

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 25.09.2022 16:25:32
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ff121185452781957be230d12724116170e57606d

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра управления инновациями
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОБАРНОЙ ТЕПЛОЁМКОСТИ ВОЗДУХА

Методические указания к выполнению лабораторной работы по
дисциплине «Теплотехника»
для студентов технических специальностей

Курск 2013

УДК 621.1

Составители: И.Р. Чеховский, И.И. Сокол, Л.Е. Кудрявцева,
В.А. Кудрявцев, Е.М. Кувардина.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры тепло-
газоснабжение и вентиляция *Г.Г.Щедрина*

Определение изобарной теплоемкости воздуха: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теплотехника»; / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: И.Р. Чеховский, И.И. Сокол, Л.Е. Кудрявцева, В.А. Кудрявцев, Е.М. Кувардина, Курск, 2013. 8 с., ил. 1 , табл. 1. Библиогр.: с. 8.

Излагаются методические рекомендации по определению изобарной массовой теплоемкости воздуха методом протока.

Предназначены для студентов технических специальностей.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.
Усл.печ.л.0,46.Уч. изд.л.0,42. Тираж экз.Заказ Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября

Целью работы является закрепление знаний по разделу курса "Теплоемкость газов" и освоение экспериментального определения теплоемкости газов методом протока.

Задание

1. Из опыта определить изобарную массовую теплоемкость воздуха при атмосферном давлении.
2. Составить отчет по выполненной работе.

Теоретическая часть

Теплоемкостью называется количество теплоты, которое нужно подвести или отвести от тела, чтобы изменить его температуру на 1 градус (1°C или 1 K).

Если теплоемкость относят к 1 кг газа, то ее принято называть массовой теплоемкостью и обозначать буквой c , Дж/(кг·К).

Если теплоемкость относят к 1 м^3 (взятому при нормальных физических условиях: $p=101325\text{ Па}$, $T=273,15\text{ К}$) или к 1 молю газа, то ее называют соответственно объемной или мольной и обозначают c' Дж/($\text{м}^3\cdot\text{К}$) и $\mu c = \bar{c}$ Дж/(кмоль·К), соответственно. Теплоемкости c , c' и μc связаны между собой соотношениями:

$$c = \mu c / \mu = c' / \rho; \quad c' = \rho \cdot c = c / 22,4 c'; \quad \bar{c} = \mu c = \mu \cdot c = c' \cdot 22,4$$

где μ – молекулярная масса газа, кг/кмоль;

ρ – плотность газа при нормальных физических условиях, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Теплоемкость газов зависит от температуры, если $\Delta t = t_2 - t_1 \rightarrow 0$, то мы имеем истинную теплоемкость. В общем случае теплоемкость может быть представлена квадратичной зависимостью, т.е.

$$c = dq/dt = a + b \cdot t + d \cdot t^2,$$

где $c = dq/dt$ – истинная массовая теплоемкость газа при температуре t ;

a , b и d – опытные константы, зависящие от природы газа и характера процесса.

Теплоемкость газа в каком-либо интервале температур t_1 и t_2 называется средней теплоемкостью и обозначается $\left[c \right]_{t_1}^{t_2}$. В интерва-

ле температур от t_1 до t_2 средняя теплоемкость определяется по формуле

$$c \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{q}{t_2 - t_1},$$

где q – количество теплоты, затраченное для нагрева газа от температуры t_1 до температуры t_2 .

В теплотехнике широко используют теплоемкость газа в изохорном и изобарном процессах, т. е. c_v и c_p .

Всегда $c_p > c_v$, а для идеальных газов $c_p - c_v = R$ (Уравнение Майера) или $\mu c_p - \mu c_v = 8314$ Дж/(кмоль·К),

где R – индивидуальная газовая постоянная, Дж/(кг·К);

8314 – универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль·К);

Отношение $c_p/c_v = k$, где k – показатель адиабатного процесса, который зависит от атомности газа. Для одноатомных газов $k = 1,67$, для 2-х атомных $k = 1,4$, а для 3-х и более атомных $k = 1,3$

Для наиболее распространенных газов составлены справочные таблицы средних теплоемкостей для температур 0-2500⁰С с интервалом 100⁰С. Используя табличные значения средних теплоемкостей с

$c \Big|_0^{t_1}$ и $c \Big|_0^{t_2}$ и, можно найти среднюю теплоемкость в интервале

температур от t_1 до t_2 $c \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{c \Big|_0^{t_2} \cdot t_2 - c \Big|_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1}$

Количество теплоты, затрачиваемой для нагрева G кг, или V м³, или M молей газа от t_1 до t_2 , находятся по формулам:

$$Q = G \cdot c \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1); \quad Q = V c' \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1); \quad Q = M \cdot \bar{c} \Big|_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1), \quad (\text{Дж})$$

Теплоемкость газовой смеси равна:

$$\text{массовая } c_{см} = \sum_{i=1}^n g_i \cdot c_i; \quad \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$$

$$\text{объемная } c'_{см} = \sum_{i=1}^n r_i \cdot c'_i; \quad \text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$$

$$\text{мольная } \bar{c}_{см} = \sum_{i=1}^n r_i \cdot \bar{c}_i; \quad \text{Дж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К}).$$

где g_i , r_i – массовые и объемные доли газовой смеси, соответственно.

Описание установки и методики эксперимента

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

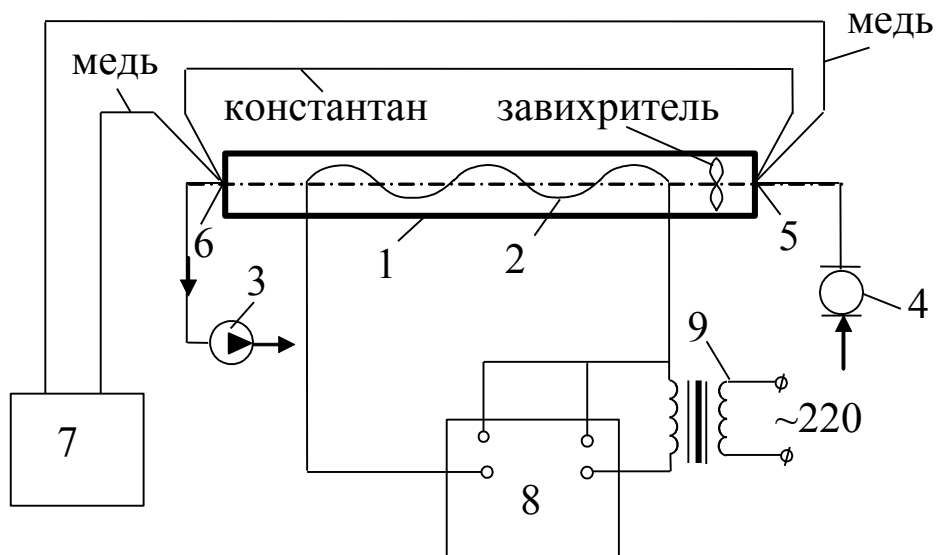


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

1- стеклянная труба; 2 – электрический нагреватель; 3 - вентилятор; 4 – газовый счетчик; 5 – холодный спай термопары; 6 – горячий спай термопары; 7 – милливольтметр; 8 – ваттметр; 9- ЛАТР

Протекание воздуха через стеклянную трубу 1 обеспечивается вентилятором 3. Исследуемый воздух засасывается из помещения лаборатории, проходит через газовый счетчик 4 и трубу, в которой расположен электрический нагреватель 2. Мощность нагревателя регулируется при помощи ЛАТРа 9 и измеряется ваттметром 8. Температура воздуха на входе в газовый счетчик измеряется жидкостно-стеклянным термометром. Нагрев воздуха определяется с помощью медь-константановой дифференциальной термопары, холодный спай 5 которой расположен до нагревателя, а горячий спай 6 - за нагревателем. Электродвижущая сила термопары измеряется с помощью переносного милливольтметра 7.

Для лучшего перемешивания воздуха в трубе 1 установлен завихритель. Труба 1 нагревается теплым воздухом, проходящим внутри нее, поэтому какая-то часть тепла будет теряться через трубу в окружающую среду.

Проведение опыта и обработка результатов измерений

Установку включает и выключает преподаватель или лаборант. Сначала включить вентилятор, а потом электрический нагреватель. Перед включением нагревателя необходимо повернуть ручку ЛАТРа против часовой стрелки до отказа, что будет соответствовать нулевому напряжению на выходе из ЛАТРа. Включить ЛАТР в электрическую сеть и при его помощи установить мощность нагревателя $30 \div 50$ Вт.

Жидкостно-стеклянным термометром измерить температуру воздуха t_0 на входе в газовый счетчик.

При помощи секундомера измерить время прохождения через установку ΔV м³ воздуха.

Измерить при помощи милливольтметра значение ЭДС дифференциальной термопары, E в mV.

Все замеры производить через 7-10 мин после включения установки.

Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица опытных данных

Номера замеров	Q, Вт	ΔV , м ³	τ , с	P_0 , Па	t_0 , °C	E, mV

Обработка опытных данных

1. Определяем секундный массовый расход воздуха через установку G (кг/с) по формуле:

$$G = \rho \cdot \Delta V / \tau,$$

где τ – время прохождения через установку ΔV м³ воздуха;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³.

2. Плотность воздуха вычисляем из уравнения Клапейрона по формуле:

$$\rho = p_0 / (R \cdot T_0),$$

где $R = 287$ Дж/(кг·К) – индивидуальная газовая постоянная воздуха;
 p_0 – давление атмосферного воздуха, Па;
 T_0 – абсолютная температура атмосферного воздуха, К,
 $T_0 = 273 + t_0$;

3. Измеряем значение э.д.с. дифференциальной термопары E , mV и определяем по формуле на сколько нагрелся воздух при прохождении через трубу, $^{\circ}C$:

$$\Delta t = 24,5 \cdot E,$$

где 24,5 – переводной коэффициент милливольт в градусы для медь-константановой термопары.

4. Из уравнения: $Q = G \cdot c_p \cdot \Delta t$

определим массовую изобарную теплоемкость c_p (Дж/кг·К) воздуха

$$c_p = 0,98 \cdot Q / (G \cdot \Delta t),$$

где 0,98 – коэффициент, учитывающий потери тепла поверх-ностью стеклянной трубки в окружающую среду;

Q – мощность электронагревателя, Вт.

Контрольные вопросы

1. Определение теплоемкости, размерность. Виды теплоемкости.
2. Какую теплоемкость воздуха определяли в работе? Зная эту теплоемкость, определить другие теплоемкости воздуха: c_v , c_p , μc_p , μc_v .
3. Формула Майера. Физический смысл газовой постоянной.
4. Используя уравнение Клапейрона, получить формулу для вычисления плотности воздуха.
5. Схема экспериментальной установки и порядок проведения работы.
6. Первый закон термодинамики, аналитическое выражение.
7. Определение цены деления по шкале ваттметра.
10. Измерение э.д.с. термопары потенциометром

Отчет по работе должен содержать:

1. Краткое описание работы.
2. Схему установки.
3. Протокол записи показаний измерительных приборов.
4. Обработку результатов опыта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теплотехнические измерения и приборы/Г.И.Иванова, Н.Д.Кузнецов, В.С.Чистяков. – М.: МЭИ, 2005. 450с.
2. Теплотехника: Учеб.для вузов/А.П.Баскаков, Б.В.Берг, О.К.Витт и др.; Под ред. А.П.Баскакова.-М.:ООО «ИД “Бастет”», 2010.-328с.
3. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Под общ. ред В.М.Зорина: М.: Энергоатомиздат, 1988, 560 с.
4. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача.- М.:Высш.шк., 1980.-469 с.
5. Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике.-М.: Машиностроение,1973. 344 с.