

-2 Закон Ома для жидкости

Условие

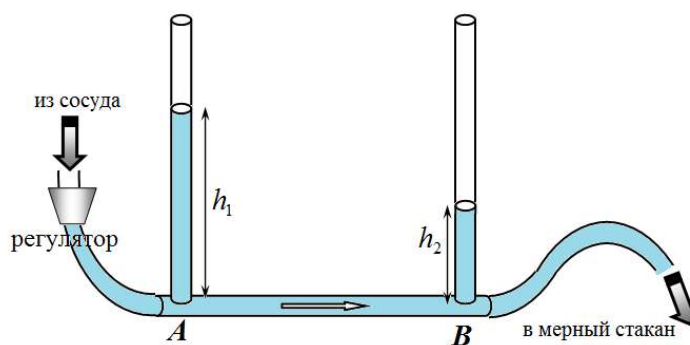
Задание 9-2 Закон Ома для жидкости.

При течении жидкости по трубке расход жидкости (объем жидкости, протекающий через трубку в единицу времени $q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$) пропорционален разности давлений на концах трубки ΔP

$$q = \frac{\Delta P}{R} \quad (1)$$

Это утверждение часто называют законом Ома для течения жидкости. Величину R в формуле (1) назовем гидродинамическим сопротивлением трубки. В данной задаче вам необходимо экспериментально проверить выполнимость этого закона и определите сопротивление трубки R . Вам предоставляется следующая установка. На вертикальной пластине закреплена горизонтальная трубка AB , по которой протекает вода, и движение которой исследуется. К концам трубки присоединены две вертикальные трубки для измерения давления на концах трубки AB . В качестве показателя давления используются высоты уровней воды h_1 и h_2 .

Вода протекает из большого сосуда через гибкий шланг, на котором находится регулятор стока воды. С помощью это регулятора можно изменять скорость течения воды. Ко второму концу трубки AB подсоединен гибкий шланг, направляющий воду в мерный стакан. На стакан нанесены две метки, объем стакана между этими метками равен 150 мл. Кроме того, в комплект оборудования входят: секундомер, салфетки, другая посуда.



Постарайтесь работать аккуратно, так, чтобы хотя бы часть вашей рабочей тетради осталась сухой!

Задания.

Для проведения исследований рекомендуем измерять время наполнения стакана между метками на стакане. Поддерживайте уровень воды в сосуде примерно на одном уровне.

1. Исследуйте зависимость разности уровней в трубках $\Delta h = h_1 - h_2$ от расхода жидкости q . Приведите формулу для расчета q по данным измерений.
2. Постройте график полученной зависимости.
3. Сделайте вывод – выполняется ли закон Ома для вашей установки? Кратко обоснуйте его.
4. Рассчитайте значение гидродинамического сопротивления трубки R в единицах системы СИ. Оцените погрешность найденного значения.

Плотность воды считайте равной $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, ускорение свободного падения $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Решение

Задание 9-2 Закон Ома для жидкости.

1. Измерения удобно проводить следующим образом. С помощью регулятора установить некоторый поток воды по трубке, измерить высоты уровней воды в трубках (h_1 , h_2), после чего измерить время t наполнения стаканчика между сделанными метками. Объем воды в стакане между метками равен $V_0 = 160$ мл. Разность уровней воды в трубках определяет разность давлений, которая рассчитывается по формуле

$$\Delta P = \rho g \Delta h. \quad (1)$$

Расход жидкости рассчитывается по формуле

$$q = \frac{\Delta V}{t}. \quad (2)$$

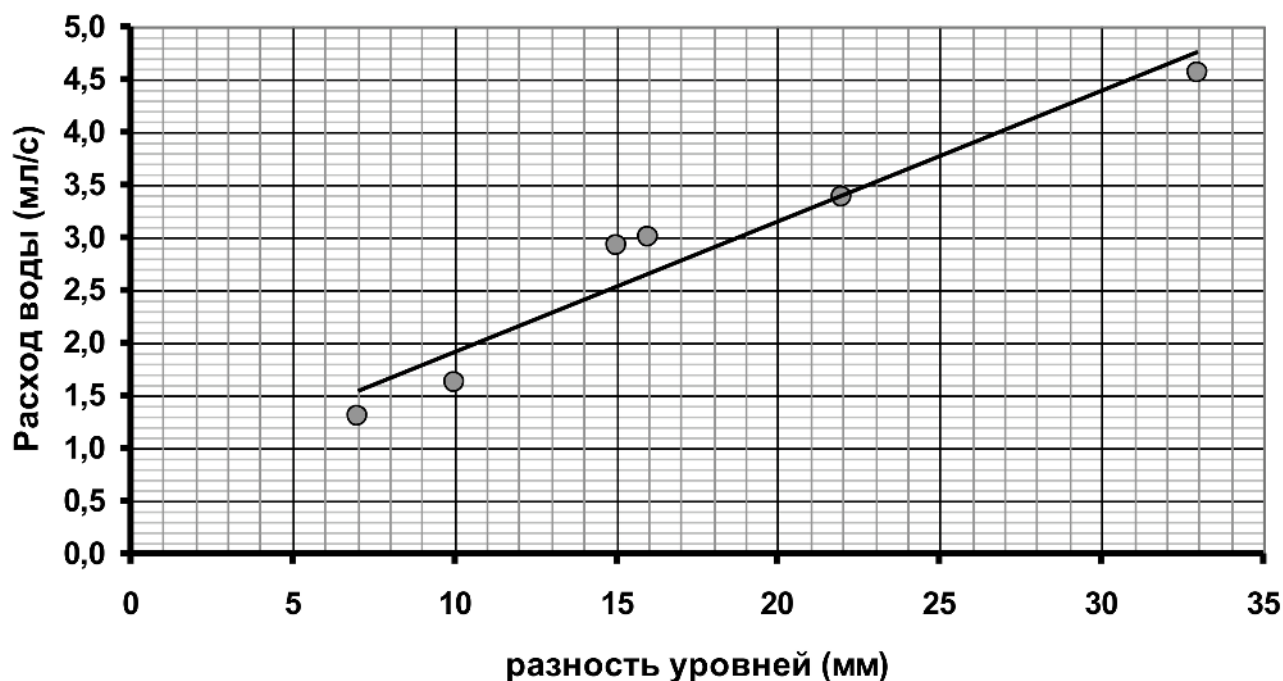
Результаты измерений и расчетов приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

h_1 , мм	h_2 , мм	t , с	Δh , мм	q , мл/с
80	113	35,12	33	4,56
100	115	54,91	15	2,91
111	118	122,54	7	1,31
98	114	53,51	16	2,99
107	117	98,44	10	1,63
92	114	47,40	22	3,38

2. График зависимости расхода от разности уровней показан на рисунке.

Зависимость расхода от разности уровней



3. Полученная зависимость близка линейной, что говорит о том, что закон Ома для течения жидкости в данном случае выполняется.

4. Для расчета гидродинамического сопротивления необходимо рассчитать коэффициент наклона построенного графика и оценить погрешность этого коэффициента. Результаты расчетов дают следующие значение коэффициента наклона

$$a = (0,12 \pm 0,03) \frac{(\text{мл/с})}{\text{мм}}. \quad (3)$$

Переведем данную величину в систему СИ. С учетом того, что $1\text{мл} = 10^{-6}\text{ м}^3$

$$P = \rho gh \Rightarrow 1\text{мм} = \frac{1\text{Па}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,02 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

Значение коэффициента наклона в единицах системы СИ равно

$$a = (0,12 \pm 0,03) \frac{(\text{мл/с})}{\text{мм}} = (0,12 \pm 0,03) \frac{10^{-6}(\text{м}^3/\text{с})}{10^{-4} \text{ Па}} = (0,12 \pm 0,03) \cdot 10^{-2} \frac{(\text{м}^3/\text{с})}{\text{Па}}. \quad (3)$$

Гидродинамическое сопротивление есть величина обратная найденному коэффициенту наклона

$$R = \frac{1}{a} \approx 830. \quad \Delta R = R \frac{\Delta a}{a} \approx 200 \quad (4)$$

Окончательный результат

$$R = (0,8 \pm 0,2) \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{с}}{\text{м}^3}. \quad (5)$$

Иными словами, примерно 800 гидроОм.