : РДТУ, 2001. – 429 с.

## *Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
для проведення практичних занять, лабораторних робіт, виконання курсового  
проекту та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

### **«СПОРУДИ І ОБЛАДНАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ»**

Модуль 2 «Водопровідні мережі та споруди»

(для студентів 3 курсу всіх форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 –  
Будівництво (фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення»)).

Укладачі: **ДЕГТЯР** Марія Володимирівна  
**БЛАГОДАРНА** Галина Іванівна

Відповідальний за випуск *С. С. Душкін*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *М. В. Дегтяр*

План 2015, поз. 108 М

---

Підп. до друку 05.05.2016.	Формат 60× 84/16
Друк на ризографі.	Ум. друк. арк. 3,8
Зам. №	Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.