

## ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.

ТЕМА ЗАНЯТТЯ: Перевіркові розрахунки водопровідних мереж  
Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

**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  $H_B$ . Чисельні величини витрат і загальних опорів окремих ділянок прийняти по додатку А.

### Розв'язування типової задачі

Нехай мережа характеризується такими даними:

$$q_1=25\text{л/с}, q_2=20\text{л/с}, q_3=15\text{л/с}, S_{H-1}=0,0035 \text{ (при } Q \text{ в л/с)}, S_{1-2}=0,003,$$

$$S_{2-3}=0,0025, S_{3-Б}=0,001, H_B = 35 \text{ м.}$$

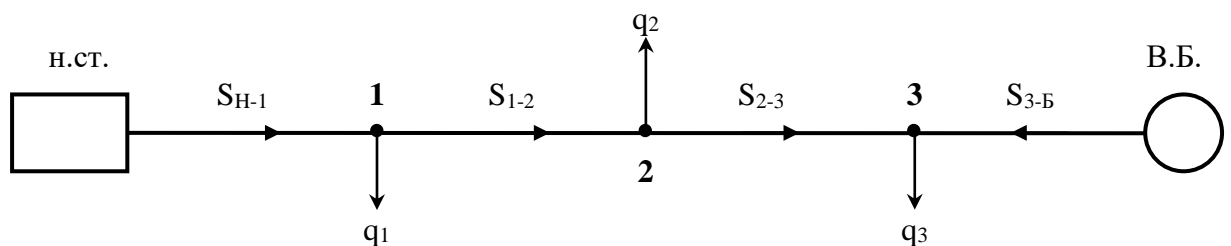


Рисунок 1 – Схема мережі

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

$$H - S_{H-1} q^2_{H-1} - S_{1-2} q^2_{1-2} - S_{2-3} q^2_{2-3} = H_B - S_{3-B} q^2_{3-B} .$$

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

$$q_{H-1} = Q_H, \quad q_{1-2} = Q_H - q_1, \quad q_{2-3} = Q_H - q_1 - q_2,$$

$$q_{3-B} = Q_H - q_1 - q_2 - q_3 ,$$

де  $Q_H$  – подача насосної станції;

$q_1, q_2, q_3$  - вузлові відбори.

Використавши ці співвідношення і підставивши в перше рівняння числові величини, отримаємо

$$45,06 - 0,00287Q^2_H - 0,0035Q^2_H - 0,003(Q_H - 25)^2 - 0,0025(Q_H - 25 - 20 - 15)^2 = 0 .$$

Розв'язуючи це рівняння, одержано

$$10,06 - 0,00637Q^2_H - 0,003(Q^2_H - 50Q_H + 625) - 0,0025(Q^2_H - 90Q_H + 2025) +$$

$$+ 0,001(Q^2_H - 120Q_H + 3600) = 0 ;$$

$$10,06 - 0,00637Q^2_H - 0,003Q^2_H + 0,15Q_H - 1,875 - 0,0025Q^2_H +$$

$$+ 0,225Q_H - 5,06 + 0,001Q^2_H - 0,12Q_H + 3,6 = 0;$$

$$- 0,01087Q^2_H + 0,255Q_H + 6,725 = 0;$$

$$Q^2_H - 23,46Q_H - 619 = 0;$$

$$Q_H = 11,73 \pm \sqrt{11,73^2 + 619} = 11,73 \pm 27,50 .$$

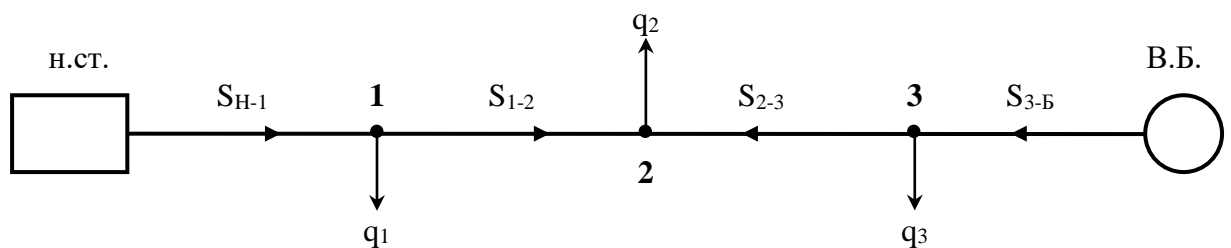
Коренями цього рівняння будуть величини

$$Q'_H = 39,23 \text{ л/с} \quad \text{і} \quad Q''_H = -15,78 \text{ л/с} .$$

Але від'ємною витрата не може бути. Тому подача насосної станції буде 39,23л/с. При цьому надходження з башти буде:

$$Q_B = \sum q_i - Q_H = (25 + 20 + 15) - 39.23 = 20.77 \text{ л/с.}$$

При такому розподілі подач між водоживлювачами в вихідній схемі в вузлах 2 і 3 не витримується умова  $\sum q_{вузл}=0$ . Тому наведена схема не буде працездатною. Перевіримо, чи буде вона працездатною, якщо напрям руху води на ділянці 2-3 змінити на протилежний. Тоді схема приймає вигляд



(рис. 7).

Рисунок 5.2 – Скорегована розрахункова схема

Якщо насосна станція буде подавати  $Q_H=39,23$ л/с, напір її буде

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

Тоді вільний напір в вузлі 2, який визначається напором насосної станції, буде дорівнювати

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

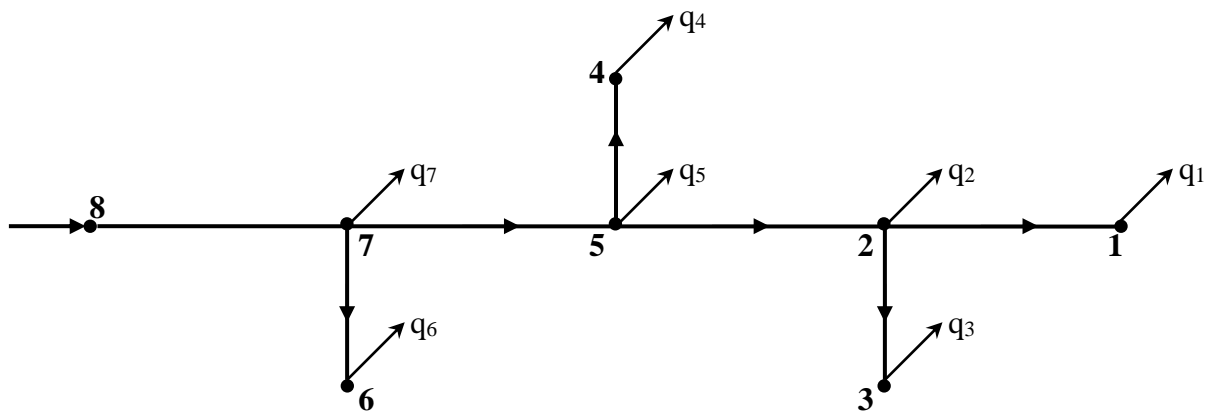
Вільний напір в вузлі 2, який визначається напором водонапірної башти, буде

$$H_{2B} = 35 - S_{3-Б}q_{3-Б}^2 - S_{2-3}q_{2-3}^2 = 35 - S_{3-Б}Q_B^2 - S_{2-3}(Q_B - q_3)^2 =$$

$$= 35 - 0,001 \times 20,77^2 - 0,0025 \times (20,77 - 15) = 34,49 \text{ м.}$$

Напори в вузлі сходу потоків в межах точності розрахунку від різних водоживлювачів співпадають, тому такий режим роботи можливий.

**Задача №2.** Перевірити, чи можливо підключити 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'езометричної позначки  $\Pi_1$  прийняти



згідно з додатком А.

Рисунок 5.3 – Мережа, до якої повинен підключатися новий будинок

#### Розв'язування типової задачі

Припустимо, що мережа характеризується такими даними:

$S_{1-2} = 0,002$ ,  $S_{2-5} = 0,002$ ,  $S_{5-7} = 0,003$ ,  $S_{7-8} = 0,003$  (для витрат в м<sup>3</sup>/с),  $q_1 = 4$  л/с,

$q_2 = 3$  л/с,  $q_3 = 2$  л/с,  $q_4 = 5$  л/с,  $q_5 = 2$  л/с,  $q_6 = 4$  л/с,  $q_7 = 3$  л/с,  $Z_1 = 40$  м,  $\Pi_1 = 66$  м.

Визначаємо розрахункові витрати на головній магістралі без врахування підключення в вузлі 1 нового будинку. Одержимо

$$q'_{1-2} = 4 \text{ л/с}, q'_{2-5} = 9 \text{ л/с}, q'_{5-7} = 16 \text{ л/с}, q'_{7-8} = 23 \text{ л/с}.$$

При підключенні в вузлі 1 нового будинку витрати на ділянках стануть рівними:

$$q_{1-2} = 9 \text{ л/с}, q_{2-5} = 14 \text{ л/с}, q_{5-7} = 21 \text{ л/с}, q_{7-8} = 28 \text{ л/с}.$$

Найдемо п'єзометричну позначку в початковій точці 8 без підключення нового будинку

$$P'_8 = P'_1 + h'_{1-2} + h'_{2-5} + h'_{5-7} + h'_{7-8} =$$

$$= 66 + 0,002 \times 4^2 + 0,002 \times 9^2 + 0,003 \times 16^2 + 0,003 \times 23^2 = 66 + 0,03 + 0,16 + 0,77 + 1,59 = 68,55$$

м.

Визначаємо п'єзометричну позначку в вузлі 8, яка необхідна для забезпечення нормального водопостачання нового будинку.

$$P_8 = Z_1 + H_{5 \text{ нов.}} + h_{1-2} + h_{2-5} + h_{5-7} + h_{7-8}$$

де  $Z_1$  – позначка поверхні землі в вузлі 1,  $Z_1 = 40 \text{ м}$ ;

$H_{5 \text{ нов.}}$  - необхідний вільний напір для п'ятиповерхового будинку

$$H_{5 \text{ нов.}} = 6 + 4n = 6 + 4 \times 5 = 26 \text{ м},$$

$h_{1-2}, h_{2-5}, h_{5-7}, h_{7-8}$  - втрати напору на ділянках при витратах на них з врахуванням витрати на будинок, який необхідно підключити до мережі .

$$h_{i-j} = S_{i-j} q^2_{i-j},$$

$$h_{1-2} = S_{1-2} q^2_{1-2} = 0,002 \times 9^2 = 0,16 \text{ м},$$

$$h_{2-5} = S_{2-5} q^2_{2-5} = 0,002 \times 14^2 = 0,39 \text{ м},$$

$$h_{5-7} = S_{5-7} q^2_{5-7} = 0,003 \times 21^2 = 1,32 \text{ м},$$

$$h_{7-8} = S_{7-8} q^2_{7-8} = 0,003 \times 28^2 = 2,35 \text{ м}.$$

Тоді

$$P_8 = 40 + 26 + 0,16 + 0,39 + 1,32 + 2,35 = 70,22 \text{ м.}$$

Напір в мережі недостатній для підключення п'ятиповерхового будинку, оскільки

$$P_8 > P'_8 .$$

Вільний напір необхідно збільшити на величину

$$\Delta H = P_8 - P'_8 = 70,22 - 68,55 = 1,67 \text{ м.}$$

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

#### Розв'язування типової задачі

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

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

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

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

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

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

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

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

П'єзометричні позначки після підключення будинку в вузлі. Якщо п'єзометрична позначка в початковій точці не зміниться і залишиться на позначці  $\Pi_8=68,55\text{м}$ , 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 в будь-якому вузлі 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 перевірочних розрахунків водопровідних мереж?
2. Які групи рівнянь можна скласти для розв'язування задач перевірочних розрахунків?
3. Які групи рівнянь необхідно використовувати при розрахунках розгалужених мереж з одним водоживлювачем?
4. Коли для визначення витрат кожної з ділянок розгалуженої мережі достатньо рівнянь тільки першої групи?
5. В якому випадку для перевірочних розрахунків розгалужених мереж необхідно використовувати рівняння четвертої групи (рівняння зовнішньої ув'язки)?
6. В чому особливість перевірочних розрахунків водопровідних мереж при наявності в них регулюючих ємностей?
7. В чому особливість перевірочних розрахунків водопровідних мереж, в яких є замкнуті контури?



**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
$S_{H-1} \times 10^4$	(для Q в л/с)	35	36	37	38	39	40	39	38	37	36
$S_{I-2} \times 10^4$	(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
$S_{3-B} \times 10^4$	(для Q в л/с)	10	11	12	13	12	11	13	9	8	7

