

АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА МЕРЕЖАХ

Мета заняття: виробити вміння й навички застосовувати результати гідравлічних розрахунків водопровідної мережі для виявлення аварійних ділянок, опанувати здібності застосування результатів гідравлічних розрахунків для оцінки стану водопровідної мережі та забезпечення безаварійних режимів транспортування води.

Задача №1.

Для мережі, яка наведена на рис 1, визначити еквівалентну подачу та оцінити можливу абсолютну і відносну максимальну помилку визначення тисків у вузлах, якщо вузол 6 буде невідгідним, місцевість плоска, а лінія живить дев'ятиповерхові будинки. Чисельні значення прийняти по додатку А.

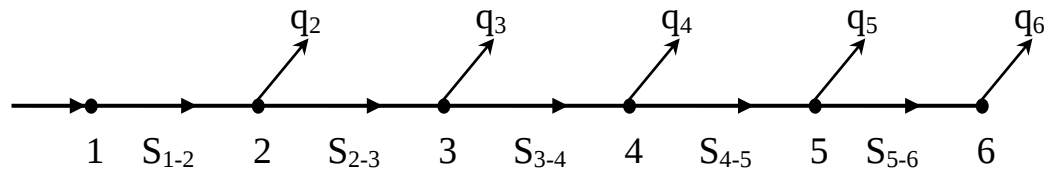


Рисунок 1 – Схема водопровідної мережі.

Розв'язування типової задачі.

Дано: $q_2 = 10$ л/с; $q_3 = 20$ л/с; $q_4 = 10$ л/с; $q_5 = 20$ л/с; $q_6 = 20$ л/с;

$S_{1-2} = 0,001$; $S_{2-3} = 0,002$; $S_{3-4} = 0,003$; $S_{4-5} = 0,002$; $S_{5-6} = 0,004$ (всі опори даються для витрат в л/с).

Еквівалентна подача по мережі визначається за формулою:

$$Q_{екв} = \sqrt{\frac{h_{1-6}}{\sum S_i}},$$

де h_{1-6} – втрати напору в мережі від вузла 1 до вузла 6;

$\sum S_i$ - сума опорів ділянок від вузла 1 до вузла 6.

$$\sum S_i = S_{1-2} + S_{2-3} + S_{3-4} + S_{4-5} + S_{5-6} = 0.001 + 0.002 + 0.003 + 0.002 + 0.004 = 0.012.$$

Загальні втрати напору в мережі визначимо, як суму втрат на кожній ділянці (величина цих втрат буде надалі необхідною для порівняння їх із втратами, що будуть визначені на основі еквівалентної витрати):

$$\begin{aligned}
h_{1-2} &= S_{1-2} * Q_{1-2}^2 = 0.001 * (20 + 20 + 10 + 20 + 10)^2 = 6.4 м, \\
h_{2-3} &= S_{2-3} * Q_{2-3}^2 = 0.002 * (20 + 20 + 10 + 20)^2 = 9.8 м, \\
h_{3-4} &= S_{3-4} * Q_{3-4}^2 = 0.003 * (20 + 20 + 10)^2 = 7.5 м, \\
h_{4-5} &= S_{4-5} * Q_{4-5}^2 = 0.002 * (20 + 20)^2 = 3.2 м, \\
h_{5-6} &= S_{5-6} * Q_{5-6}^2 = 0.004 * 20^2 = 1.6 м, \\
h_{1-6} &= \sum h_{i-j} = 6.4 + 9.8 + 7.5 + 3.2 + 1.6 = 28.5 м.
\end{aligned}$$

Тоді еквівалентна витрата буде дорівнювати

$$Q_{екв} = \sqrt{28.5/0.012} = 48.74 л / с.$$

Втрати напору на ділянках на основі еквівалентної витрати визначаються за формулою:

$$\begin{aligned}
h_{i-j} &= S_{i-j} * Q_{екв}^2 \\
h'_{1-2} &= S_{1-2} * Q_{екв}^2 = 0.001 * 48.74^2 = 2.38 м, \\
h'_{2-3} &= S_{2-3} * Q_{екв}^2 = 0.002 * 48.74^2 = 4.75 м, \\
h'_{3-4} &= S_{3-4} * Q_{екв}^2 = 0.003 * 48.74^2 = 7.13 м, \\
h'_{4-5} &= S_{4-5} * Q_{екв}^2 = 0.002 * 48.74^2 = 4.75 м, \\
h'_{5-6} &= S_{5-6} * Q_{екв}^2 = 0.004 * 48.74^2 = 9.5 м.
\end{aligned}$$

Абсолютну величину відхилення напорів у вузлах можна знайти виходячи з таких міркувань.

Вільний напір у вузлах визначається за формулою:

$$H_{i\phi} = \Pi_{i\phi} - Z_i,$$

де $\Pi_{i\phi}$ – п'єзометрична позначка в i – му вузлі;

Z_i – позначка землі в i – му вузлі.

При визначенні вільного напору за еквівалентною витратою будемо мати співвідношення:

$$H'_{i\phi} = \Pi'_{i\phi} - Z_i,$$

де $H'_{i\phi}$ та $\Pi'_{i\phi}$ – відповідно вільний напір і п'єзометрична позначка в i -му вузлі при використанні еквівалентної витрати.

Тоді різниця вільних напорів в i – му вузлі буде:

$$\Delta H_{i\phi} = H'_{i\phi} - H_{i\phi} = \Pi'_i - Z_i - \Pi_i + Z_i = \Pi'_i - \Pi_i.$$

П'єзометричні позначки можна визначити відносно вузла 6 мережі

$$\Pi_i = \Pi_6 + \sum h_{6-i}$$

$$\Pi'_i = \Pi_6 + \sum h'_{6-i},$$

де Π_6 – п'єзометрична позначка у вузлі 6;

$\sum h_{6-i}, \sum h'_{6-i}$ – сумарні втрати напору в мережі від вузла 6 до і-го вузла, які обчислені за дійсними та еквівалентними витратами відповідно.

Тоді

$$\Delta H_{i6} = \Pi_6 + \sum h'_{6-i} - \Pi_6 - \sum h_{6-i} = \sum h'_{6-i} - \sum h_{6-i}.$$

Порівняння відповідних втрат напору представлено в табл. 13. При розрахунках відносного відхилення, враховуючи, що місцевість плоска, H_{i6} визначався за формулою:

$$H_{i6} = 42 + \Delta H_i.$$

Таблиця 1 – Порівняння вільних тисків у вузлах

Показник	Величина показника для вузлів					
	6	5	4	3	2	1
Сумарні втрати напору $\sum h_{6-i}$, м	0	1,6	4,8	12,3	22,1	28,5
Сумарні втрати напору $\sum h'_{6-i}$, м	0	9,5	14,25	21,38	26,13	28,51
Абсолютне відхилення ΔH_i , м	0	+7,9	+9,45	+9,08	+4,03	+0,01
Відносне відхилення $100 * \Delta H_i / H_{i6}$, %	0	18,1	20,2	16,7	6,3	0

Із табл. 1 видно, що максимальна відносна похибка в визначенні вільного напору в вузлах для дев'ятиповерхових будинків досягає 20% в сторону їх завищення.

Завдання 2. Визначити втрати води в мережі в м³/год при аварійній ситуації з урахуванням діаметра трубопроводу.

Інформація до розв'язання

Економія за рахунок попередження значних втрат води в результаті оперативного встановлення пошкоджених ділянок та ліквідації витоків визначена по формулі

$$\Delta E_{з.в.} = Q_{в} \cdot (\alpha_{вит} + \alpha_{вл.сп.} + \alpha_{ав}) \cdot T, \quad (1)$$

де $Q_{в}$ - об'єм витоків, які не сталися за рахунок оперативності управління, м³ ;

$\alpha_{вит}, \alpha_{вл.сп.}, \alpha_{ав}$ - коефіцієнти впливу АСУ ТП відповідно на зменшення витрат води на витoki, на власні потреби, на втрати води при аварії;

$\bar{O}$ - середній тариф на воду, грн./м³.

Значення $Q_{в}$ розраховані, виходячи із умови попередження втрат води при 64 аварійних витоках на протязі року тривалістю в 1 добу для ділянок діаметром 400 мм при швидкості течії 2.5 м/с:

$$Q = 2.5 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.4^2}{4} = 0.314 \text{ м}^3 / \text{с} - \text{або } 27130 \text{ м}^3 / \text{доб}$$

$$\Delta E_{з.в.} = 27130 \cdot 64 \text{ ав} / \text{рік} \cdot (0,015 + 0,015 + 0,01) \cdot 4,5 = 311040 \text{ грн/рік}$$

Питання для самоконтролю

1. Причини зниження подачі води в мережу.
2. Які шляхи ліквідації зниження подачі води в мережу?
3. В яких межах може змінюватися напір насосного агрегату і як можна керувати положенням робочої точки?
4. Чим викликається необхідність реконструкції водопровідних мереж?

Література

1. Ткачук О.А. Шадура В.О. Водопровідні мережі : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2010. 148 с. URL : <http://ep3.nuwm.edu.ua/5163/1/V83.pdf>.
2. Ткачук О.А. Міські інженерні мережі : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2015. 412 с. URL: <https://tinyurl.com/vtkxvbsf>
3. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання : підручник. Київ : Знання, 2008. 735 с. URL : http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Tugaj_2009_735.pdf.

Додаток А

Таблиця 1 Вихідні дані

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q ₂	л/с	8	9	10	11	12	11	10	9	8	7
q ₃	л/с	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
q ₄	л/с	7	8	9	10	11	12	13	12	11	10

q ₅	л/с	19	18	17	16	17	18	19	20	21	22
q ₆	л/с	17	19	20	18	19	20	21	20	19	18
S ₁₋₂	для q в л/с	0,0012	0,0013	0,0014	0,001	0,002	0,0015	0,0014	0,0013	0,001	0,002
S ₂₋₃	для q в л/с	0,001	0,002	0,0015	0,002	0,003	0,0025	0,002	0,003	0,002	0,001
S ₃₋₄	для q в л/с	0,002	0,003	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003
S ₄₋₅	для q в л/с	0,003	0,001	0,003	0,0015	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001
S ₅₋₆	для q в л/с	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003
D	мм	200	300	400	500	600	800	900	1000	350	600