Министерство образования и науки Российской Федерации

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева" в г. Белово

Кафедра технических наук

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА**

**МЕТОДОМ КЛЕМАНА И ДЕЗОРМА**

Методические указания по выполнению

лабораторной работы по дисциплине «Теплотехника»

для студентов направления 21.05.04 «Горное дело»

Составитель: С.В. Белов

Утверждены на заседании кафедры

Протокол № 2 от 21.09.2017

Рекомендованы к печати

методическим советом филиала

КузГТУ в г. Белово

Протокол № 3 от 25.10.2107

Электронная копия находится в методическом кабинете филиала КузГТУ в г. Белово

**Белово 2017**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА** **МЕТОДОМ КЛЕМАНА – ДЕЗОРМА**

**1. Цель работы:** а) экспериментально проверить основные термодинамические законы для идеального газа; б) определить коэффициент Пуассона для воздуха и сравнить его с расчетным значением.

**2. Подготовка к работе:** прочитать в учебниках следующие параграфы: [1] – §§ 9.5–9.6, [2] – §§ 1.6-1.10, [3] – §§ 1.8, 1.10, 3.5.

Для выполнения работы студент должен знать: а) основные уравнения термодинамических процессов; б) первое начало термодинамики; в) понятие коэффициента Пуассона; г) методы расчёта теплоты, работы и изменения внутренней энергии; д) уметь пользоваться измерительными приборами.

**3. Выполнение работы**

**3.1. Описание лабораторной установки**

|  |
| --- |
|  |
| *Рис. 1. Внешний вид и схема установки ФПТ 1-6н* |

Внешний вид рабочей панели и принципиальная схема экспериментальной установки ФПТ1-6н представлена на рисунке (рис.1): 1 – включатель «СЕТЬ» для питания установки; 2 – включатель «Компрессор» для нагнетания воздуха в рабочий сосуд (емкость объемом V = 3500 см3), расположенный в полости корпуса; 3 – кран К1, необходимый для предотвращения сброса давления из рабочего сосуда после остановки компрессора; 4 – пневмотумблер «Атмосфера», позволяющий на короткое время соединять рабочий сосуд с атмосферой; 5 – измеритель давления с помощью датчика давления в рабочем сосуде; 6 – двухканальный измеритель температуры, позволяющий измерить температуру внутри окружающей среды и температуру внутри рабочего сосуда.

**3.2. Методика измерений и расчёта**



Для идеальных газов отношение зависит только от числа степеней свободы молекул газа, которое, в свою очередь, определяется структурой молекулы, т.е. количеством атомов, из которых состоит молекула. Одноатомная молекула имеет 3 степени свободы (инертные газы). Если молекула состоит из двух атомов, то число степеней свободы складывается из числа степеней свободы поступательного движения (*i*=3) центра масс и вращательного (*i*=2) движения системы вокруг двух осей, перпендикулярных к оси молекулы, т.е. равно 5. Для трех- и многоатомных молекул *i* = 6 (три поступательные и три вращательные степени свободы).

В данной работе коэффициент γ для воздуха определяется опытным путем.

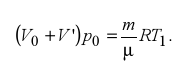
Если при помощи насоса в сосуд накачать некоторое количество воздуха, то давление и температура воздуха внутри сосуда повысятся. Вследствие теплообмена воздуха с окружающей средой через некоторое время температура воздуха, находящегося в сосуде, сравняется с температурой T0 внешней среды.

Давление, установившееся в сосуде, равно р1 = р0 + р', где р0 – атмосферное давление, р' – добавочное давление. Таким образом, воздух внутри сосуда характеризуется параметрами (р0 + р'), V0, T0, а уравнение состояния имеет вид



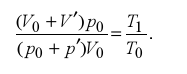
(1)

Если на короткое время (~3с) открыть тумблер «АТМОСФЕРА», то воздух в сосуде будет расширяться. Этот процесс расширения можно рассматривать как подключение к сосуду дополнительного объема V'. Давление в сосуде станет равным атмосферному Р0 , температура понизится до Т1, а объем будет равен V0 + V'. Следовательно, в конце процесса уравнение состояния будет иметь вид



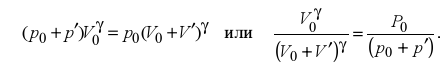
(2)

Разделив выражение (2) на выражение (1), получим



(3)

Расширение происходит без теплообмена с внешней средой, т.е. процесс является адиабатическим, поэтому для начального и конечного состояний системы справедливо соотношение



(4)

Охладившийся при расширении воздух через некоторое время, вследствие теплообмена с внешней средой, нагреется до комнатной температуры Т0 (изохорический процесс). Давление возрастет до некоторой

величины р2 = р0 + р'', где р'' – новое добавочное давление. Для воздуха массой m', оставшегося в сосуде, уравнение состояния в начале нагрева



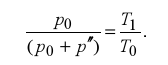
(5)

а в конце нагрева до комнатной температуры Т0



(6)

Разделив (5) на (6) получим



(7)

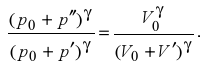
(7)

Правые части выражений (7) и (3) одинаковы, следовательно, левые части также равны



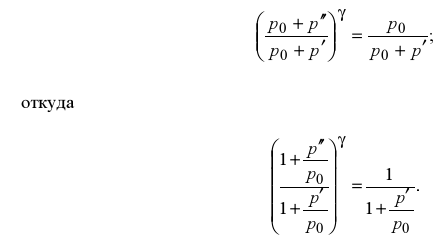
(8)

Возведя левые и правые части в степень γ, запишем

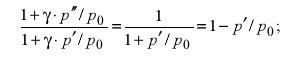


(9)

Заменим правую часть с учетом (4), получим



Поскольку , то, ограничиваясь первым членом разложения в ряд бинома  и пренебрегая членами второго порядка малости, получим для показателя адиабаты γ:







(10)

**3.3. Порядок выполнения работы**

1. Подать на установку питание, включив переключатель «СЕТЬ». При этом переключатель подсвечен.

2. Включить подачу воздуха в рабочий сосуд переключателем «КОМПРЕССОР». При этом слышен шум работающего компрессора и подсвечивается корпус переключателя.

3. По измерителю давления контролировать рост давления в рабочем сосуде. После достижения необходимого уровня рабочего давления отключить компрессор. Закрыть кран К1. Отключить компрессор.

4. После стабилизации давления и температуры в рабочем сосуде снять показания измерителя давления (р').

5. На короткое время соединить рабочий сосуд с атмосферой, повернув пневмоклапан «АТМОСФЕРА» по часовой стрелке до щелчка.

6. После стабилизации процесса снять показания измерителя давления (р").

7. Повторить эксперимент п. 3-6 не менее 10 раз при одинаковых начальных давлениях воздуха в сосуде (р'). Результаты занесите в таблицу 1.

Таблица 1

*Результаты измерения давлений и расчета коэффициента Пуассона*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | р' | р" |  |  |  |  |
| кПа | кПа |  |  |  | % |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| … |  |  |  |
| 10 |  |  |  |

3.4. Обработка результатов измерений

1. Вычислите γэкс по формуле (10).

2. Определите среднее значение .

3. Оценить отклонение  результатов измерения от расчетного значения , определяемого по формуле , принимая воздух за двухатомный газ с числом степеней свободы .

4. Рассчитайте абсолютную  и относительную  погрешность измерений давлений.

5. Рассчитайте погрешность косвенных измерений коэффициента Пуассона .

 – относительная погрешность коэффициента Пуассона.

, где  – граница доверительного интервала.

Ответ записать в виде . Сделайте выводы.

**4. Вопросы для самоподготовки.**

1. Какими термодинамическими параметрами характеризуется состояние термодинамической системы? Назовите виды термодинамических процессов и приведите их уравнения.
2. Сформулируйте первый закон термодинамики, запишите его для различных термодинамических процессов.
3. Как рассчитать  и  для идеального газа?
4. Приведите уравнения адиабатного процесса. Что характеризует показатель адиабаты?
5. В чем состоит экспериментальный метод Клемана – Дезорма для определения коэффициента Пуассона?
6. С чем связано несовпадение экспериментального и теоретического значений коэффициента Пуассона?

5. Список рекомендуемой литературы

1. Детлаф, А.А. Курс физики: учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 5-е изд., стереотип. – М.: Издат. центр «Академия», 2005. – 720 с.

2. Теплотехника / В. В. Дырдин, А. А. Мальшин, В. Г. Смирнов, Т. Л. Ким ; КузГТУ. – Кемерово, 2017. – 172 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91591&type=utchposob:common>

3. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для академического бакалавриата / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 442 с.

<https://biblio-online.ru/book/EFA5B946-B5A6-4C71-AE60-3DAFCC7163EC>

Составитель

Белов Сергей Викторович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА**   
**МЕТОДОМ КЛЕМАНА – ДЕЗОРМА**

Методические указания к выполнению

лабораторной работы по дисциплине «Теплотехника»

для подготовки студентов направления 21.05.04