

Задание 9.1. Гидравлический «серый ящик»

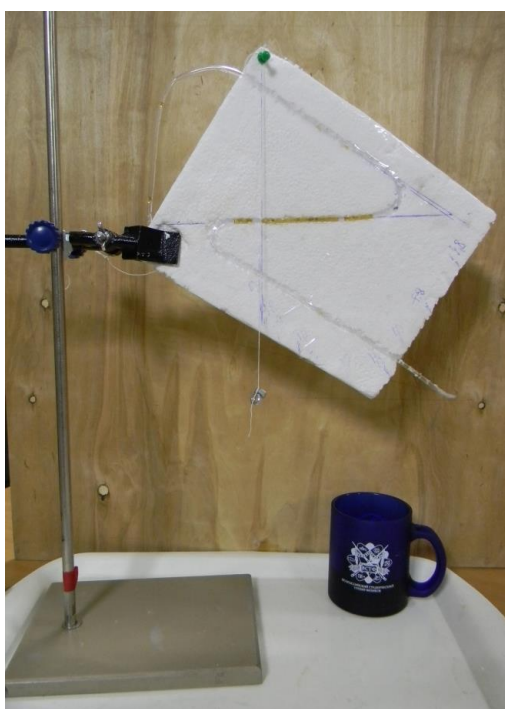
Возможное решение

1. Определение длины трубки.

С помощью шприца № 2 аккуратно заполним выступающий длинный конец трубки жидкостью объемом V_1 . Измерим длину $L_{\text{зап}}$ столбика жидкости в трубке. Для определения полной длины трубки заполним её водой из шприца № 1. По шкале шприца определим израсходованный объем жидкости V_0 . Найдём $L_0 = L_{\text{зап}} V_0 / V_1$.

2. Определение α .

Закрепим «серый ящик» (СЯ) в штативе таким образом, чтобы стрелка была в вертикальном положении. На фото справа СЯ представлен без передней крышки. Будем последовательно заливать в трубку порции жидкости начиная с объема V_0 и уменьшая объем этих порций с определенным шагом. Если объем залитой жидкости превышает суммарный объем V_2 наклонной и правой вертикальной частей трубки, то после отсоединения шприца жидкость выливается из трубки через нижний конец (эффект сифона). Вытекание жидкости прекратится, когда ее объем станет равным V_2 . Начиная с этого момента, после каждого заливания порции жидкости аккуратно поворачиваем СЯ в штативе на угол β против часовой стрелки до момента срабатывания сифона, что соответствует заполнению наклонного участка трубки. С помощью отвеса фиксируем угол поворота СЯ относительно вертикали, соответствующий данному объему заливаемой жидкости (фото снизу).



Начиная с некоторого объема заливаемой жидкости V_3 угол β_0 , при котором срабатывает сифон, перестанет изменяться. Объем V_3 соответствует объему наклонного участка трубки, а угол β_0 его горизонтальному положению. Отсюда следует, что $\alpha = 90^\circ - \beta_0$, а $L_1 = L_{\text{зап}} V_3 / V_1$.

Задание 9.2. Электрический «серый ящик»

Возможное решение

Подсоединим омметр к выводам «серого ящика» (СЯ) и убедимся, что его показания изменяются в зависимости от положения ключа и регулятора переменного резистора. В случае, когда мост сбалансирован, общее сопротивление цепи не должно зависеть от того, замкнут или разомкнут ключ. Меняя сопротивление переменного резистора, сбалазируем мост (периодически проверяя, изменяется или нет общее сопротивление в зависимости от положения ключа). Запишем показание омметра $\Omega_1 = 2,0$ кОм для сбалансированного моста.

Так как в этом случае отношение сопротивлений $\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_x}{R_1} = \alpha$, то $\Omega_1 = (\alpha + 1) \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.

С учетом приведенных в условии данных, значение $\alpha = 2$, а сопротивление резистора $R_3 = 4,0$ кОм.

Теперь, зная сопротивление трех резисторов, можно найти диапазон значений сопротивлений переменного резистора. Для этого, не замыкая ключа, определим минимальное и максимальное (в зависимости от положения регулятора) сопротивление всей цепи. В общем виде $R_x = \Omega \frac{R_2 + R_3}{\Omega + R_2 + R_3} - R_1$, где Ω - показания омметра.

Минимальное показание омметра $\Omega_{\min} = 0,86$ кОм, а максимальное $\Omega_{\max} = 2,8$ кОм. Из чего следует, что $0 < R_x < 5,0$ кОм.

Сопротивление резистора R_4 можно определить, замкнув ключ при том положении регулятора, когда омметр показывает минимальное сопротивление (сопротивление переменного резистора равно нулю). Новые показания омметра $\Omega_4 = 0,71$ кОм, с учетом

того, что $\Omega_4 = \frac{(R_{34} + R_2) R_1}{R_{34} + R_2 + R_1}$, где $R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$, позволяют рассчитать

$R_4 = \frac{(R_{14} - R_2) R_3}{R_3 - R_{14} + R_2} = 0,5$ кОм, где $R_{14} = \frac{R_1 \Omega_4}{R_1 + \Omega_4}$. Приводить формулы в общем виде не

обязательно.

Погрешность можно грубо оценить по числу значащих цифр, входящих в формулы величин. Разумные значения погрешности 5-10%.