ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОКУ РІДИНИ З ЗАСТОСУВАННЯМ РІВНЯННЯ БЕРНУЛЛІ

1 Мета роботи

Встановити зв'язок між швидкістю руху і тиском в потоці рідини з використанням рівняння Бернуллі та побудувати п'єзометричну і напорну лінії для трубопровода змінного поперечного перерізу (діаметра).

2 Програма роботи

- Вивчити рівняння Бернуллі, його геометричне зображення і фізичний зміст.
- Вивчити будову і принцип роботи лабораторної установки.
- Виміряти питому потенціальну енергію в перерізах потоку води і виміряти витрату води.
- По дослідним даним вирахувати кінетичну і повну енергію потоку води та побудувати п'єзометричну і напорну лінії.
- Оформити звіт по виконаній роботі.

3 Вказівки по підготовці до роботи

Позааудиторно вивчити рівняння Бернуллі [1] с.39.. .45, [2] с.54.. .63, [3] С.43...52 і по конспекту лекцій студента.

Підготувати таблицю для внесення результатів вимірювання і вирахування (табл. 3.1).

4 Оснащення робочого місця

Робоче місце забезпечується лабораторною установкою, що складається з трубопровода змінного перерізу обладнаного приладами, вода в який подасться з бака (рис.3.1), плакатами і цими методвказівками.

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 Експериментальне застосування рівняння Бернулі

В лабораторії гідравліки вивчити будову і принцип роботи лабораторної установки.

Відкриттям вентилів 2 і 10 встановити вільну витрату води.

Після того як встановиться рух води в системі зняти показання п'єзометрів і виміряти витрату води за допомогою вимірювального трикутного водозливу. Результати вимірювань внести в таблицю 3.1.

Вирахувати необхідні величини згідно з таблицею 3.1 по відповідним залежностям:

Площу поперечного перерізу трубопровода

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \qquad (3.1)$$

де d - діаметр трубопровода.

Середню швідкість руху води

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \qquad (3.2)$$

де Q - витрата води;

d - діаметр трубопровода.

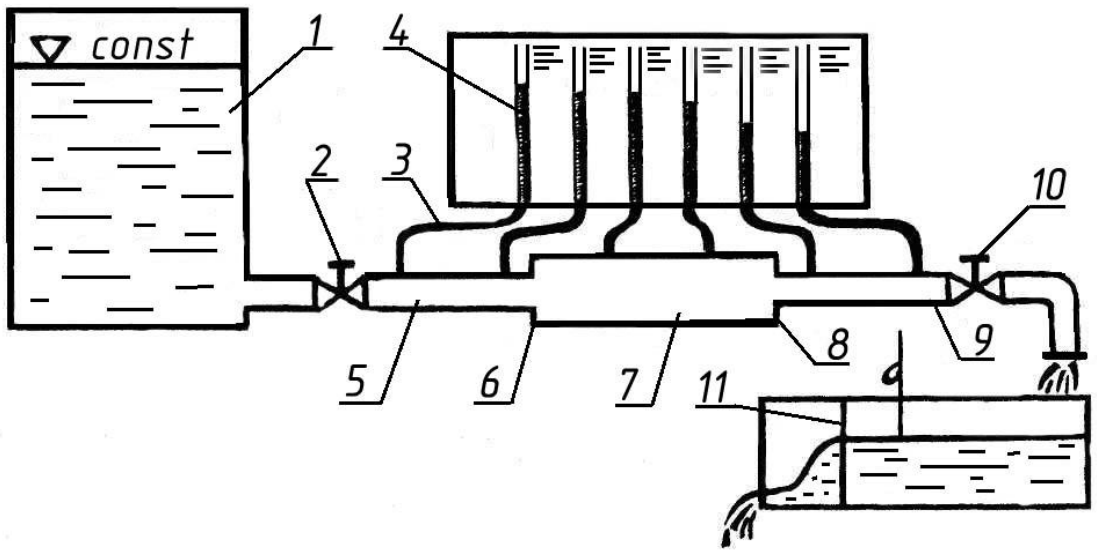

Рисунок 3.1 - Схема лабораторної установки: 1 - бак (резервуар) для води; 2, 10 - вентилі; 3 - імпульсна трубка; 4 - скляна трубка (п'єзометр); 5, 9 -трубопровід d = 32 мм; 6 - раптове розширення трубопровода; 7 - трубопровід d = 52 мм; 8 - раптове звуження трубопровода; 11 - вимірювальний трикутний водозлив.

Питому кінетичну енергію

$$\varepsilon_к = \frac{\alpha \cdot V^2}{2 \cdot g} \qquad (3.3)$$

де α - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу швидкостей по перерізу потоку рідини, 1,0... 1,1;

V - середня швидкість руху води в перерізах.

Повну питому енергію

$$\varepsilon = \varepsilon_{п} + \varepsilon_{к} \qquad (3.4)$$

Таблиця 3.1 - Дослідні дані і результати вирахувань величин для застосування рівняння Бернулі.

Величини	Номер перерізу					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Діаметр трубопровода, d, мм						
Площа живого перерізу трубопровода, ω, м^2						
Питома потенціальна енергія води в перерізах трубопровода (показання п'єзометрів), $\varepsilon_п$, м						
Витрата води, Q, м^3/с						
Середня швидкість руху води, V, м/с						
Питома кінетична енергія $\varepsilon_к$, м						
Повна питома енергія ε, м						
Втрати повної питомої енергії $\Delta\varepsilon$, м						
Відстань між перерізами, l, м						
Гідравлічний нахил, I						

де $\varepsilon_{п}, \varepsilon_{к}$ - відповідно питомі, потенціальна і кінетична енергія в перерізах.

Втрати повної питомої енергії на ділянках між 1 і 2, 3 і 4, 5 і 6 перерізами

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_{\text{поч}} - \varepsilon_{\text{кін}} \qquad (3.5)$$

де $\varepsilon_{\text{поч}}, \varepsilon_{\text{кін}}$ - повна питома енергія відповідно на початку і в кінці ділянки.

Гідравлічний нахил

$$I = \frac{\Delta\varepsilon}{l} \qquad (3.6)$$

де *l* - відстань між 1 і 2, 3 і 4, 5 і 6 перерізами, 70 см.

За даними таблиці 3.1 необхідно побудувати п'єзометричну і напірну лінії (рис. 3.1).

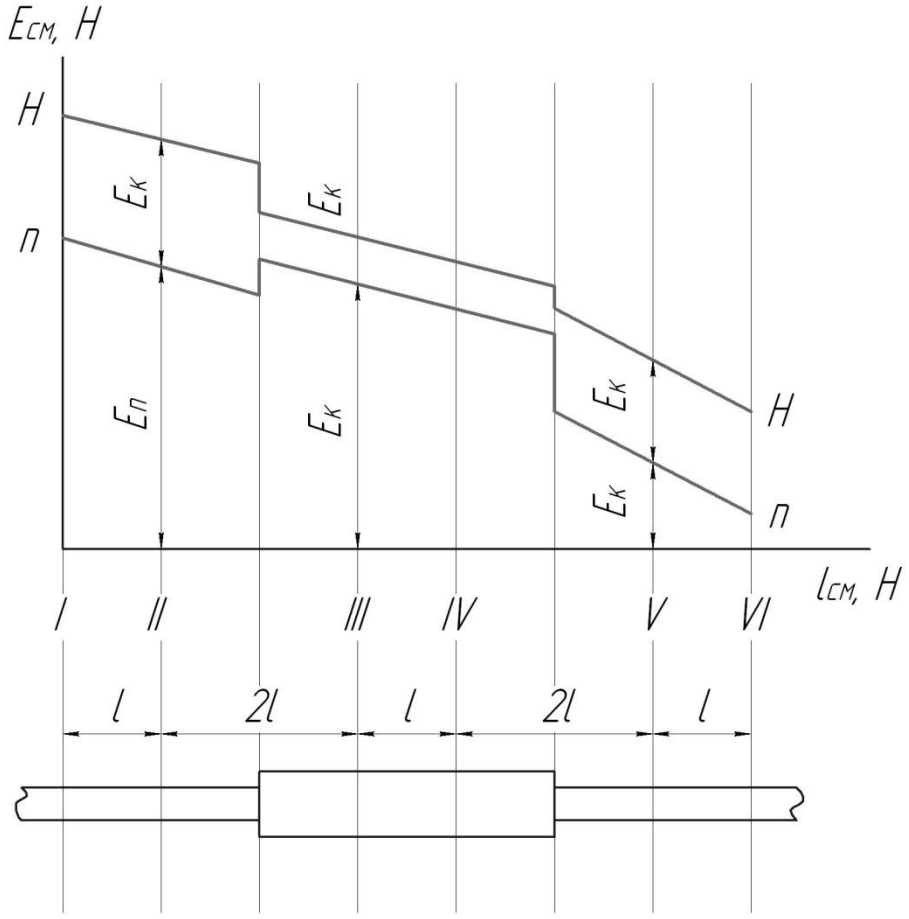

Рисунок 3.2 - Приклад (схема) побудови п'єзометричної і напірної ліній в трубопроводі змінного перерізу згідно з рівнянням Бернуллі: П-П - п'єзометрична лінія; Н-Н - напірна лінія (лінія повного напору); *l* -відстань між перерізами; $\varepsilon_{\text{п}}, \varepsilon_{\text{к}}$ - питома енергія, відповідно потенціальна і кінетична.

Ці лінії будуються за даними 1 і 2, 3 і 4, 5 і 6 перерізів, тобто на кожній з цих ділянок (між двома перерізами), в місцях розширення і звуження трубопровода вони з'єднуються по вертикалі. Приклад побудови п'єзометричної і напірної ліній показаний на рисунку 3.2.

Звіт по роботі повинен містити виклад мети роботи, таблицю дослідних даних і результатів розрахунків (табл. 3.1) та графіки п'єзометричної і напірної ліній (рис. 3.2).

7 Контрольні запитання

1) Між якими елементами потоку рідини описується зв'язок рівнянням Бернуллі?

2) Напишіть рівняння Бернуллі і поясніть значення величин, які до нього входять.

3) Як геометрично зображається рівняння Бернуллі?

4) Поясніть фізичний зміст рівняння Бернуллі.

5) Що таке гідравлічний і п'єзометричний нахил?

6) Чому напірна лінія по довжині трубопровода тільки знижується, а п'єзометрична може знижуватися і підвищуватися?