

Отчёт о выполнении лабораторной работы 2.1.1

Гришаев Григорий С01-119

14 февраля 2022 г.

Измерение удельной теплоёмкости воздуха при постоянном давлении

Цель работы: 1) измерение повышения температуры воздуха в результате подвода тепла при стационарном течении через стеклянную трубу; 2) вычисление по результатам измерений теплоёмкости воздуха при постоянном давлении.

В работе используются: теплоизолированная трубка; электронагреватель; источник питания постоянного тока; амперметр; вольтметр; термомпара; компрессор; газовый счётчик; секундомер.

1 Теоретические сведения

Определение теплоёмкости обычно производится в калориметрах. При этом регистрируется количество тепла Q , полученное телом, и изменение температуры этого тела ΔT . Теплоёмкость тела определяется как их отношение:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1).$$

Необходимо, чтобы количество тепла, затрачиваемое на нагревание исследуемого тела, существенно превосходило тепло, расходуемое на нагревание самого калориметра, а также на потери тепла из установки.

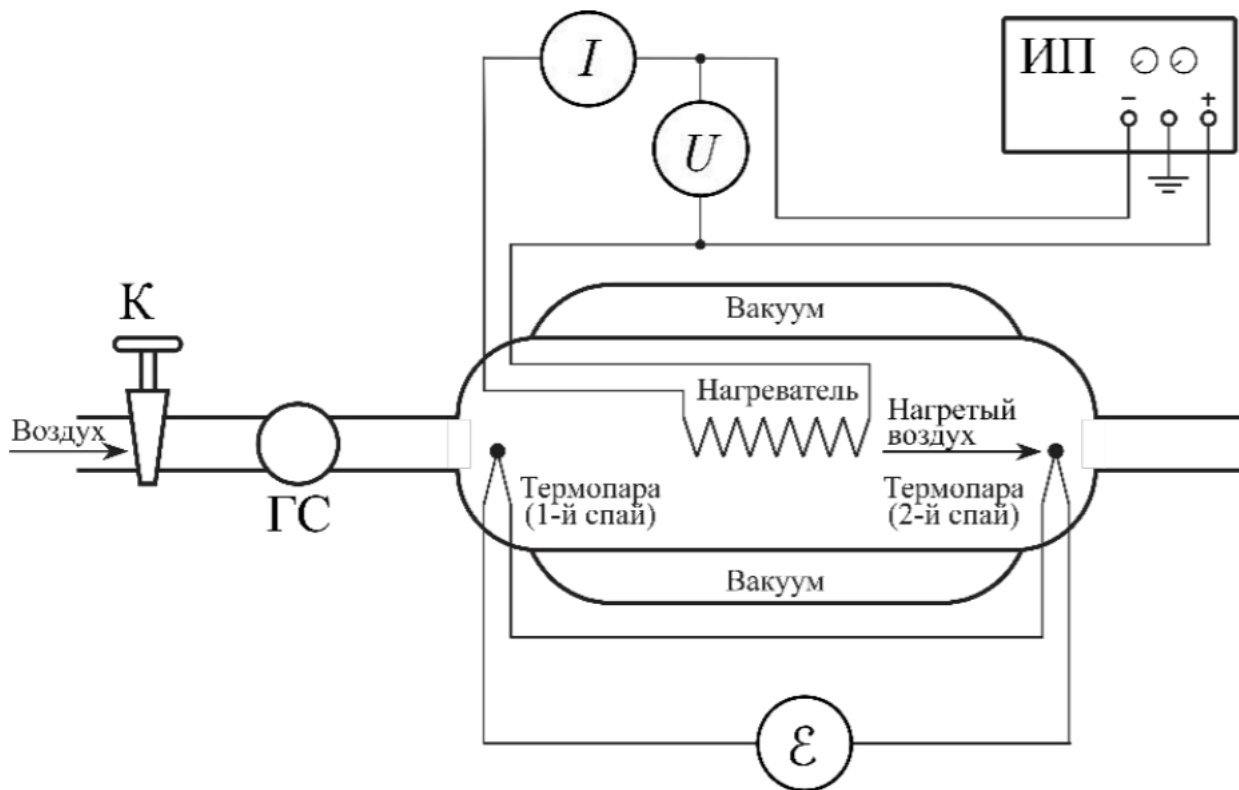
Для увеличения количества нагреваемого газа при неизменных размерах установки в нашей работе исследуемый газ (воздух) продувается через калориметр, внутри которого установлен нагреватель. При этом измеряются мощность нагревателя, масса воздуха, протекающего в единицу времени (расход), и приращение его температуры.

1.1 Экспериментальная установка:

Схема установки изображена на рис.1. Воздух, нагнетаемый компрессором, прокачивается через калориметр. Калориметр представляет собой стеклянную цилиндрическую трубку с двойными стенками, запаянными с торцов.

Нагреватель в виде намотанной на пенопласт нихромовой проволоки расположен внутри калориметра непосредственно в воздушном потоке. Нагрев проволоки производится от регулируемого источника постоянного тока (ИП). Напряжение U на нагревателе и ток I через него регистрируются цифровыми мультиметрами. Таким образом, мощность нагрева равна

$$N = UI \quad (3).$$



Для измерения разности температур ΔT служит медно-константановая термопара. Один спай термопары расположен в струе воздуха, входящего в калориметр, и находится при комнатной температуре, а второй — в струе выходящего нагретого воздуха. Константановая проволока термопары расположена внутри калориметра, а медные проводники подключены к цифровому вольтметру. Возникающая в термопаре ЭДС ε пропорциональна разности температур ΔT спаев:

$$\varepsilon = \beta \Delta T \quad (4),$$

где $\beta = 42.3 \frac{\text{мкВ}}{^\circ\text{C}}$ — чувствительность медно-константановой термопары в рабочем диапазоне температур ($20\text{--}30\text{ }^\circ\text{C}$). ЭДС регистрируется с помощью микровольтметра.

Вычислим работу, совершаемую при протекании газа через калориметр. Внешняя работа по перемещению моля газа в направлении течения в начале трубки равна $A_1 = P_1 V_1$, а в конце трубки давление препятствует движению и внешняя работа над газом отрицательна: $A_2 = -P_2 V_2$. Полная работа над газом равна $A_1 + A_2 = P_1 V_1 - P_2 V_2$, а работа самого газа равна этой же величине, но с обратным знаком:

$$A = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

Внутренняя энергия газа изменяется на величину $\Delta U = U_2 - U_1$. Из первого начала термодинамики:

$$Q = U_2 - U_1 + P_2 V_2 - P_1 V_1 = H_2 - H_1$$

, где $H = U + PV$ - энтальпия. Для идеального газа $H = C_p T$, поэтому

$$Q = C_p (T_2 - T_1)$$

. Следовательно, в данном эксперименте измеряется теплоемкость при постоянном давлении. Расчет удельной теплоемкости воздуха:

$$c_p = \frac{Q}{m \Delta T} = \frac{IU - N}{m \Delta T}$$

,

1.2 Ход работы