

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ОПОРІВ З ВИМІРЮВАННЯМ КІЛЬКІСНИХ ЇХНІХ ХАРАКТЕРИСТИК**

#### **1 Мета роботи**

Визначити втрати напору в місцевих опорах і по довжині експериментально і по теоретичним залежностям та порівняння їх значень

#### **2 Програма роботи**

- Вивчити теоретичні основи явища втрат напору.
- Вивчити будову і принцип роботи лабораторних установок, на яких досліджуються гідравлічні опори.
- Визначити експериментально втрати напору по довжині трубо-провода і в місцевих опорах, вирахувати їх для тих же умов за формулами і результати порівняти між собою.
- Оформити звіт по виконаній роботі.

#### **3 Вказівки по підготовці до роботи**

Позааудиторно вивчити теоретичні основи явища втрат напору потоком рідини [1] с.51 ...64, [2] с.63...79, [3] с. 52...78 і по конспекту лекцій студента. Підготувати таблиці для внесення результатів вимірювання і вирахувань.

#### **4 Оснащення робочого місця**

Робоче місце забезпечується лабораторною установкою для дослідження втрат напору по довжині, в вигляді ділянки трубопровода довжиною 6 м і лабораторною установкою для дослідження втрат напору в місцевих опорах, в вигляді трубопровода з раптовим розширенням і звуженням його, як місцевими опорами і розташованими на цьому ж трубопроводі пристроями запірно-регулюючої арматури: прохідним пробковим латунним сальниковим краном, вентилям, прямим кутовиком. Вода на установки подається з бака.

#### **5 Вказівки по виконанню роботи, аналізу результатів та складання звіту**

1) По плакатам та діючому обладнанню виконати пункти, які зазначено у програмі роботи.

2) Скласти звіт по лабораторній роботі.

#### **6 Дослідження гідравлічних опорів з вимірюванням кількісних їхніх характеристик**

В лабораторії гідравліки вивчити будову і принцип роботи лабораторних установок.

Відкриттям вентилів 1 і 4 (рис. 4.1), або вентиля 1 (рис. 4.2) встановити витрату води. Після встановлення сталого руху води в системі зняти показання п'єзометрів і виміряти витрату води за допомогою мірного водозливу. Результати вимірювання внести в таблиці 4.1 і 4.2.

Досліджуваний місцевий опір \_\_\_\_\_

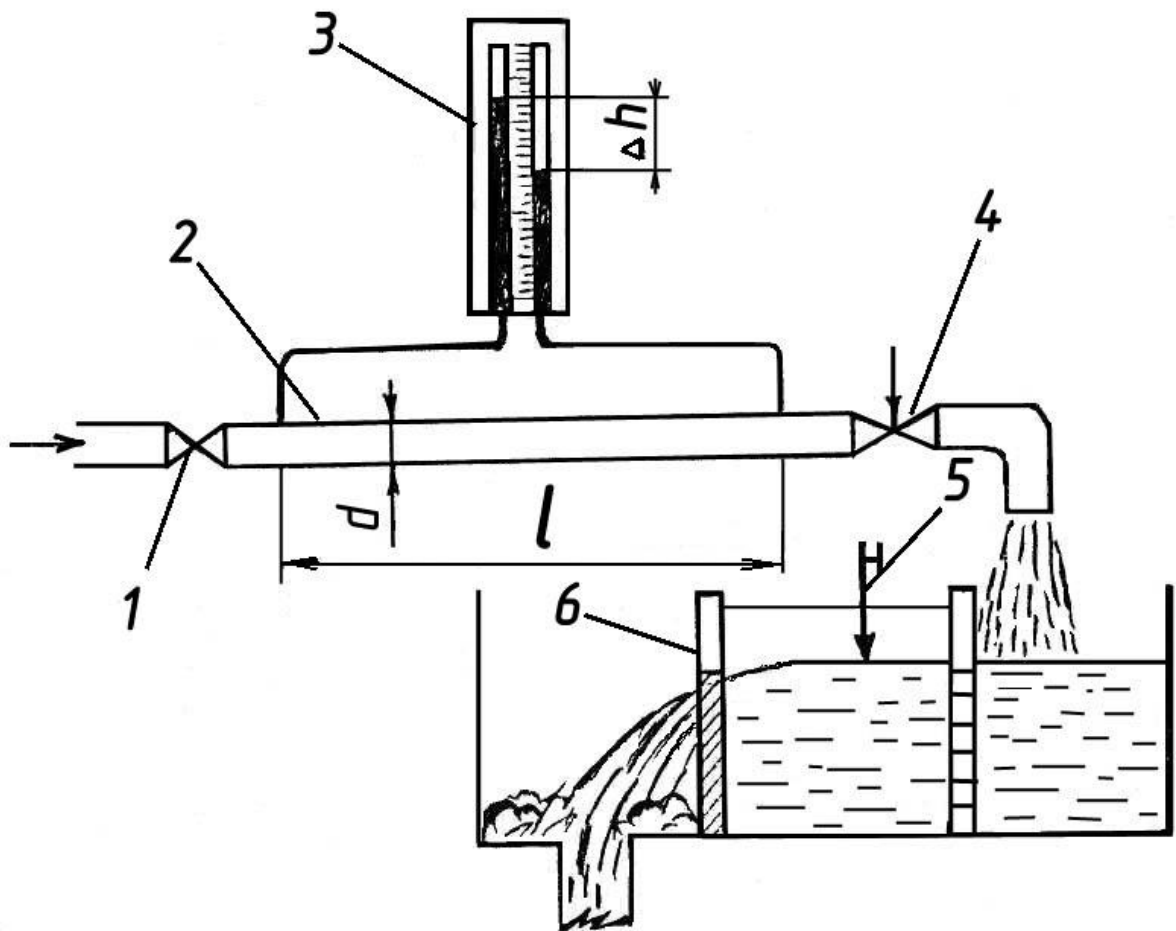


Рисунок 4.1 - Схема лабораторної установки для дослідження втрат напору по довжині трубопровода: 1,4 - вентиля; 2 - досліджувана ділянка трубопровода  $l = 6$  м,  $d = 25$  мм; 3 - п'єзометри; 5 – вимірювальна голка; 6 - трикутний вимірювальний водозлив.

Площа поперечного перерізу трубопровода (табл. 4.1 і 4.2) вираховується залежністю

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (4.1)$$

де  $d$  - діаметр трубопровода.

Середня швидкість руху води вираховується за залежністю

$$v = \frac{Q}{\omega}, \quad (4.2)$$

де  $Q$  - витрата води;

$\omega$  - площа поперечного перерізу.

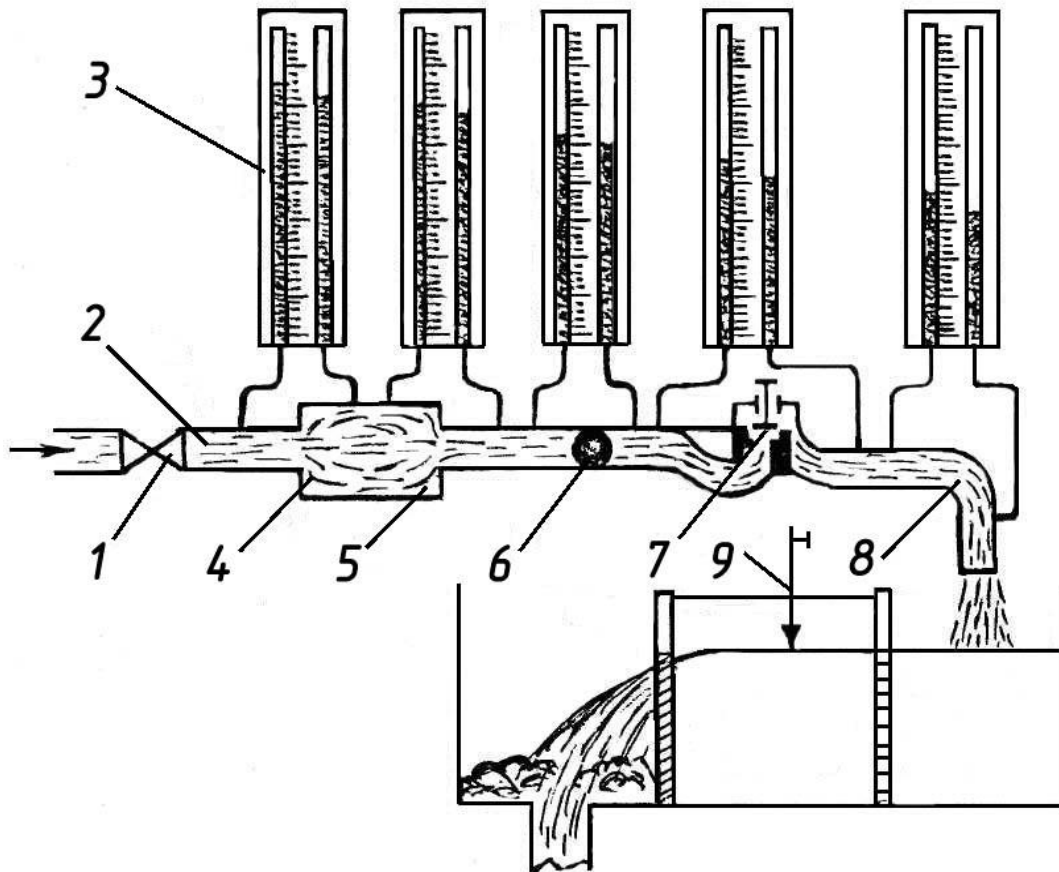


Рисунок 4.2 - Схема лабораторної установки для дослідження втрат напору в місцевих опорах: 1 - вентиль; 2 - трубопровід з досліджуваними місцевими опорами; 3 - п'єзометри; 4,5,6,7,8 - досліджувані місцеві опори відповідно: раптові розширення і звуження трубопровода, прохідний пробковий латунний сальниковий кран, вентиль, прямий кутовик; 9 - вимірювальна голка; 10 - трикутний вимірювальний водозлив.

Для визначення формули за якою знаходиться коефіцієнт втрат напору по довжині необхідно вирахувати число Рейнольдса за залежністю

$$R_e = \frac{V \cdot d}{\nu}, \quad (4.3)$$

де  $V$  - середня швидкість руху води;

$d$  - діаметр трубопровода, 25 мм;

$\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості води,  $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Режим руху води визначається шляхом порівняння вирахованого числа Рейнольдса,  $R_e$ , з критичним,  $R_{e \text{ кр}} = 2320$ .

Якщо  $R_e$  менше  $R_{e \text{ кр}}$  - режим руху води ламінарний і коефіцієнт  $\lambda$  вираховується за формулою

$$\lambda = \frac{64}{R_e}, \quad (4.4)$$

де  $R_e$  - вираховане число Рейнольдса,

Якщо  $R_e$  більше  $R_{e \text{ кр}}$  режим турбулентний і тоді необхідно визначити його зону, що робиться за допомогою першого і другого граничних чисел Рейнольдса, тобто  $R_{e \text{ зр1}}$  і  $R_{e \text{ зр2}}$ , які в свою чергу визначаються залежностями

$$R_{e \text{ зр1}} = 50 \cdot \frac{d}{\Delta} \quad R_{e \text{ зр2}} = 1100 \cdot \frac{d}{\Delta} \quad (4.5)$$

де  $d$  - діаметр трубопровода, 25 мм;

$\Delta$  - висота виступів шорсткості на внутрішній поверхні трубопровода, 0,3...0,7 мм.

Отже, якщо вираховане число Рейнольдса  $R_e < R_{e\text{ зр1}}$  буде мати місце гідравлічно гладка зона і коефіцієнт  $\lambda$  вираховується за залежністю

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt{R_e}} \quad (4.6)$$

Якщо  $R_e > R_{e\text{ зр1}}$  буде мати місце перехідна зона і коефіцієнт вираховується за залежністю

$$\lambda = 0,11 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e}} \quad (4.7)$$

Якщо  $R_e > R_{e\text{ зр2}}$ , то зона буде шорстка і коефіцієнт вираховується за залежністю

$$\lambda = 0,11 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta}{d}} \quad (4.8)$$

Втрати напору по довжині вираховуються за залежністю

$$h_{\text{дов}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (4.9)$$

де  $l$  - довжина трубопровода, 6 м;

$d$  - діаметр трубопровода, 25 мм;

$V$  - середня швидкість руху води в трубопроводі.

Вираховане значення втрат напору по довжині трубопровода необхідно порівняти з експериментальним його значенням  $\Delta h$  і зробити висновок що до їх рівнозначності.

Втрати напору в місцевих опорах вираховуються за залежністю

$$h_{\text{м}} = \xi_{\text{м}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (4.10)$$

де  $h_m$  - коефіцієнт місцевого опору, який для раптового розширення і звуження трубопровода має значення відповідно 9 і 0,4...0,5; для пробкового крана (при повному відкритті) - 0,05; кутовика (коліна) - 1,3.

Таблиця 4.1 - Результати вимірювання і вирахувань при визначенні втрат напору по довжині трубопровода.

Величини	Номер досліду			Середнє значення
	1	2	3	
Різниця показань п'єзометрів (втрати напора), $\Delta h$ , мм				
Витрата води, $Q$ , л/с				
Площа поперчного перерізу трубопровода, $\omega$ , м <sup>2</sup>				
Середня швидкість руху води, $V$ , м/с				
Число Рейнольдса, $Re$				
Режим руху води				
Зона гідравлічного опору				
Коефіцієнт гідравлічного тертя, $\lambda$				
Втрати напору вираховані по теоретичним залежностям, $h_B$ , мм				

Таблиця 4.2 - Результати вимірювання і вирахувань при визначенні втрат напору в місцевих опорах.

Величини	Номер досліду			Середнє значення
	1	2	3	
Різниця показань п'езометрів (втрати напора), $\Delta h$ , мм				
Витрата води, $Q$ , л/с				
Площа поперчного перерізу трубопровода, $\omega$ , м <sup>2</sup>				
Середня швидкість руху води, $V$ , м/с				
Значення коефіцієнта місцевого опору за табличними даними, $\zeta$				
Втрати напору визначені по теоретичній залежності, $h_B$ , мм				

Вирахуване значення втрат напору в місцевому опорі  $h_m$  порівняти з експериментальним його значенням  $\Delta h$  і зробити висновок що до їх рівнозначності.

Звіт по роботі повинен містити викладення її мети, схеми установок (рис.4.1 і 4.2) і результати дослідів та вирахувань (табл. 4.1 і 4.2).



## 7 Контрольні запитання

- 1) Що таке гідравлічні опори і які види їх існують в гідравлічних системах ?
- 2) Як гідравлічні опори впливають на напір рідини ?
- 3) За якими залежностями (формулами) вираховуються втрати напору в місцевих опорах і по довжині.
- 4) Які режими руху рідини існують в гідравлічних системах і як вони визначаються ?
- 5) Як знаходяться коефіцієнт втрат напору по довжині, і місцевого опору?
- 6) Як визначаються втрати напору експериментально ?