

Практичне заняття № 10

Аналіз функціонування розгалужених інженерних мереж

Мета заняття: набути вмінь з визначення економічних діаметрів для складних відгалужень водопровідної мережі, навчитись визначати розрахункові параметри для комбінованих водопровідних мереж.

Завдання № 10.1. За результатами рішення завдання № 8.1 визначити економічні діаметри для складних відгалужень. Побудувати залежності виду $D_i=f(H)$.

Вихідні дані. Економічний фактор $\Theta=1$, коефіцієнт опору по довжині $\lambda = 40 \cdot 10^{-3}$. Сумарні втрати напору H можуть приймати значення від 1 м до 20 м для кожного з відгалужень, довжини всіх ділянок однакові і дорівнюють 100 м кожна.

Завдання № 10.2. За результатами рішення завдань №8.1, №9.2 з попереднього практичного заняття та результатами рішення завдання №10.1 визначити п'єзометричні позначки у всіх вузлах.

Вихідні дані. Довжини ділянок однакові і дорівнюють 100 м, а район забудовано 5-и поверховими будинками. Позначки місцевості у всіх вузлах однакові $z_i = 50$ м, а сумарні втрати на кожному з відгалужень прийняти рівними 1 м.

Завдання № 10.3. За умовами завдання № 10.2 визначити, як зміняться п'єзометричні позначки увузлах, якщо у вузлу №8 необхідно забезпечити водою дев'яти поверхові будинки.

Приклади рішення завдань

До завдання № 10.1. Вихідні дані за результатами розв'язування завдання № 1 з попереднього заняття: а) складними відгалуженнями в мережі являються відгалуження з вузлами 8-9-10 і 4-5-6-3; б) витрати на ділянках: $q_{4-5}=0,1$ м³/с; $q_{5-6}=0,3$ м³/с; $q_{6-3}=0,6$ м³/с; $q_{8-9}=0,1$ м³/с; $q_{9-10}=0,3$ м³/с.

Рішення. Економічний діаметр ділянки складного відгалуження визначається за формулою:

$$D_e = \left(\frac{k}{H} \sum Q_i^{\frac{\alpha\beta}{\alpha+m}} \cdot l_i \right)^{\frac{1}{m}} \cdot Q_i^{\frac{\beta}{\alpha+m}}, \quad (2.4.2.1)$$

де k – коефіцієнт втрат напору, $k \approx 0,083\lambda$.

Для типових умов ($\alpha=1,8$; $m=5,34$; $\beta=2$) формула приймає вигляд:

$$D_e = \left(0.083 \frac{\lambda}{H} \sum Q_i^{0.5} \cdot l_i \right)^{\frac{1}{5.34}} \cdot Q_i^{0.5}. \quad (2.4.2.2)$$

Тоді економічні діаметри відповідних ділянок будуть дорівнювати:

$$D_{8-9} = \left[0.083 \cdot \frac{40}{1000 \cdot H} (0.1^{0.5} \cdot 100 + 0.3^{0.5} \cdot 100) \right]^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.1^{0.5} =$$

$$= \left[\frac{0.00332}{H} (31.6 + 57.77) \right]^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.316 = \left(\frac{0.2967}{H} \right)^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.316;$$

$$D_{9-10} = \left[0.083 \cdot \frac{40}{1000 \cdot H} (31.6 + 57.77) \right]^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.578 = \left(\frac{0.2967}{H} \right)^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.578;$$

$$D_{4-5} = \left[\frac{0.00332}{H} (0.1^{0.5} \cdot 100 + 0.3^{0.5} \cdot 100 + 0.6^{0.5} \cdot 100) \right]^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.1^{0.5} =$$

$$= \left[\frac{0.00332}{H} (31.6 + 57.77 + 77.46) \right]^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.316 = \left(\frac{0.5539}{H} \right)^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.316;$$

$$D_{5-6} = \left(\frac{0.5539}{H} \right)^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.3^{0.5} = \left(\frac{0.5539}{H} \right)^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.578;$$

$$D_{6-3} = \left(\frac{0.5539}{H} \right)^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.6^{0.5} = \left(\frac{0.5539}{H} \right)^{\frac{1}{5.34}} \cdot 0.775.$$

Для того, щоб побудувати залежності виду $D_i=f(H)$, необхідно визначити величини діаметрів D_i не менше, ніж в трьох вузлах можливих значень напору H_i . Побудуємо графіки для п'яти вузлів для кожного діаметра. Розрахунки приведені в табл. 2.4.2.1.

Таблиця 2.4.2.1 – Економічні діаметри ділянок складних відгалужень

Номер ділянки	Діаметр в метрах при сумарних втратах напору Н, метрів				
	1	5	10	15	20
8 – 9	0,25	0,18	0,16	0,15	0,14
9 – 10	0,46	0,34	0,30	0,27	0,26

4 – 5	0,28	0,21	0,18	0,17	0,16
5 – 6	0,52	0,38	0,33	0,31	0,29
6 – 3	0,69	0,51	0,45	0,41	0,39

За даними табл. 2.4.2.1 будується графік $D_i=f(H_i)$ для розглянутих ділянок.

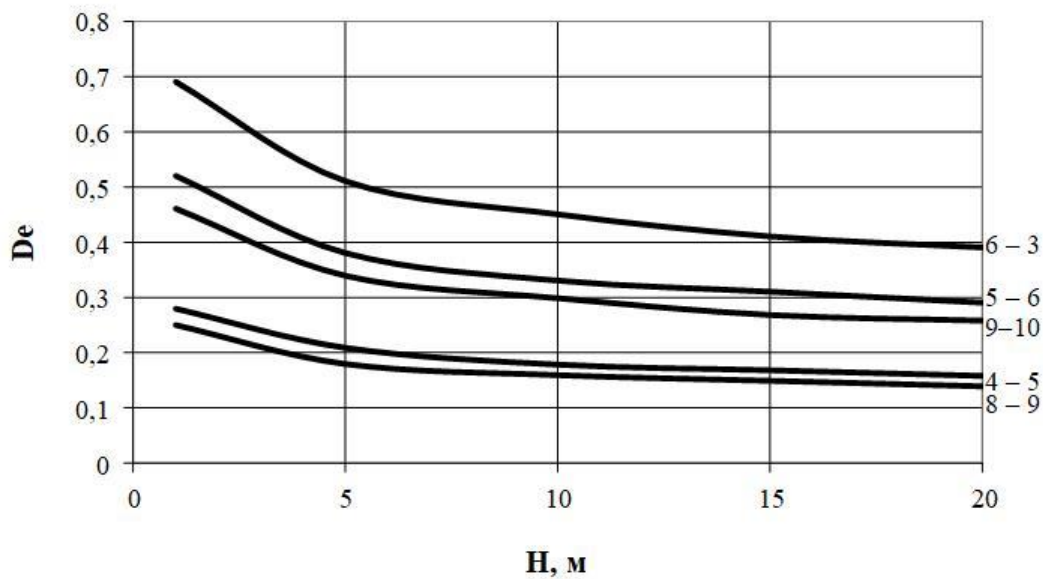


Рисунок 2.4.2.1 – Залежність економічних діаметрів D_e ділянок складного відгалуження від загальних втрат напору H в ньому

До завдання № 10.2. Вихідні дані за результатами рішення задач №8.1, № 9.2, №10.1:

$$q_{1-2}=0,1 \text{ м}^3/\text{с}; D_{1-2}=600 \text{ мм}; q_{2-3}=0,6 \text{ м}^3/\text{с}; D_{2-3}=800 \text{ мм};$$

$$q_{3-7}=1,6 \text{ м}^3/\text{с}; D_{3-7}=1400 \text{ мм}; q_{7-10}=2 \text{ м}^3/\text{с}; D_{7-10}=1400 \text{ мм};$$

$$q_{0-10}=2,8 \text{ м}^3/\text{с}; D_{0-10}=1500 \text{ мм}; q_{4-5}=0,1 \text{ м}^3/\text{с}; D_{4-5}=300 \text{ мм};$$

$$q_{5-6}=0,3 \text{ м}^3/\text{с}; D_{5-6}=500 \text{ мм}; q_{6-3}=0,6 \text{ м}^3/\text{с}; D_{6-3}=700 \text{ мм};$$

$$q_{8-9}=0,1 \text{ м}^3/\text{с}; D_{8-9}=250 \text{ мм}; q_{9-10}=0,3 \text{ м}^3/\text{с}; D_{9-10}=450 \text{ мм}.$$

Довжина кожної ділянки 100 м. Необхідний напір в кінцевому вузлі 26 м. Позначки місцевості у всіх вузлах однакові і рівні $Z=50$ м.

Рішення. Так як позначки місцевості у всіх вузлах однакові і кількість поверхів в будинках також однакова, то не вигідним вузлом буде найбільш віддалений вузол №1 або віддалений вузол складного відгалуження. П'єзометрична позначка в не вигідному вузлі буде:

$$P_{н.т.} = Z_{н.т.} + H_{нотр} , \quad (2.4.2.3)$$

де $Z_{н.т.} = 50$ м – позначка місцевості у вузлі 1,

$H_{нотр}$ – потрібний напір в не вигідному вузлі, $H_{нотр} = 26$ м.

$$P_{н.т.} = 50 + 26 = 76 \text{ м.}$$

Щоб визначити п'єзометричні позначки у всіх вузлах, необхідно спочатку визначити втрати напору на кожній ділянці за формулою

$$h_{i-k} = S_{o\ i-k} \cdot l_{i-k} \cdot q_{i-k}^2 , \quad (2.4.2.4)$$

де l_{i-k} – довжина ділянки $i-k$, $l_{i-k} = 100$ м;

q_{i-k} – витрата води на ділянці $i-k$;

$S_{o\ i-k}$ – питомий опір ділянки $i-k$, який приймається в залежності від діаметрів ділянок за таблицями [34]:

$$S_{o\ 1-2} = 0,02262; \quad S_{o\ 2-3} = 0,005514; \quad S_{o\ 3-7} = S_{o\ 7-10} = 0,0002916;$$

$$S_{o\ 0-10} = 0,0002023; \quad S_{o\ 4-5} = 0,8466; \quad S_{o\ 5-6} = 0,05784;$$

$$S_{o\ 6-3} = 0,01098; \quad S_{o\ 8-9} = 2,187; \quad S_{o\ 9-10} = 0,09928;$$

Тоді втрати напору на відповідних ділянках будуть

$$h_{1-2} = 0,02262 \cdot 100 \cdot 0,1^2 = 0,02 \text{ м};$$

$$h_{2-3} = 0,005514 \cdot 100 \cdot 0,6^2 = 0,20 \text{ м};$$

$$h_{3-7} = 0,0002916 \cdot 100 \cdot 1,6^2 = 0,08 \text{ м};$$

$$h_{7-10} = 0,0002916 \cdot 100 \cdot 2^2 = 0,12 \text{ м};$$

$$h_{0-10} = 0,0002023 \cdot 100 \cdot 2,8^2 = 0,16 \text{ м};$$

$$h_{4-5} = 0,8466 \cdot 100 \cdot 0,1^2 = 0,85 \text{ м};$$

$$h_{5-6} = 0,05784 \cdot 100 \cdot 0,3^2 = 0,52 \text{ м};$$

$$h_{6-3} = 0,01098 \cdot 100 \cdot 0,6^2 = 0,40 \text{ м};$$

$$h_{8-9} = 2,187 \cdot 100 \cdot 0,1^2 = 2,19 \text{ м};$$

$$h_{9-10} = 0,09928 \cdot 100 \cdot 0,3^2 = 0,89 \text{ м.}$$

Щоб визначити, який вузол буде невідповідним треба порівняти між собою втрати напору в різних ділянках, що виходять з одного вузла. Порівнюємо спочатку втрати напору на напрямках 1 – 2 – 3 і 4 – 5 – 6 – 3,

$$h_{1-2-3} = 0,02 + 0,20 = 0,22 \text{ м ,}$$

$$h_{4-5-6-3} = 0,85 + 0,52 + 0,4 = 1,77 \text{ м .}$$

Невідповідним вузлом відносно вузла 3 буде вузол 4, тому що $h_{4-5-6-3} > h_{1-2-3}$.

Тепер треба порівняти напрями 8 – 9 – 10 і 4 – 5 – 6 – 3 – 7 – 10.

$$h_{8-9-10} = 2,19 + 0,89 = 3,08 \text{ м ,}$$

$$h_{4-5-6-3-7-10} = 1,77 + 0,08 + 0,12 = 1,97 \text{ м .}$$

Так як втрати напору на першому напрямку більші, то невідповідним буде вузол 8, відносно якого треба визначити п'єзометричні позначки у всіх інших вузлах. Таким чином п'єзометричні позначки у вузлах мережі будуть:

$$P_8 = P_{н.т.} = 76 \text{ м;}$$

$$P_9 = P_8 + h_{8-9} = 76 + 2,19 = 78,19 \text{ м;}$$

$$P_{10} = P_9 + h_{9-10} = 78,19 + 0,89 = 79,08 \text{ м;}$$

$$P_7 = P_{10} - h_{7-10} = 79,08 - 0,12 = 78,96 \text{ м;}$$

$$P_3 = P_7 - h_{7-3} = 78,96 - 0,08 = 78,88 \text{ м;}$$

$$P_2 = P_3 - h_{2-3} = 78,88 - 0,20 = 78,68 \text{ м;}$$

$$P_1 = P_2 - h_{1-2} = 78,68 - 0,02 = 78,66 \text{ м;}$$

$$P_6 = P_3 - h_{3-6} = 78,88 - 0,4 = 78,48 \text{ м;}$$

$$P_5 = P_6 - h_{5-6} = 78,48 - 0,52 = 77,96 \text{ м;}$$

$$P_4 = P_5 - h_{4-5} = 77,96 - 0,85 = 77,11 \text{ м;}$$

$$P_0 = P_{10} + h_{0-10} = 79,08 + 0,16 = 79,24 \text{ м.}$$

До завдання № 10.3. Вихідні дані за результатами рішення завдання № 3:

- п'єзометрична позначка у вузлі №8 – 76 м,
- необхідний напір у вузлі 8 повинен забезпечувати водою 9-ти поверхові будинки.

Рішення. Враховуючи те, що умови водорозбору з мережі не змінюються, невідповідний вузол залишиться у вузлі №8. Вузлові витрати не змінюються, тому втрати напору на ділянках теж не будуть змінюватись. Таким чином, конфігурація п'єзометричної лінії змінюватись не буде, а вона

просто підніметься паралельно сама собі на величину збільшення необхідного напору в невідному вузлі.

При 9-ти поверховій забудові необхідний п'єзометричний напір у вузлі №8 повинен бути:

$$P_8 = Z_8 + b + 4n = 50 + 6 + 4 \cdot 9 = 92 \text{ м.}$$

Тоді п'єзометричні позначки у всіх вузлах мережі збільшаться на величину

$$\Delta P = 92 - 76 = 16 \text{ м.}$$

Питання для самоконтролю

1. Яку кількість типових задач можна скласти під час гідравлічного розрахунку водопровідних мереж?
2. Які головні принципи розрахунку простого відгалуження?
3. Які головні принципи розрахунку складного відгалуження?
4. Які головні принципи розрахунку головної магістралі?
5. Як визначити втрати напору в складному відгалуженні?
6. Як визначити втрати напору в головній магістралі?
7. Що таке граничні витрати і граничні швидкості?
8. Який вигляд мають п'єзометричні лінії у головній магістралі та у складному відгалуженні, які побудовані з урахуванням економічних факторів?