

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3

#### ТЕМА ЗАНЯТТЯ: Аналіз роботи водопровідної мережі з регулювальними місткостями

**Мета заняття:** виробити вміння й навички аналізувати гідравлічні режими роботи мережі водопостачання з регулювальними місткостями, опанувати здібності застосування результатів гідравлічних розрахунків для забезпечення оптимальних режимів транспортування води.

**Задача №1.** Визначити, при якій максимальній витраті буде спостерігатися перетік з гірського резервуара №1, який розташовано вище, в нижній резервуар, якщо відстань між розрахунковими рівнями води в них дорівнює  $\Delta H$ . Загальний опір водогонів від резервуара №1 до точки відбору  $S_4$ , а від точки відбору до резервуара №2 –  $S_5$ . Чисельні величини вихідних даних прийняти по додатку А.

#### Приклад розв'язування задачі

Дано:  $\Delta H=20\text{м}$ ,  $S_4=27$  (для витрати в  $\text{м}^3/\text{с}$ ),  $S_5=29$  (для витрати в  $\text{м}^3/\text{с}$ ).

Найпростіша схема має вигляд, який показано на рис. 4.

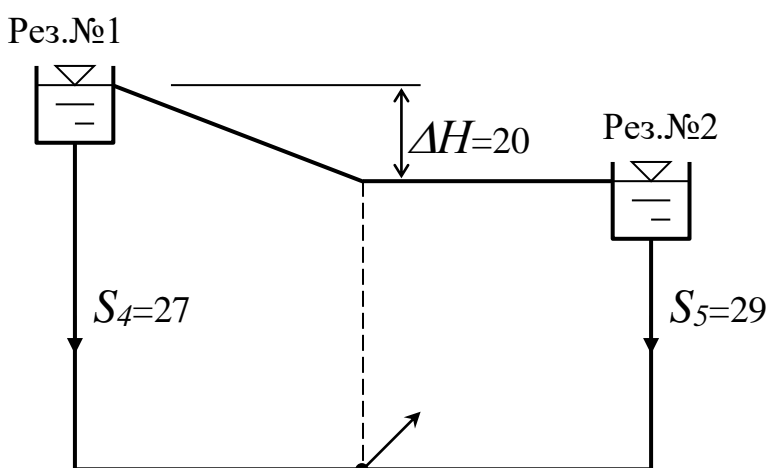


Рисунок 3.1 – Система з двома резервуарами

Перетік з одного резервуару в другий буде спостерігатися у тому випадку, коли витрата в системі буде трохи меншою критичної витрати, яка визначається за формулою:

$$Q_{кр} = \sqrt{\frac{H_1 - H_2}{S_4}} = \sqrt{\frac{\Delta H}{S_4}} = \sqrt{\frac{20}{27}} = 0,86 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Якщо прийняти за мінімальну витрату, яка може надходити в резервуар №2,  $Q_{\text{мін}}=1$  л/с, то перетік з одного резервуару в другий буде спостерігатися у всіх випадках, коли

$$Q_i \leq Q_{кр} - Q_{мін} = 0,860 - 0,001 = 0,859 \text{ м}^3/\text{с}.$$

**Задача №2.** Для умов попередньої задачі визначити, якими повинні бути діаметри водогонів зі сталевих труб при подачі води від резервуара №1 і №2, якщо їх довжини відповідно будуть  $l_1$  і  $l_2$ . Чисельні величини вихідних даних прийняти по додатку А.

#### Приклад розв'язування задачі

Дано:  $l_1=5$  км,  $l_2=2$  км, інші необхідні дані прийняти за результатами розв'язання попередньої задачі.

Діаметри відповідних водогонів визначаються, виходячи із наступних міркувань:

- треба спочатку визначити, які втрати тисків будуть у водогоні  $h$ ;
- враховуючи, що втрати напору пов'язані з діаметром залежністю

$$h = S Q^2 = S_0 l Q^2,$$

при відомих  $h$ ,  $l$  і  $Q$  знайти  $S_0$ , по якому можна визначити діаметри.

Втрати напору в водогоні від резервуара №1 до населеного пункту при максимальній витраті будуть

$$h_1 = H_1 - H_{в.мін} = 45 - 18 = 27 \text{ м}.$$

Втрати напору в водогоні від резервуара №2 до населеного пункту при максимальній витраті

$$h_2 = H_2 - H_{в.мін} = 25 - 18 = 7 \text{ м}.$$

Питомий опір для першого водогону повинен бути не більшим

$$S_{01} = h_1 / (l_1 Q_{1 макс}^2) = 27 / (5000 \times 1^2) = 0,0054 \text{ (для витрати в м}^3/\text{с)}.$$

Згідно з таблицями Шевельова Ф.А. [2] у ненових сталевих трубах  $d=800$  мм  $S_{01}=0,005514$ , а  $d=900$  мм –  $S_{01} = 0,002962$ . Таким чином, від першого резервуару до населеного пункту водогін частково приймається  $d=900$  мм, а частково 800 мм так, щоб загальні втрати в ньому були 27 м, тобто,

$$h_1 + h_2 = 27,$$

де  $h_1$  і  $h_2$  - втрати напору в водогоні  $d=800$  мм і  $d=900$  мм відповідно.

$$S_{01} l_1 Q_{1 макс}^2 + S'_{01} (5000 - l_1) Q_{1 макс}^2 = 27,$$

де  $S_{01}$  і  $S'_{01}$  - питомі опори частини водогону  $d=800$  мм і  $d=900$  мм відповідно;

$l_1$  - довжини водогону  $d=800$  мм, м;

$5000 - l_1$  - довжина водогону  $d=900$  мм, м.

Тоді

$$0,005514 l_1 \times 1^2 + 0,002962 (5000 - l_1) \times 1^2 = 27;$$

$$(0,005514 - 0,002962) l'_1 = 27 - 0,002962 \times 5000;$$

$$0,002552 l'_1 = 12,19.$$

Звідки довжина ділянки  $d=800$  мм буде 4776 м. Тоді перші 224 м водогону повинні бути  $d=900$  мм.

Аналогічно визначаємо діаметр водогону від другого резервуару до населеного пункту

$$S_{02} = h_2 / (l_2 Q^2_{2 \text{ макс}}) = 7 / (2000 \times 0,491^2) = 0,01452 \text{ (для витрати в м}^3\text{/с)}.$$

Згідно з таблицями Шевельова Ф.А. [2] у ненових сталевих трубах  $d=600$  мм  $S_{02}=0,02262$ , а  $d=700$  мм –  $S_{02}=0,01098$ . Тоді

$$S_{02} l'_2 Q^2_{2 \text{ макс}} + S'_{02} (2000 - l'_2) Q^2_{2 \text{ макс}} = 7,$$

$$0,02262 l'_2 \times 0,491^2 + 0,01098 (2000 - l'_2) \times 0,491^2 = 7;$$

$$(0,005453 - 0,002647) l'_2 = 7 - 5,29;$$

$$l'_2 = 609 \text{ м.}$$

Таким чином, довжина ділянки  $d=600$  мм повинна бути 609 м, а ділянки  $d=700$  мм – 1391 м.

**Задача №3.** Для умов попередньої задачі та результатів її розв'язання розрахувати та побудувати графік сумісної роботи двох резервуарів на загальну мережу. Визначити межі характерних режимів.

#### Розв'язування типової задачі

Щоб побудувати графік сумісної роботи резервуарів, необхідно скорегувати їх характеристики на втрати напору на шляху від резервуару до точки відбору. Для цього необхідно з характеристики резервуару  $H=const$  вирахувати втрати напору в водогоні, тобто,

$$H_{li} = H_l - h_i = H_l - (S'_l + S''_l) q_i^2,$$

де  $H_l$  – висота першого резервуару,

$h_{0-i}$  – втрати напору в водогоні від першого резервуару до точки відбору при витраті в ньому  $q_i$ ,

$S'_l$  і  $S''_l$  – загальний опір кожної з ділянок водогону при витраті  $q_i$ .

$$S_l = S_{0l} \times l,$$

$S_{0l}$  і  $l$  – питомий опір і довжина відповідної ділянки.

Для побудовання графіка розраховується допоміжна таблиця 8. З цією ціллю необхідно максимально можливу подачу розбити на кілька відрізків, які повинні бути кратними 100 л/с (або 10 л/с при малих подачах) і для кожного визначити втрати напору в водогоні.

За умовами попередньої задачі від першого (вищого) резервуару вода подається в мережу спочатку водогоном  $d=900$  мм з  $S_0=0,002962$

довжиною 224 м, а потім водоходом  $d=800$  мм з  $S_0=0,005514$  (для витрат в  $\text{м}^3/\text{с}$ ) довжиною 4776 м. Тоді

$$h_i = (0,002962 \times 224 + 0,005514 \times 4776) q_i^2 = 26,9984 q_i^2$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок елементів характеристики першого резервуару

Витрата $q_i, \text{м}^3/\text{с}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$h_i, \text{м}$	1,08	4,32	9,72	17,28	27,0
$H_{1i} = H_1 - h_i, \text{м}$	43,92	40,68	35,28	27,72	18,0

Від другого резервуару вода подається спочатку трубопроводом  $d=700$  мм з  $S_0=0,01098$  довжиною 1391 м, а потім трубопроводом  $d=600$  мм з  $S_0=0,002262$  довжиною 609 м. Тоді

$$h'_i = (0,01098 \times 1391 + 0,002262 \times 609) q_{i1}^2 = 29,0486 q_{i1}^2$$

Максимальна подача від другого резервуару  $0,491 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Допоміжна таблиця розраховується аналогічно першому резервуару.

Таблиця 3.2 – Розрахунок елементів характеристики другого резервуару

Витрата $q_i, \text{м}^3/\text{с}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$h'_i, \text{м}$	0,29	1,16	2,61	4,65	7,26
$H_{2i} = H_2 - h'_i, \text{м}$	24,71	23,84	22,39	20,35	17,74

За даними таблиць 1 і 2 будується графік (рис. 3.2.).

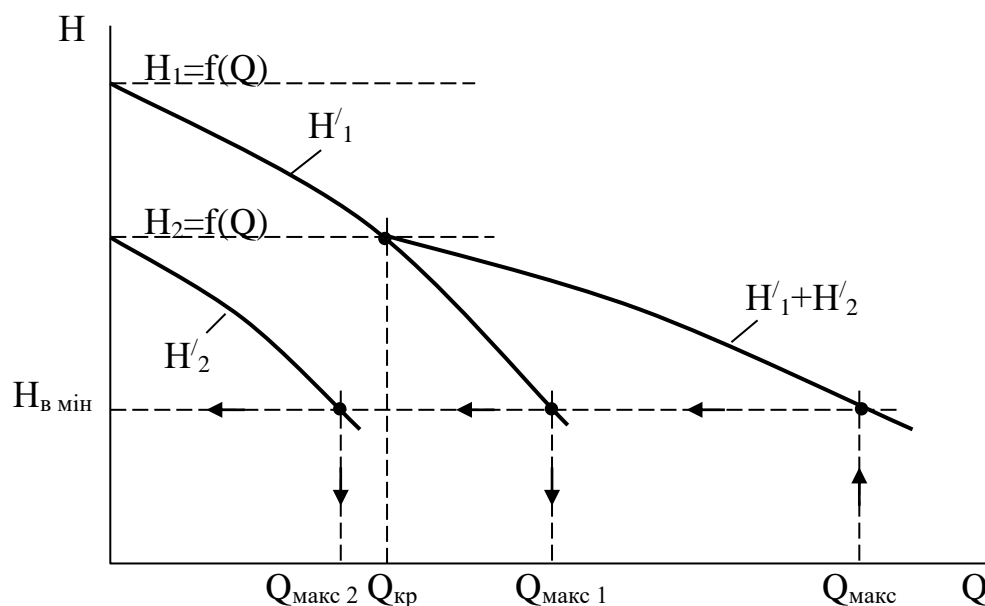


Рисунок 3.2 – Графік сумісної роботи двох резервуарів на загальну мережу

На графіку сумісної роботи крива  $H'_1$  будується за величинами  $H_1$  (табл. 2), крива  $H'_2$  – за величинами  $H_2$  (табл. 9), крива  $(H'_1 + H'_2)$  – шляхом складання абсцис кривих  $H'_1$  і  $H'_2$  при постійних дискретних значеннях ординат. Максимальне надходження з кожного із резервуарів можна знайти, якщо з точки  $Q_{\max}$  провести вертикальну лінію до перетину з кривою  $(H'_1 + H'_2)$ , а потім провести горизонтальну лінію до перетину з кривими  $H'_1$  і  $H'_2$ . Ця лінія буде також на висоті мінімально допустимого вільного напору в мережі.

Точка, з якої обидва резервуари стануть підживлювачами, відповідає критичній витраті. До  $Q_{кр}$  вода буде перетікати з одного резервуару в другий, а при  $Q > Q_{кр}$  вода в систему буде надходити з обох резервуарів.

#### **Питання для самоконтролю:**

1. Що таке найпростіша система і чим вона характеризується?
2. Як впливає величина відбору між підживлювачами на характер руху води між ними?
3. Що таке критична витрата і від чого вона залежить?
4. Від чого залежить максимальна витрата, яка може бути відібрана з системи?
5. Яким чином кількість підживлювачів враховується під час перевірових розрахунків водопровідних систем?
6. Яка різниця у вузлових рівняннях для схеми системи з одним контуром і двома вежами, які подають воду в мережу?

#### **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.. Гідравлічні 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.

