

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №4.

ТЕМА ЗАНЯТЬ: Аналіз результатів гідравлічних розрахунків водопровідної мережі

Мета заняття: виробити вміння й навички аналізувати результати гідравлічних розрахунків мережі водопостачання, опанувати здібності застосування результатів гідравлічних розрахунків для функціонування водопровідної мережі та забезпечення оптимальних режимів транспортування води.

Задача №1. Перевірити працездатність схеми водопостачання, яка зображена на рис. 1. Напірно-витратна характеристика насосної станції описується виразом

$$H = 45,06 - 0,00287 Q^2,$$

а висота башти $H_Б$. Чисельні величини витрат і загальних опорів окремих ділянок прийняти по додатку А.

Приклад розв'язування задачі

Нехай мережа характеризується такими даними:

$$q_1=25 \text{ л/с}, q_2=20 \text{ л/с}, q_3=15 \text{ л/с}, S_{H-1}=0,0035 \text{ (при } Q \text{ в л/с)}, S_{1-2}=0,003, \\ S_{2-3}=0,0025, S_{3-Б}=0,001, H_Б=35 \text{ м.}$$

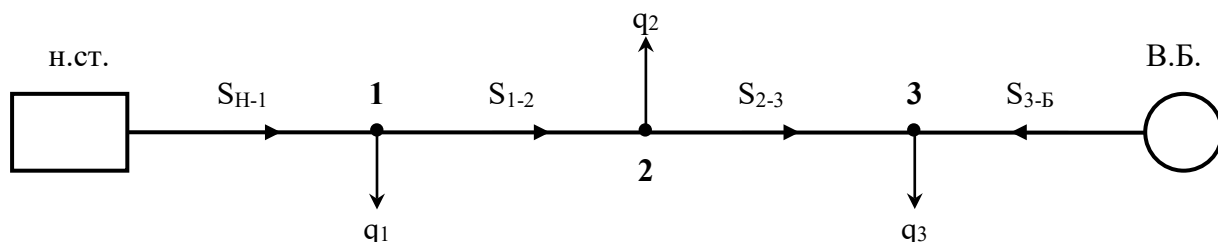


Рисунок 1 – Схема мережі

Наведена схема водопровідної мережі буде працездатною в тому випадку, коли в ній будуть виконуватися закони гідравліки. При напрямках руху води, які вказані на рис. 1, повинна виконуватись умова

$$H - S_{H-1} q_{H-1}^2 - S_{1-2} q_{1-2}^2 - S_{2-3} q_{2-3}^2 = H_Б - S_{3-Б} q_{3-Б}^2.$$

Це рівняння являється рівнянням зовнішньої ув'язки (четвертої групи). Витрати окремих ділянок мережі можна визначити через подачу насосної станції та вузлові відбори:

$$q_{H-1} = Q_Н, \quad q_{1-2} = Q_Н - q_1, \quad q_{2-3} = Q_Н - q_1 - q_2, \\ q_{3-Б} = Q_Н - q_1 - q_2 - q_3,$$

$$H = 45,06 - 0,00287Q^2 = 45,06 - 0,00287 \times 39,23^2 = 40,64 \text{ м.}$$

Тоді вільний напір у вузлу 2, який визначається напором насосної станції, буде дорівнювати

$$\begin{aligned} H_{2H} &= 40,64 - S_{H-1}Q^2_H - S_{1-2}(Q_H - q_1)^2 = \\ &= 40,64 - 0,0035 \times 39,23^2 - 0,003(39,23 - 25)^2 = 40,64 - 5,39 - 0,61 = \\ &= 34,64 \text{ м.} \end{aligned}$$

Вільний напір у вузлу 2, який визначається напором водонапірної башти, буде

$$\begin{aligned} H_{2B} &= 35 - S_{3-B}q^2_{3-B} - S_{2-3}q^2_{2-3} = 35 - S_{3-B}Q^2_B - S_{2-3}(Q_B - q_3)^2 = \\ &= 35 - 0,001 \times 20,77^2 - 0,0025 \times (20,77 - 15)^2 = 34,49 \text{ м.} \end{aligned}$$

Напори у вузлу сходу потоків в межах точності розрахунку від різних підживлювачів збігаються, тому такий режим роботи можливий.

Задача №2. Перевірити, чи можливо під'єднати до тупикової ділянки дворової мережі (вузол 1), яка наведена на рис. 8, п'ятиповерховий будинок з витратою 5 л/с. Якщо напору не вистачає, визначити наскільки його необхідно підняти для нормального водопостачання. Величини витрат, загальних опорів, позначки землі Z_1 і п'єзометричної позначки Π_1 прийняти згідно з додатком А.

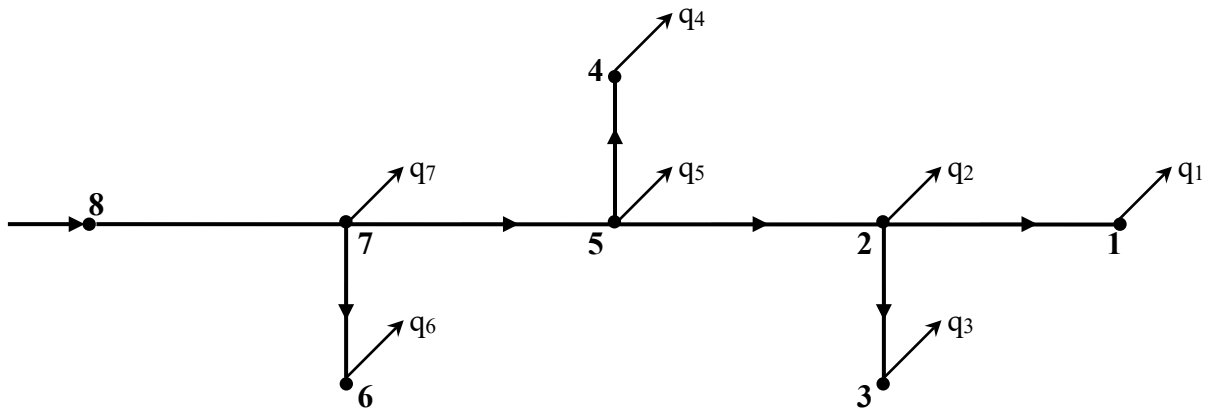


Рисунок 3 – Мережа, до якої повинен приєднуватись новий будинок

Приклад розв'язування задачі

Тоді

$$\Pi_8 = 40 + 26 + 0,16 + 0,39 + 1,32 + 2,35 = 70,22 \text{ м.}$$

Напір в мережі недостатній для під'єднання п'ятиповерхового будинку, оскільки

$$\Pi_8 > \Pi'_8.$$

Вільний напір необхідно збільшити на величину

$$\Delta H = \Pi_8 - \Pi'_8 = 70,22 - 68,55 = 1,67 \text{ м.}$$

Задача №3. Для умов попередньої задачі визначити, на скільки знизяться напори в кожному вузлу, якщо напір у вузлу подачі буде постійним. При цьому загальний опір у всіх відгалуженнях буде постійним і рівним $S_{від}=0,001$.

Приклад розв'язування задачі

Використовуючи результати розв'язання попередньої задачі, знаходимо п'єзометричні позначки в кожному вузлу. Початкове положення:

$$\Pi'_1 = 66 \text{ м}; \Pi'_2 = \Pi'_1 + h_{1-2} = 66 + 0,03 = 66,03 \text{ м};$$

$$\Pi'_3 = \Pi'_2 - h'_{2-3} = \Pi'_2 - S_{2-3} q^2_3 = 66,03 - 0,01 \times 2^2 = 65,99 \text{ м};$$

$$\Pi'_5 = \Pi'_2 + h'_{2-5} = 66,03 + 0,16 = 66,19 \text{ м};$$

$$\Pi'_4 = \Pi'_5 - h_{4-5} = \Pi'_5 - S_{4-5} q^2_4 = 66,19 - 0,01 \times 5^2 = 65,94 \text{ м};$$

$$\Pi'_7 = \Pi'_5 + h'_{5-7} = 66,19 + 0,77 = 66,96 \text{ м};$$

$$\Pi'_6 = \Pi'_7 - h_{6-7} = \Pi'_7 - S_{6-7} q^2_6 = 66,96 - 0,01 \times 4^2 = 66,80 \text{ м};$$

$$\Pi'_8 = \Pi'_7 + h_{7-8} = 66,96 + 1,59 = 68,55 \text{ м.}$$

П'єзометричні позначки після підключення будинку у вузлу 1. Якщо п'єзометрична позначка в початковій точці не зміниться і залишиться на позначці $\Pi_8=68,55$ м, тоді

$$\Pi_7 = \Pi'_8 - h_{7-8} = 68,55 - 2,35 = 66,20 \text{ м},$$

$$\Pi_6 = \Pi_7 - h_{6-7} = 66,20 - S_{6-7} q^2_6 = 66,20 - 0,01 \times 4^2 = 66,20 - 0,16 = 66,04 \text{ м};$$

$$\Pi_5 = \Pi_7 - h_{5-7} = 66,20 - 1,32 = 64,88 \text{ м},$$

$$\Pi_4 = \Pi_5 - h_{4-5} = \Pi_5 - S_{4-5} q^2_4 = 64,88 - 0,01 \times 5^2 = 64,88 - 0,25 = 64,63 \text{ м};$$

$$\Pi_2 = \Pi_5 - h_{2-5} = 64,88 - 0,39 = 64,49 \text{ м},$$

$$\Pi_3 = \Pi_2 - h_{2-3} = \Pi_2 - S_{2-3} q^2_3 = 64,49 - 0,01 \times 2^2 = 64,49 - 0,04 = 64,45 \text{ м};$$

$$\Pi_1 = \Pi_2 - h_{1-2} = 64,49 - 0,16 = 64,33 \text{ м.}$$

Вільний напір у будь-якому вузлу визначається залежністю

$$H_i = \Pi_i - Z_i.$$

Тоді при приєднанні до мережі п'ятиповерхового будинку вільні напори в вузлах мережі знизяться до величин

$$\Delta H_i = (\Pi'_i - Z_i) - (\Pi_i - Z_i) = \Pi'_i - \Pi_i.$$

$$\Delta H_1 = 66 - 64,33 = 1,67 \text{ м;}$$

$$\Delta H_2 = 66,03 - 64,49 = 1,54 \text{ м;}$$

$$\Delta H_3 = 65,99 - 64,45 = 1,54 \text{ м;}$$

$$\Delta H_4 = 65,94 - 64,63 = 1,31 \text{ м;}$$

$$\Delta H_5 = 66,19 - 64,88 = 1,31 \text{ м;}$$

$$\Delta H_6 = 66,80 - 66,04 = 0,76 \text{ м;}$$

$$\Delta H_7 = 66,96 - 66,20 = 0,76 \text{ м;}$$

$$\Delta H_8 = 66,55 - 66,55 = 0.$$

Питання для самоконтролю

1. В чому особливість перевірових розрахунків водопровідних мереж?
2. Які групи рівнянь можна скласти для розв'язування задач перевірових розрахунків?
3. Які групи рівнянь необхідно використовувати при розрахунках розгалужених мереж з одним підживлювачем?
4. Коли для визначення витрат кожної з ділянок розгалуженої мережі достатньо рівнянь тільки першої групи?
5. В якому випадку для перевірових розрахунків розгалужених мереж необхідно використовувати рівняння четвертої групи (рівняння зовнішньої ув'язки)?
6. В чому полягає особливість перевірових розрахунків водопровідних мереж при наявності в них регулювальних місткостей?
7. В чому полягає особливість перевірових розрахунків водопровідних мереж, в яких є замкнуті контури?

Література

1. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0052303.pdf>.
2. Герасимов Г. Г.. Гідрравлічні та аеродинамічні машини: підручник. Рівне : НГВГП, 2008. 241 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2264/1/076%20zah.pdf>.
3. Орлов В. О., Тугай Я. А., Орлова А. М. Водопостачання та водовідведення : підручник. Київ : Знання, 2011. 359 с.

Додаток А

Вихідні дані для розв'язування задач

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q_1	л/с	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
q_2	л/с	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
q_3	л/с	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H_6	м	34,0	34,5	35,0	35,5	36,0	35,5	35,0	34,5	34,0	35,0
$S_{н-1} \times 10^4$	(для Q в л/с)	35	36	37	38	39	40	39	38	37	36
$S_{1-2} \times 10^4$	(для Q в л/с)	30	31	32	33	34	33	32	31	30	29
$S_{2-3} \times 10^4$	(для Q в л/с)	24	23	23	22	22	24	22	25	26	27
$S_{3-Б} \times 10^4$	(для Q в л/с)	10	11	12	13	12	11	13	9	8	7
q_4	л/с	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5
q_5	л/с	3	5	7	9	11	9	8	7	5	4
q_6	л/с	5	9	7	8	12	9	6	5	4	10
q_7	л/с	4	5	6	7	6	5	4	3	2	2
$S_{2-5} \times 10^4$	(для Q в л/с)	2	3	4	2,5	2,8	3,4	3,5	3,1	3,2	3,3
$S_{5-7} \times 10^4$	(для Q в л/с)	1	1,5	1,6	1,8	1,9	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5
$S_{7-8} \times 10^4$	(для Q в л/с)	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1