

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 10.02.2013 21:22:31
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d42649e53e14cbb177e0411f4a4851f8d561088

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра управления инновациями
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции



ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОГО ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

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
теплогазоснабжения и вентиляции Г.Г.Щедрина

Исследование газового изотермического процесса: 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.4, табл.1. Библиогр.: с.8.

Излагаются методические рекомендации по исследованию газового изотермического процесса.

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 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Целью работы является изучение изотермических процессов сжатия и расширения воздуха.

Задание

1. Провести экспериментальное исследование изотермического процесса сжатия и расширения воздуха.
2. Составить отчёт по выполненной работе.

Теоретическая часть

Процесс, в котором не изменяется температура газа, называется изотермическим процессом, а линия, изображающая этот процесс – изотермой. Из уравнения состояния $p\nu = RT$ при $T = \text{const}$ уравнение изотермы будет иметь вид $p\nu = \text{const}$, а график изотермы в p - ν -диаграмме – это равнобокая гипербола (рис.1).

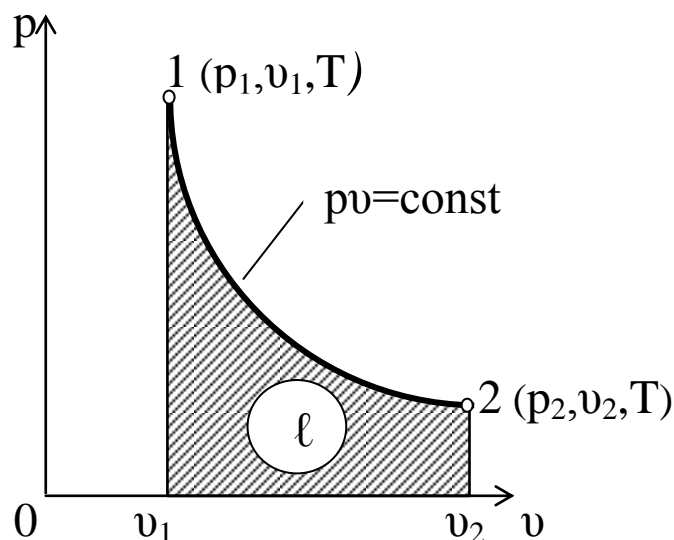


Рис. 1. Изотермический процесс в $p - \nu$ диаграмме

Из уравнения процесса $p\nu = \text{const}$ следует, что давление и удельный объём обратно пропорциональные величины, т.е. $p_2/p_1 = \nu_1/\nu_2$.

Так как $T = \text{const}$, то $dT = 0$. Тогда изменение внутренней энергии $du = c_v \cdot dT = 0$ и изменение энтальпии $di = c_p \cdot dT = 0$, т.е. внутренняя энергия u и энтальпия i в процессе не изменяются ($u = \text{const}$ и $i = \text{const}$).

Работа 1 кг идеального газа в процессе $T = \text{const}$ равна

$$\ell = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \text{const} \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v} = RT \ln(v_2/v_1) = p_1 v_1 \ln(v_1/v_2) = RT \ln(p_1/p_2)$$

и в p - v диаграмме изображается площадкой, ограниченной линией процесса 1-2, ординатами крайних точек 1 и 2 и осью абсцисс.

Так как $du = 0$, то первый закон термодинамики $dq = du + d\ell$ для изотермического процесса имеет вид $dq = d\ell$ или $q = \ell = RT \ln(v_2/v_1)$. Отсюда видно, что если газ расширяется, т.е. $v_2 > v_1$, то работа ℓ и теплота q имеет знак (+) и всё подводимое к газу тепло расходуется на совершение работы, а при изотермическом сжатии

($v_2 < v_1$) q и ℓ имеет знак (-) и вся затраченная работа ℓ отводится от газа в виде теплоты q .

В T - S диаграмме изотерма ($T = \text{const}$) изображается горизонтальной прямой 1-2 (рис.2).

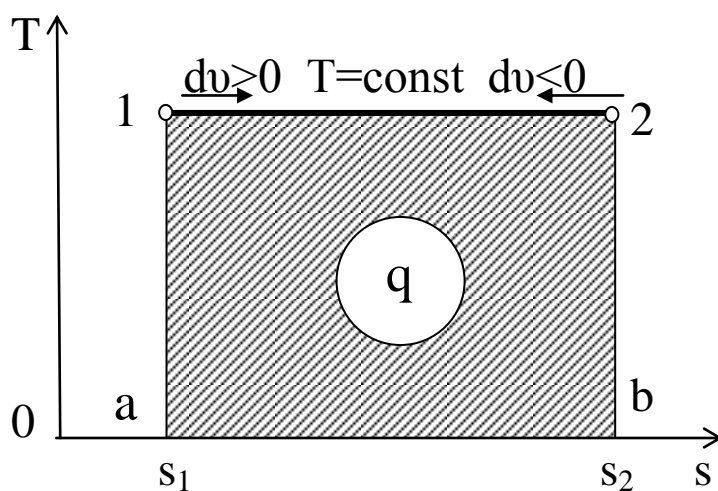


Рис. 2. Изотермический процесс в $T - s$

Тепло, участвующее в процессе 1-2, изображается в T - s диаграмме площадкой прямоугольника 12ba1, т.е. $q = T \cdot (s_2 - s_1)$, откуда изменение энтропии $s_2 - s_1 = q/T = R \cdot \ln(v_2/v_1)$.

Из этой формулы следует, что при расширении газа $dv > 0$, тепло к газу подводится и энтропия газа увеличивается, а при сжатии газа $dv < 0$, тепло от газа отводится и энтропия газа уменьшается.

Изотермический процесс является частным случаем политропного процесса, описываемого уравнением $pV^n = \text{const}$, где n – показатель политропы, который может изменяться от $-\infty$ до $+\infty$. Для изотермического процесса $n = 1$, т.к. $pV = \text{const}$.

Итак, для изотермического процесса для M кг газа можно записать

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = PV = \text{const},$$

откуда $P_2 V_2 / P_1 V_1 = P_3 V_3 / P_1 V_1 = P_3 V_3 / P_2 V_2 = \text{const} = 1$.

Экспериментальная установка

Установка (рис.3) представляет собой две соединенные резиновым шлангом 1 вертикальные бюретки 2, наполовину заполненные водой.

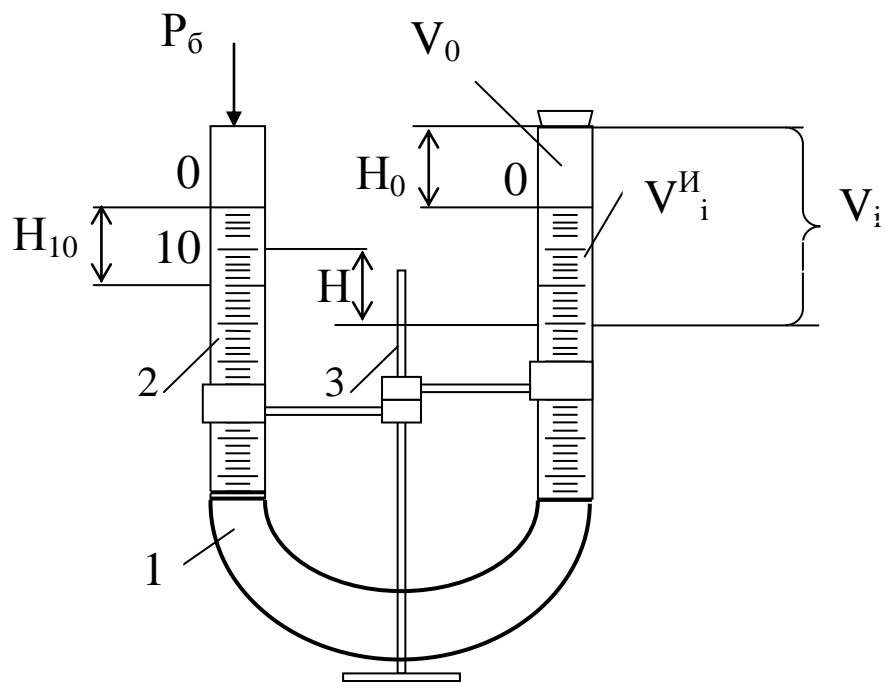


Рис. 3. Схема установки

Бюретки установлены в штативе 3. Одна бюретка герметически закрыта резиновой пробкой. Воздух, заключенный между пробкой и водой в этой бюретке, служит рабочим телом, с которым проводится процесс. Вторая бюретка открыта и служит для создания и измерения давления в закрытой бюретке.

Для измерения атмосферного давления используется барометр.

Проведение опыта и обработка опытных данных

Проводится три опыта, для каждого из которых вычисляются объём воздуха V_i (м^3) и его абсолютное давление в закрытой бюретке, P_i (Па).

Объём воздуха V_i (мл) определяется суммой объёмов: объёма заключённого между пробкой и нулевой отметкой шкалы V_0 и объёма, замеренного по шкале, V_i^{II} .
$$V_i = V_0 + V_i^{\text{II}}$$

Для определения объёма V_0 линейкой измеряют высоту этого объёма H_0 и высоту объёма 10 мл (по шкале бюретки) H_{10} . Искомый объём в мл находится по соотношению $V_0 = 10 \cdot H_0 / H_{10}$. (Величина V_0 для всех 3-х опытов одна и та же.)

Первый замер (рис. 4,а) проводим при одинаковых уровнях воды в бюретках. В этом случае давление на уровни воды в бюретках одинаково и равно атмосферному давлению $P_1 = P_6$ и $H = 0$. Объём воздуха $V_1 = V_0 + V_1^{\text{II}}$.

Второй замер (рис. 4,б) проводим при давлении выше атмосферного. Сжатие воздуха осуществляем поднятием открытой бюретки до получения разницы уровней воды в бюретках $100 \div 150$ мм. При этом давление воздуха в закрытой бюретке уравнивается столбом жидкости H и барометрическим давлением P_6 , т.е. $P_2 = P_6 + H \cdot 9,81$ (Па). Объём воздуха $V_2 = V_0 + V_2^{\text{II}}$.

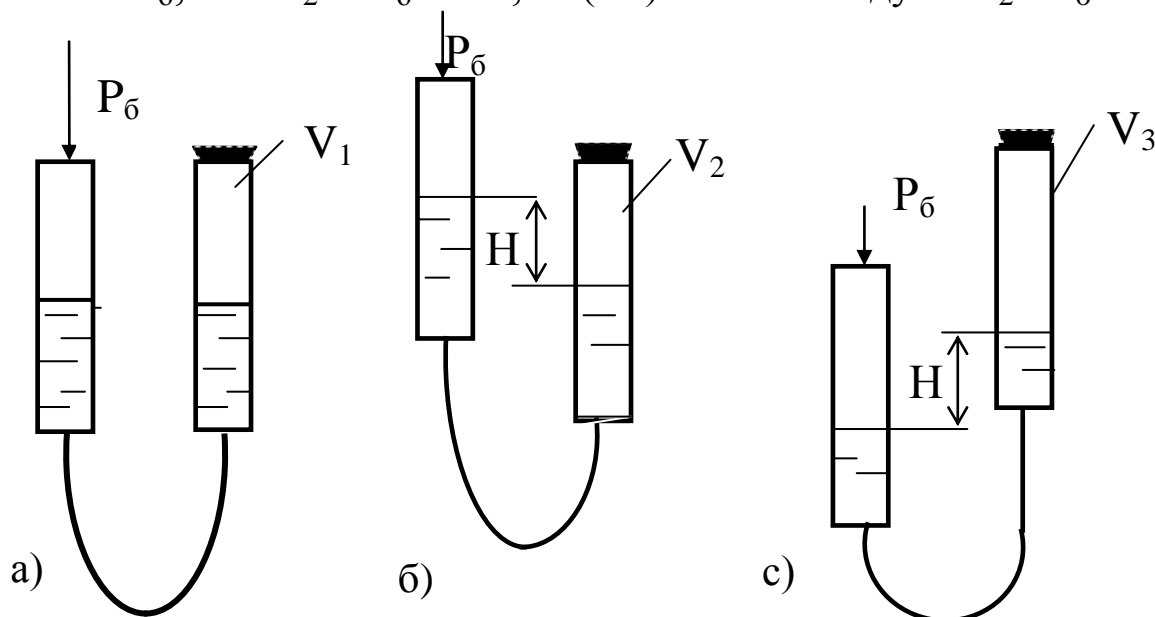


Рис. 4. Схема замера

Третий замер (рис. 4,с) проводим при давлении ниже атмосферного. Расширение воздуха осуществляем опусканием открытой бюретки до получения разницы уровней воды в бюретках 100÷150 мм. В этом случае в закрытой бюретке абсолютное давление будет ниже атмосферного и его величина определяется разницей атмосферного и столба жидкости Н. $P_3 = P_6 \cdot H \cdot 9,81$ (Па).

Объём воздуха $V_3 = V_0 + V_1^И$.

Для каждого замера определяем произведение давления и объёма, $P_i \cdot V_i$ (Па·м³), составляем и находим отношения

$P_2 V_2 / P_1 V_1$ и $P_3 V_3 / P_1 V_1$ и сравниваем их с единицей.

Результаты измерений и расчётов заносим в протокол работы.

Таблица

Протокол лабораторной работы

Параметр	Измеряемый объём воздуха по шкале, $V_i^И$	Полный объём, $V_i = V_0 + V_i^И$		Разность уровней, Н	Абсолютное давление, P_i	Произведение, $P_i \cdot V_i$
№ замера	мл	мл	м ³	мм.вод.ст.	Па	Па·м ³
1						
2						
3						
Атмосферное давление $P_6 =$ Па. Объем, заключенный между пробкой и нулевой отметкой шкалы, $V_0 =$ мл						

Отчёт по выполненной работе должен содержать

1. Исходные данные работы.
2. Задание и схему установки.
3. Протокол лабораторной работы и обработку результатов опыта.
4. Изображение изотермического процесса в P-V и T-S координатах.

Контрольные вопросы

1. Понятия идеального и реального газа.
2. Основные термодинамические процессы.
3. Изображение изотермического процесса в $P-V$ и $T-s$ координатах.
4. Определение теплоты и работы.

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: Учеб.пособие для ВУЗов. М.: Высш.шк., 1980. 469 с.