

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ ВОЗДУХА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Цель работы: определение теплоемкости воздуха при атмосферном давлении.

1. Основные понятия термодинамики, необходимые для проведения эксперимента.

Процесс преобразования теплоты в работу осуществляется в тепловых двигателях с помощью рабочего тела. Обычно в качестве рабочего тела используются газы и пары, т.к. они имеют больший коэффициент теплового расширения и при нагревании совершают большую работу, чем жидкости.

При различных термодинамических процессах изменение состояния газов зависит от их основных параметров P, V, T . Для каждого состояния газа характерна своя определенная величина внутренних энергий U . Т.е. внутренняя энергия является функцией параметров P, V, T . Разность внутренних энергий для двух состояний рабочего тела записывается

$$\Delta U = U_2 - U_1.$$

ΔU - изменение внутренней энергии, единица измерения которой, отнесенная к 1 кг газа – Дж/кг.

Согласно I-ому закону термодинамики, это означает, что если 1 кг газа сообщается с q единиц теплоты, а изменение внутренней энергии ΔU , что этот 1 кг газа совершает работу

$$A = q - \Delta U.$$

$$q = A + \Delta U$$

q – элементарное количество теплоты.

Количество теплоты, которое необходимо сообщить 1 кг вещества для изменения температуры на 1^0K называется удельной теплоемкостью C $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}\right]$.

Если теплоемкость относят к 1 м^3 (при нормальных условиях, т.е. $T=273 \text{ K}$, $P=P_{\text{атм}}$), или к 1 молу газа, то ее называют объемной или молярной теплоемкостью C' и μc .

В технике важное значение имеют процессы, протекающие при $V=\text{const}$, тогда теплоемкость при изохорическом процессе называется C_v' – объемная изохорная теплоемкость.

Если процесс изобарный $P=\text{const}$, то C_p' – объемная изобарная теплоемкость.

Количественное соотношение между C_p' и C_v' устанавливается законом Майера:

$$C_p - C_v = R$$

$$R - \text{универсальная газовая постоянная} = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль}\cdot\text{K}}.$$

2. Проведение эксперимента.

В данной работе необходимо опытным путем, используя метод прямоточного калориметра, определить теплоемкость воздуха при $P_{\text{атм}}$.

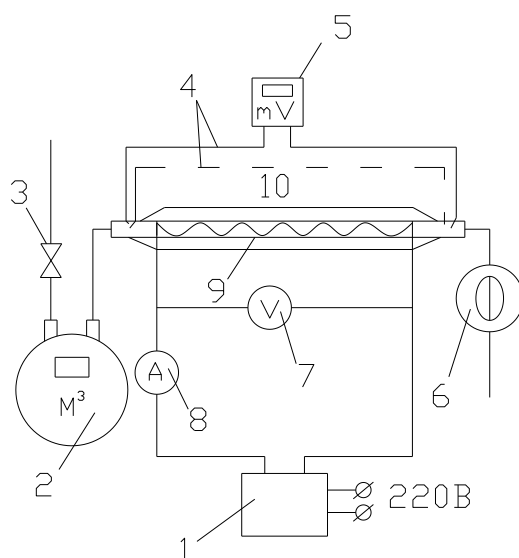


Рис. 1 Схема экспериментальной установки

Стеклянный прямоточный калориметр (9), через который проходит электрический нагреватель (10). Калориметр окружен стеклянной оболочкой для уменьшения потерь тепла в окружающую среду. Между калориметром и стеклянной воздушной средой находится в разряженном состоянии. Количество воздуха, поступающего в калориметр, определяется по показаниям газового счетчика (2), установленного на входе.

Разность температур воздуха на входе и выходе из калориметра дает установленная дифференциальная термопара (4), которая подключена к потенциометру (5).

Воздух из помещения поступает в систему с помощью компрессора (6). Вентиль (3) используется для регулировки расхода воздуха, проходящего через калориметр.

К потоку воздуха, протекающего через калориметр, подводится тепло от электронагревателя (10).

Автотрансформатором (1) регулируется величина электрического тока I (А). Амперметр (8) дает показание величины тока, вольтметр (7), включенный параллельно калориметру, показывает величину напряжения U (В).

Методика проведения эксперимента

Установка работает в стационарном режиме, т.е. расход воздуха постоянный, не зависит от времени.

$$\text{Удельную теплостойкость } C'_p = \frac{Q}{V_0 \cdot \Delta T},$$

где Q – количество теплоты, подводимое к калориметру, найдем по формуле:

$$Q = I_H \cdot U \cdot 10^{-3},$$

т.е. численно равно работе электрического тока $A = UI_H t$.

Электрический ток через нагреватель найдем (I_H) из условия равенства падения напряжения на нагревателе U_H и на вольтметре U_V (законы параллельного соединения проводников).

$$U_H = U_V = I_H \cdot R_H$$

$$\text{С другой стороны: } U_H = U_V = I_A \cdot R_{\text{общее}}$$

$$R_{\text{общее}} = \frac{R_V \cdot R_H}{R_H + R_V}$$

$$\text{Тогда } I_H \cdot R_H = I_A \cdot \frac{R_V \cdot R_H}{R_H + R_V} \rightarrow I_H = \frac{I_A \cdot R_V \cdot R_H}{(R_H + R_V) \cdot R_H}$$

$$\text{Т.е. } I_H = \frac{I_A \cdot R_V}{R_H + R_V} \text{ (} R_H \text{ и } R_V \text{ указаны на стенде)}$$

Объемный расход воздуха через калориметр, приведенный к нормальным условиям найдем:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T} \rightarrow V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0}$$

P_0, V_0, T_0 – значения параметров воздуха при нормальных условиях, т.е. $P_0 = P_{\text{атм}}$ и $T_0 = 273^0\text{К}$.

P, V, T – значения параметров воздуха в лаборатории.

Используя формулу теплоемкости по ее определению, найдем среднюю объемную теплоемкость при $P = \text{const}$.

$$C'_p = \frac{Q}{V_0 \cdot \Delta T},$$

$$\text{где } Q = I_H \cdot U \cdot 10^{-3}$$

$$Q = \frac{I_H \cdot R_V \cdot U \cdot 10^{-3}}{(R_H + R_V)}$$

(10^{-3} – время, сек)

Подставим значение Q в выражение для удельной теплоемкости

$$C'_p = \frac{I_H \cdot R_V \cdot U \cdot 10^{-3}}{V_0 \cdot \Delta T \cdot (R_H + R_V)}$$

Величину средней массовой теплоемкости определим:

$$C_p = \frac{C'_p \cdot 22,4}{\mu}$$

Используя уравнение Майера, необходимо рассчитать среднюю изохорную теплоемкость воздуха:

$$C_p - C_v = R$$

Полученные величины изобарной и изохорной теплоемкости сравнить со справочными данными.

Величина расхождения определяется по формуле:

$$\delta_c = \frac{|C - C_{ТАБЛ}|}{C_{ТАБЛ}} \cdot 100\%$$