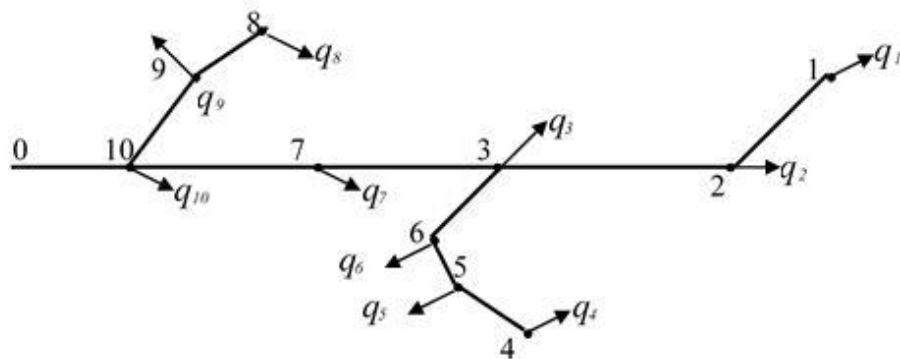


## Практичні заняття № 8-9

### Розрахунок розгалужених водопровідних мереж

**Мета занять:** набути вмінь з визначення розрахункових витрат на ділянках розгалуженої водопровідної мережі, навчитись визначати розрахункові параметри для комбінованих водопровідних мереж.

**Завдання № 8.1.** Визначити розрахункові витрати ділянок розгалуженої водопровідної мережі, яка показана на рис. 2.4.1.1.



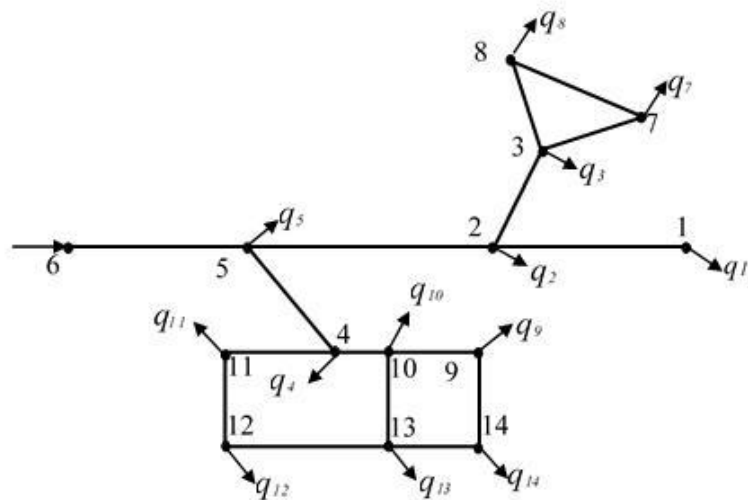
$q_1 \div q_{10}$  – вузлові витрати води

Рисунок – 2.4.1.1 Розрахункова схема водопровідної мережі до завдання 1

**Вихідні дані.** Вузлові витрати води  $q_1 \div q_{10}$  прийняти за таблицею А.6 в додатку А.

**Завдання № 8.2.** Визначити розрахункові витрати ділянок 1-2, 3-2, 2-5, 4-5, 5-6 комбінованої розгалуженої мережі, яка показана на рис. 2.4.1.2,

**Вихідні дані.** Чисельні величини вузлових витрат  $q_i$  прийняти за таблицею А.6 в додатку А.



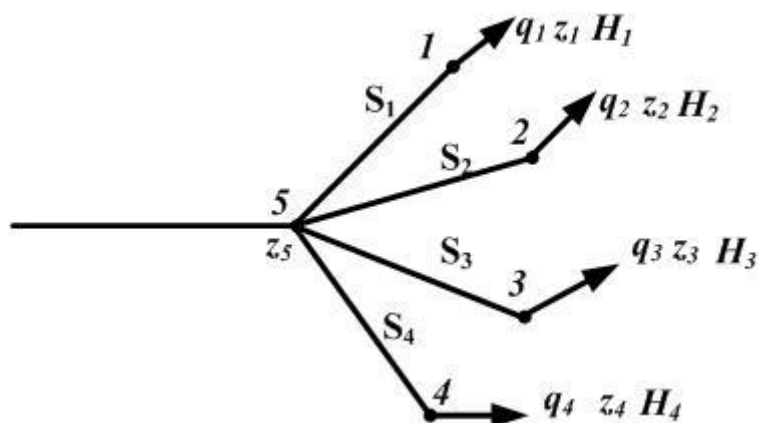
$q_1 \div q_{14}$  – вузлові витрати води

Рисунок 2.4.1.2 – Схема відбору води з вузлів мережі до завдання 8.2

**Завдання № 8.3.** Для розгалуженої водопровідної мережі, схема якої показана на рис. 2.4.1.3, визначити необхідний напір у вузлі 5.

**Вихідні дані.** Чисельні характеристики мережі прийняти за таблицею А.6

в додатку А.

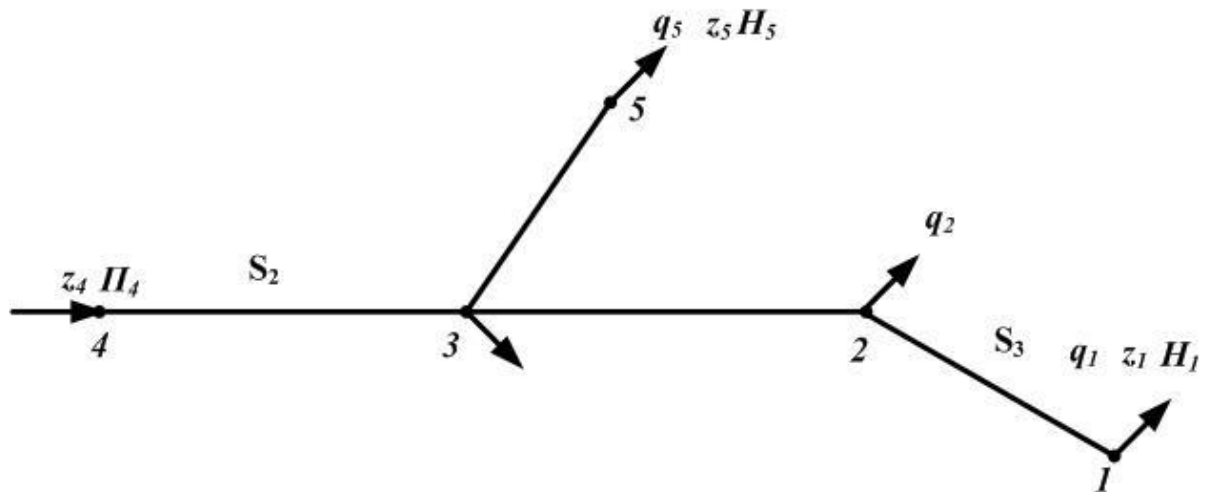


$q_1 \div q_4$  – вузлові витрати води;  $z_1 \div z_4$  – геодезичні позначки;  $H_1 \div H_4$  – вільні напори;  $S_1 \div S_4$  – опори ділянок

Рисунок 2.4.1.3 – Схема відбору води з вузлів мережі до завдання 3

**Завдання № 9.1.** Визначити допустимий повний опір ділянок 2-3 і 3-5 мережі, схема якої приведена на рис. 2.4.1.4.

**Вихідні дані.** Чисельні характеристики мережі прийняти за таблицею А.6 в додатку А.



$q_1 \div q_5$  – вузлові витрати води;  $z_1, z_4, z_5$  – геодезичні позначки;  $H_1, H_5$  – вільні напори;  $S_1 \div S_2$  – опори ділянок  $\Pi_4$  – п'єзометрична позначка у вузлі 4

Рисунок 2.4.1.4 – Схема відбору води з вузлів мережі до завдання 4

**Завдання № 9.2.** Визначити економічні діаметри для ділянок головної магістралі, якщо економічний фактор  $\Theta = 1$ , а інші умови – типові.

**Вихідні дані.** Результати рішення завдання № 8.1.

### Приклади рішення завдань

**До завдання № 8.1.** Вихідні дані:  $q_1 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_2 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_3 = 0,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_5 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_6 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_7 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_8 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_9 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{10} = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Рішення.** Виходячи з того, що алгебраїчна сума витрат в кожному вузлу дорівнює нулю [13], при послідовному переборі всіх вузлів отримаємо:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**До завдання № 8.2.** Вихідні дані:  $q_1 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_2 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_3 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_5 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_7 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_8 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_9 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{10} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{11} = q_1 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{12} = q_2 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{13} = q_3 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $q_{14} = q_4 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Рішення.** Керуючись міркуваннями, які викладені в попередньому завданні, знаходимо:

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

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

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

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

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

**До завдання № 8.3.** 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  $\text{м}^3/\text{с}$ ).

**Рішення.** Визначаємо напрямки руху води і витрати по ділянках мережі. З цією метою для вузлів 1, 2 і 3 необхідно скласти рівняння виду

$$\sum q_{\text{вузл.}} = 0. \quad (2.4.1.1)$$

Для вузла 1:

$$q_{0-1} - q_1 - q_{1-2} = 0. \quad (2.4.1.2)$$

тоді

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

з напрямком руху води від вузла 1 до вузла 2.

Для вузла 2:

$$q_{1-2} - q_2 + q_{2-3} = 0, \quad (2.4.1.3)$$

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

з напрямком руху води від вузла 3 до вузла 2.

Для вузла 3:

$$-q_{2-3} - q_3 + q_{н.ст.} = 0, \quad (2.4.1.4)$$

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

з подачею в вузол 3.

Напір насосної станції у вузлу 3 визначається залежністю

$$H_3 = P_3 - z_3, \quad (2.4.1.5)$$

де  $P_3$  – п'єзометрична позначка у вузлі № 3, яку можна визначити відносно вузла 1:

$$P_3 = P_1 - S_1 q_{1-2}^2 + S_2 q_{2-3}^2 = z_1 + H_1 - S_1 q_{1-2}^2 + S_2 q_{2-3}^2 \quad (2.4.1.6)$$

$$P_3 = 40 + 32 - 40 \times 0,1^2 + 10 \times 0,3 = 72,5 \text{ м}$$

Тоді напір насосної станції у вузлі 3 буде

$$H_3 = 72,5 - 30 = 42,5 \text{ м}$$

**До завдання № 9.1.** Вихідні дані:  $q_1=0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $H_1=16 \text{ м}$ ;  $Z_1=50 \text{ м}$ ;  $q_2=0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $S_3=40$ ;  $q_3=0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $q_5=0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $Z_5=30 \text{ м}$ ;  $H_5=32 \text{ м}$ ;  $S_2=20$ ;  $P_4=120 \text{ м}$ ;  $Z_4=50 \text{ м}$ . Повні опори дані для витрат в  $\text{м}^3/\text{с}$ .

**Рішення.** Визначити витрати води на окремих ділянках. На основі балансів витрат у вузлах отримуємо:

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

Розраховуються п'єзометричні позначки вузлів мережі:

$$P_1 = Z_1 + H_1 = 50 + 16 = 66 \text{ м},$$

$$P_2 = P_1 + S_3 q_{1-2}^2 = 66 + 40 \cdot 0,3^2 = 69,6 \text{ м};$$

$$P_3 = P_2 + S_{2-3} q_{2-3}^2 = P_4 - S_2 q_{4-3}^2 = 120 - 20 \cdot 1,2^2 = 91,2 \text{ м}.$$

Тоді втрати напору на ділянках 3-5 і 2-3:

$$h_{3-5} = P_3 - P_5 = P_3 - Z_5 - H_5 = 91,2 - 30 - 32 = 29,2 \text{ м},$$

$$h_{2-3} = P_3 - P_2 = P_3 - Z_2 - H_2 = 91,2 - 69,6 = 21,6 \text{ м}.$$

З урахуванням втрат напорів та витрат води на окремих ділянках визначаємо допустимі опори ділянок за формулою:

$$S_{i-k} = \frac{h_{i-k}}{q_{i-k}^2}. \quad (2.4.1.7)$$

Тоді

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

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

**До завдання № 9.2.** Вихідні дані за результатами рішення завдання задачі № 1: а) головна магістраль – лінія з вузлами 0–10–7–3–1; б) витрати на ділянках:  $q_{1-2}=0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $q_{2-3}=0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $q_{3-7}=1,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $q_{7-10}=2,0 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $q_{0-10}=2,8 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Рішення.** Економічний діаметр ділянки головної магістралі визначається за формулою:

$$D_e = \mathcal{E}^{0,14} \times Q^{0,14} \times Q_i^{0,28}, \quad (2.4.1.8)$$

де  $Q$  і  $Q_i$  – загальна витрата, яка надходить в магістраль, і витрата на  $i$ -й ділянці відповідно.

Тоді

$$D_{1-2} = \mathcal{E}^{0,14} \times Q^{0,14} \times Q_{1-2}^{0,28} = 1^{0,14} \times 2,8^{0,14} \times 0,1^{0,28} = 1 \times 1,155 \times 0,52 = 0,6 \text{ м},$$

$$D_{2-3} = \mathcal{E}^{0,14} \times Q^{0,14} \times Q_{2-3}^{0,28} = 1^{0,14} \times 2,8^{0,14} \times 0,3^{0,28} = 1 \times 1,155 \times 0,71 = 0,82 \text{ м},$$

$$D_{3-7} = \mathcal{E}^{0,14} \times Q^{0,14} \times Q_{3-7}^{0,28} = 1^{0,14} \times 2,8^{0,14} \times 0,6^{0,28} = 1 \times 1,155 \times 1,14 = 1,32 \text{ м},$$

$$D_{7-10} = \mathcal{E}^{0,14} \times Q^{0,14} \times Q_{7-10}^{0,28} = 1^{0,14} \times 2,8^{0,14} \times 2^{0,28} = 1 \times 1,155 \times 1,21 = 1,4 \text{ м},$$

$$D_{10-0} = \mathcal{E}^{0,14} \times Q^{0,14} \times Q_{10-0}^{0,28} = 1^{0,14} \times 2,8^{0,14} \times 2,8^{0,28} = 1 \times 1,155 \times 1,33 = 1,54 \text{ м}.$$

### Питання для самоконтролю

1. . Переваги та недоліки розгалужених водопровідних мереж.
2. . Чому розгалужені мережі мають низьку надійність?
3. . Чому розгалужені мережі мають меншу вартість, ніж кільцеві?
4. . Чому в розгалужених мережах частіше виникають гідравлічні удари, ніж у кільцевих?
5. . Від чого залежить діаметр водопровідної лінії?
6. . Як визначаються втрати напору по довжині у водопровідних лініях?

7. . Що таке питомий опір трубопроводу, як він визначається?
8. . Що таке повний опір ділянки мережі, як він визначається?
9. . Що таке питомі втрати напору, як вони визначаються?
10. Як визначити втрати напору на ділянці?