

Практичне заняття 4

Оптимізація роботи системи подачі та розподілу води

Мета заняття: Мета заняття: відпрацювання навичок аналізувати гідравлічні характеристики водопроводів при зміні умов їх функціонування, опанувати здібності застосування результатів гідравлічних розрахунків для реконструкції водопровідної мережі.

Задача №1.

Визначити діаметр підсилювального водогону такої ж довжини, як і наявний, для збільшення подачі води в φ разів, якщо довжина наявного сталевого водогону l_8 , його діаметр $d = 300$ мм (питомий опір $S_{01} = 0,8466$ для витрат в $\text{м}^3/\text{с}$), а витрата, яка подається по ньому Q_3 $\text{м}^3/\text{с}$. Подача здійснюється насосом, характеристика якого описується залежністю (при Q в л/с):

$$H = 84.49 - 0.001Q^2.$$

Чисельні величини прийняти згідно з додатком А.

Розв'язування типової задачі.

Дано: $\varphi = 1.6$, $l_8 = 4$ км, $Q_3 = 60$ л/с.

Визначити, який напір розвиває насос при подачі витрати Q_3 .

$$H_1 = 84.49 - 0.001Q_3^2 = 84.49 - 0.001 * 60^2 = 80.89 \text{ м.}$$

Визначити, який напір повинен розвивати насос при збільшенні витрати в φ разів:

$$H_2 = 84.49 - 0.001 * (\varphi Q_3)^2 = 84.49 - 0.001 * (1,6 * 60)^2 = 75,27 \text{ м.}$$

Визначити на скільки повинна опуститися робоча точка насоса, щоб забезпечити необхідне збільшення подачі.

$$\Delta h = H_1 - H_2 = 80.89 - 75.27 = 5.62 \text{ м.}$$

Визначити втрати напору у водогоні до його підсилення.

$$h_1 = S_1 * Q_3^2 = S_{01} * l_8 * Q_3^2 = 0.8466 * 4000 * 0.06^2 = 12.19 \text{ м.}$$

Визначити, які втрати напору будуть у водогоні після їх підсилення.

$$h_1' = h_1 - \Delta h = 12.19 - 5.62 = 6.57 \text{ м.}$$

Визначити, яка витрата буде в наявним водогоні, після його підсилення.

$$Q_3' = \sqrt{\frac{h_1'}{S_{01} * l_8}} = \sqrt{\frac{6.57}{0.8466 * 4000}} = 0.044 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Визначити, який напір необхідно подавати по додатковому водогону, щоб збільшити подачу в φ раз.

$$Q_2 = \varphi Q_3 - Q_3' = 16 * 60 - 44 = 52 \text{ л / с}.$$

Визначити питомий опір додаткового водогону

$$S_{од} = \frac{Q_3^2}{Q_2^2} * \frac{S_{01} * l_8 - S_{\varphi} * (\varphi^2 - 1)}{l_8},$$

де $S_{\phi} = 0,001$ – фіктивний опір насоса.

$$S_{од} = \frac{60^2}{52^2} * \frac{0,8466 * 4000 * 10^{-6} - 0,001 * (1,6^2 - 1)}{4000} =$$
$$= 1.33(0.003386 - 0.00156) / 4000 = 0,607 * 10^{-6},$$

Стальний трубопровід $d = 350$ мм має при ненових трубах $S_{од} = 0,3731$ для Q в $\text{м}^3/\text{с}$ [5], що із запасом забезпечить необхідне підсилення подачі.

Задача №2.

Для умов попередньої задачі та результатів її розв'язування визначити точну довжину підсилювального водогону, якщо його під'єднати до наявного.

Розв'язування типової задачі.

Необхідна довжина підсилювального водогону визначається за формулою:

$$l_1 = \frac{h_1' - S_{01} l_8 (\varphi Q_3)^2}{S_{01} Q_1^2 - S_{01} (\varphi Q_3)^2},$$

де h_1' - загальні втрати напору в водогоні після їх підсилення, $h_1' = 6,57$ м;

S_{01} - питомий опір наявного водогону, $S_{01} = 0,8466$ (для витрат в $\text{м}^3/\text{с}$);

l_8 - довжина наявного водогону, $l_8 = 4000$ м;

φ - коефіцієнт збільшення подачі, $\varphi = 1,6$;

Q_3 витрата, яка подавалась водогоні до його підсилення, $Q_3 = 60$ л/с;

Q_1 витрата, яка буде подаватися наявним водогоні після його підсилення.

$$Q_1 = \varphi Q_3 \frac{\sqrt{S_{од} / S_{01}}}{1 + \sqrt{S_{од} / S_{01}}},$$

де $S_{01} = 0,3731$ - питомий опір для труби $d = 350$ мм (за даними попередньої задачі).

$$Q_1 = 1.6 * 0.06 \frac{\sqrt{0.3731 / 0.8466}}{1 + \sqrt{0.3731 / 0.8466}} = 0.0383 \text{ м}^3 / \text{с} = 38,3 \text{ л} / \text{с}.$$

Тоді довжина підсилювального водогону буде

$$l_1 = \frac{6.57 - 0.8466 * 4000 * 0.096^2}{0.8466 * 0.0383^2 - 0.8466 * 0.096^2} = \frac{6.57 - 31.21}{0.00124 - 0.0078} = 3756 \text{ м}.$$

Задача №3.

Визначити найменшу довжину підсилювального водогону, який підключається до одного з двох паралельних наявних водогонів $d = 300$ мм ($S_{01} = 0,8466$ для витрат в $\text{м}^3/\text{с}$) довжиною l_8 , кожний з подачею ними витрати Q_6 л/с. Подача здійснюється двома насосами з характеристикою

$$H = 84.49 - 0.001Q^2.$$

Передбачається збільшити подачу в φ_1 разів. Підсилювальний водогін тим діаметром, як і наявний. Чисельні значення прийняти згідно з додатком А.

Розв'язування типової задачі.

Дано: $Q_6 = 120$ л/с; $\varphi_1 = 1,3$; $l_8 = 4000$ м.

Визначити, який напір розвиває насос при подачі витрати Q_6 .

$$H_1 = 84.49 - 0.001 * \left(\frac{120}{2}\right)^2 = 80.89 \text{ м.}$$

Визначити, який напір повинен розвивати насос при подачі збільшеної в φ_1 разів витрати.

$$H_2 = 84.49 - 0.001 * \left(\frac{120 * 1,3}{2}\right)^2 = 78,41 \text{ м.}$$

Визначити, на скільки повинна опуститися робоча точка насоса, щоб забезпечити необхідне збільшення подачі.

$$\Delta h = H_1 - H_2 = 80.89 - 78.41 = 2.48 \text{ м.}$$

Визначити втрати напору в кожному з двох наявних водогонів.

$$h_1 = S_{01} l_8 \left(\frac{Q_6}{2}\right)^2 = 0.8466 * 4000 * 0.06^2 = 12.19 \text{ м.}$$

Втрати напору в водогоні після їх підсилення повинні стати рівними:

$$h'_1 = h_1 - \Delta h = 12.19 - 2.48 = 9.71 \text{ м.}$$

При такій втраті напору по окремому водогоні, який не блокується з підсилювальним водогоном, буде подаватися витрата, що визначається за формулою

$$Q = \sqrt{h'_1 / (S_{01} l_8)} = \sqrt{9.71 / (0.8466 * 4000)} = 0.0536 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Довжина підсилювального водогону визначається за формулою

$$l_n = -\frac{4 * h'_1 - S_{01} l_8 (\varphi_1 Q_6 - Q)^2}{3 * S_{01} (\varphi_1 Q_6 - Q)^2} = -\frac{4 * 9.71 - 0.8466 * 4000 * (1.3 * 0.12 - 0.0536)^2}{3 * 0.8466 * (1.3 * 0.12 - 0.0536)^2} =$$

$$= -\frac{4 * 9.71 - 35.51}{3 * 0.008877} = 3875 \text{ м.}$$

Задача №4.

Визначити, як зміниться довжина підсилювального водогону для умов попередньої задачі у випадку блокування всіх водогонів між собою.

Розв'язування типової задачі

При блокуванні водогонів між собою необхідна довжина підсилювального водогону визначається за формулою

$$l_n = -\frac{9 * 4h'_1 - S_{01} l_8 (\varphi_1 Q_6)^2}{5 * S_{01} (\varphi_1 Q_6)^2} = -\frac{9 * 4 * 9.71 - 0.8466 * 4000 * (1.3 * 0.12)^2}{5 * 0.8466 * (1.3 * 0.12)^2} =$$

$$= -\frac{9}{5} \times \frac{38.84 - 82.41}{0.0206} = 3807 \text{ м.}$$

Результат показує, що при блокуванні між собою всіх водогонів довжина підсилювального водогону дещо зменшується шляхом того, що в цьому випадку загальна витрата розподіляється по більшій кількості ділянок водогонів.

Питання для самоконтролю

1. Що таке еквівалентна витрата і як вона визначається?
2. Якими способами збільшується пропускна можливість водогонів?
3. Як впливає спосіб приєднання підсилювального водогону до наявних водогонів на їх пропускну можливість?
4. Як визначається діаметр підсилювального водогону, який прокладається паралельно наявного водогону?
5. Як визначається необхідна довжина підсилювального водогону при одному наявному для забезпечення необхідного збільшення подачі?

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: https://polyplastic.ua/files/DSTU/dbn_v.2.5_74_2013.pdf
2. Добровольська О.Г., Водопровідні мережі : навчально-методичний посібник. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 221 с.
3. Ткачук О. А. Міські інженерні мережі : навч. посіб. Рівне : НГВГП, 2015. 412 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054235.pdf>.

Додаток А.

Таблиця А1 – Чисельні величини вихідних даних

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
φ		1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,35	1,45	1,55	1,4	1,3
l ₈	м	5500	5600	5700	5800	5900	6000	6100	6200	6300	6400
Q ₃	м ³ /с	0,052	0,05	0,046	0,045	0,046	0,05	0,052	0,053	0,05	0,045
Q ₆	л/с	105	110	115	120	125	132	135	140	145	137
φ ₁	разів	1,1	1,15	1,17	1,19	1,20	1,22	1,23	1,24	1,25	1,27