

## **Робочий зошит до ЛР №4**

**Тема: Дослідження гіdraulічних опорів з вимірюванням кількісних їхніх характеристик**

**Мета:** визначення втрат напору в місцевих опорах і по довжині експериментально і по теоретичним залежностям та порівняння їх значень

**Час:** 2 год.

### **Програма роботи**

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

### **Дослідження гіdraulічних опорів з вимірюванням кількісних їхніх характеристик**

В лабораторії гіdraulіки 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 1 і 2.

Досліджуваний місцевий опір\_\_\_\_\_

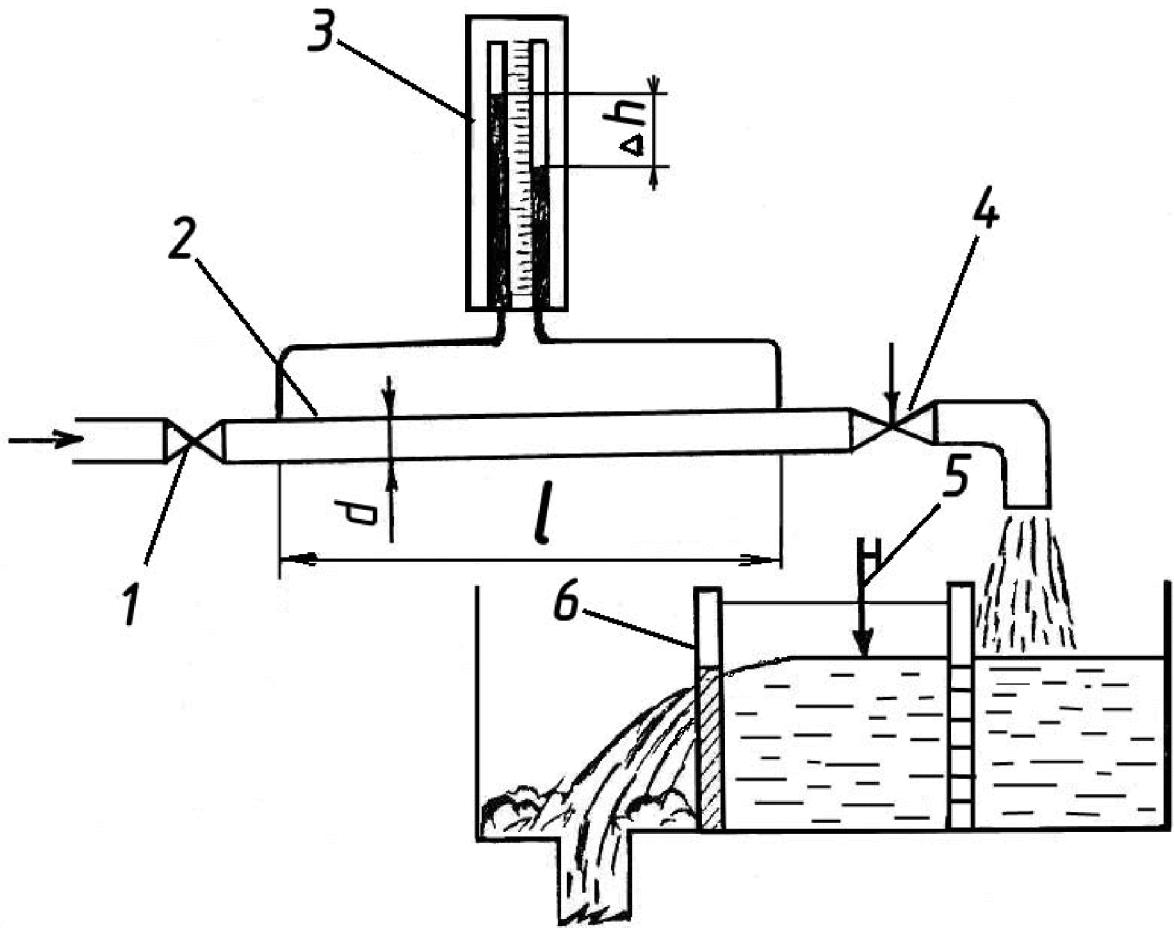


Рисунок 4.1 - Схема лабораторної установки для дослідження втрат напору по довжині трубопровода:

1	
2	
3	
4	
5	
6	

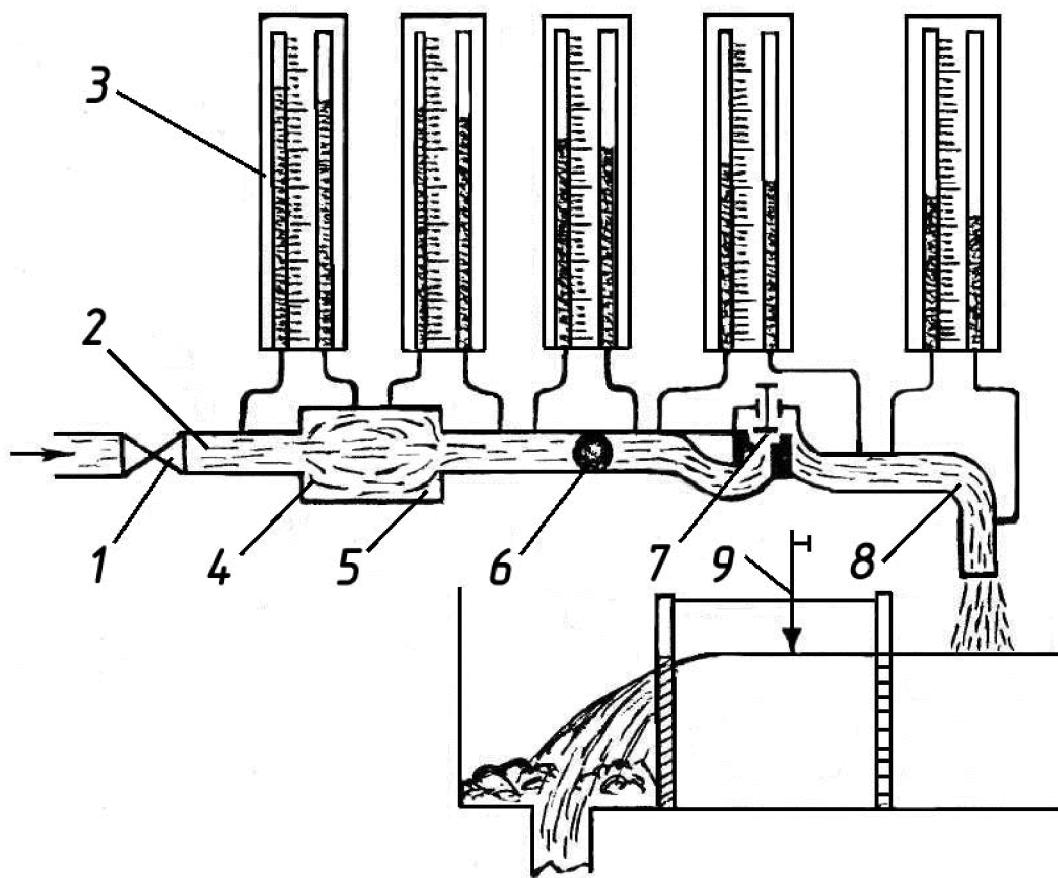


Рисунок 4.2 - Схема лабораторної установки для дослідження втрат напору в місцевих опорах:

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

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

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

де  $d$  - діаметр трубопровода.

Середня швидкість руху води вираховується за залежністю

$$V = \frac{Q}{\omega},$$

де  $Q$  - витрата води;

$\omega$  - площа поперечного перерізу.

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

$$R_e = \frac{V \cdot d}{\nu},$$

де  $V$  - середня швидкість руху води;

$d$  - діаметр трубопровода, 25 мм;

$\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості води, 1-10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с.

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

Якщо  $R_e < R_{e\ kp}$  - режим руху води ламінарний і коефіцієнт  $\lambda$  вираховується за формулою

$$\lambda = \frac{64}{R_e},$$

де  $R_e$  -вираховане число Рейнольдса,

Якщо  $R_e > R_{e\ kp}$  режим турбулентний і тоді необхідно визначити його зону, що робиться за допомогою першого і другого граничних чисел Рейнольдса, тобто  $R_{e\ erp1}$  і  $R_{e\ erp2}$ , які в свою чергу визначаються залежностями

$$R_{e\ erp1} = 50 \cdot \frac{d}{\Delta} \quad R_{e\ erp2} = 1100 \cdot \frac{d}{\Delta}$$

де  $d$  - діаметр трубопровода, 25 мм;

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

Отже, якщо вираховане число Рейнольдса  $R_e < R_{e\ erp1}$  буде мати місце гіdraulічно гладка зона і коефіцієнт  $\lambda$  вираховується за залежністю

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt{R_e}}$$

Якщо  $R_e > R_{e_{zp1}}$  буде мати місце перехідна зона і коефіцієнт вираховується за залежністю

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

Якщо  $R_e > R_{e_{zp2}}$ , то зона буде шорстка і коефіцієнт вираховується за залежністю

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

Втрати напору по довжині вираховуються за залежністю

$$h_{\text{дов}} = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

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

$$h_m = \xi_m \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

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, $R_e$				
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'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				
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).

### **Контрольні запитання**

- 1) Що таке гіdraulічні опори і які види їх існують в гіdraulічних системах ?
- 2) Як гіdraulічні 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 гіdraulічних системах і як вони визначаються ?
- 5) Як знаходяться коефіцієнт втрат напору по довжині, і місцевого опору?
- 6) Як визначаються втрати напору експериментально ?

### **Висновок**

---

---

---

---

---

---

---