

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нелинейной физики

**Определение рабочего диапазона установки учебного практикума для
определения показателя адиабаты воздуха методом Клемана-Дезорма**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 4011 группы
направления 03.03.01 Прикладные математика и физика

Института физики

Шустова Александра Сергеевича

Научный руководитель
доцент кафедры нелинейной
физики, к.ф.-м.н., доцент



дата, подпись
9.08.23

А. В. Савин

Заведующий кафедрой
нелинейной физики,
к.ф.-м.н., доцент



дата, подпись

Е. Н. Бегинин

Саратов 2023 год

Введение

В учебной лаборатории Института физики при проведении лабораторных занятий по молекулярной физике и термодинамике для выполнения работы «Определение показателя адиабаты методом Клемана-Дезорма» используется установка ФПТ 1-6 изготовленная СКБ г. Днепропетровск в 2002 г. После проведённого ремонта помещений получаемые на этой установке результаты измерений стали заметно отличаться от табличных значений. Особенности используемого метода заключаются в том, что получаемые результаты могут существенно зависеть от величины избыточного давления, создаваемого в начале эксперимента. В связи с этим целью работы было проведение измерений во всем возможном диапазоне начального избыточного давления с целью определения диапазона, в котором результаты наиболее близки к теоретически ожидаемым.

Содержание

1. Теоретическая часть

Газ, как известно, не обладает фиксированной теплоёмкостью. Это связано с тем, что объём газа зависит от внешних условий. Тепловые процессы в газах сопровождаются не только изменением внутренней энергии, но и изменением объёма (совершением работы). Теплоёмкость газа определяется согласно первому началу термодинамики по формуле:

$$C = \frac{\delta Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U + A}{\Delta T}. \quad (1)$$

И может иметь значения, изменяющиеся от нуля (адиабатический процесс) до бесконечности (изотермический процесс).

Нас интересует адиабатический процесс, определяемый уравнением Пуассона:

$$pV^\gamma = \text{Const}, \quad (2)$$

или же

$$\frac{(P)^{\gamma-1}}{(T)^\gamma} = \text{Const}, \quad (3)$$

где

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} \text{ – показатель адиабаты.} \quad (4)$$

Величина показателя адиабаты для газа может быть оценена из представлений о степенях свободы молекул. Вычисляя по формуле:

$$\gamma = \frac{i+2}{i}, \quad (5)$$

получим, что для одноатомных газов она равна 1,66 ($i=3$), для двухатомных - 1,4 ($i=5$).

Адиабатический процесс проходит в условиях изоляции газового объёма от внешней среды, либо при кратковременном протекании процесса. Оба этих условия делают адиабатический процесс сложным для экспериментального изучения. Но, определить показатель адиабаты возможно, сравнивая состояния газа до – и после окончания адиабатического процесса. Именно в этом заключается метод Клемана-Дезорма.

1.1 Схема установки и метод измерения

При проведении измерений методом Клемана-Дезорма ёмкость объёмом несколько литров, заполняется газом. В нашем случае это атмосферный воздух, нагнетаемый микрокомпрессором. Измерения давления проводятся по жидкостному манометру в экспериментальной установке. Для начала измерим давление в баллоне h_1 .

После этого на короткое время открывают кран, соединяющий баллон с атмосферой, включением и выключением пневмотумблера. За это время происходит адиабатическое расширение газа, сопровождающееся его охлаждением. А давление газа в баллоне сравнивается с атмосферным.

Далее оставшийся в баллоне газ изохорно нагревается, что сопровождается ростом давления до некоторой величины. После этого измерим давление h_2 .

Располагая всего двумя измерениями давления, мы можем вычислить показатель адиабаты.

Вычисление показателя адиабаты производится по формуле:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}. \quad (6)$$

1.2 Обоснование метода

Суть данного метода заключается в том, что у нас имеются и цилиндр, и поршень, в виде быстро расширяющегося газа. Цилиндром является сам баллон со сжатым газом. Для того, чтобы разобраться с ролью поршня, мысленно разделим газ в баллоне на две части: главную, которая останется в баллоне после того как часть газа будет выпущена; и второстепенную, предназначенную для выпуска. После открывания клапана второстепенная часть газа будет выпущена, а главная часть адиабатически расширится до объёма всего баллона. Второстепенная часть газа сыграла роль виртуального поршня.

Мы можем получить рабочую формулу, сравнивая уравнения состояния одной и той же массы газа, которую назвали главной.

Запишем уравнения состояний главной части газа в процессах, изображённых на рисунке 3.

$$\text{Процесс 1-1':} \quad \frac{(P_1)^{\gamma-1}}{T^{\gamma}} = \frac{(P_0)^{\gamma-1}}{(T')^{\gamma}} \quad (7)$$

$$\text{Процесс 1'-2:} \quad \frac{P_0}{T'} = \frac{P_2}{T} \quad (8)$$

Получаем выражение вида:

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\gamma} = \frac{P_1}{P_0}, \quad (9)$$

которого вполне достаточно для определения показателя адиабаты.

Логарифмируем уравнение (9), учитывая, что $P = P_0 + \rho gh$ (10) и $\rho gh \ll P_0$ (11). Отметим, что параметры состояния 1' не входят в расчёты на завершающем этапе.

Получаем рабочую формулу в удобном виде:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}. \quad (12)$$

2. Экспериментальная часть

Конструктивные особенности установки позволяют задавать начальное давление в интервале от 0 до 280 мм. вод. ст. В данной работе была использована часть интервала в диапазоне от 0 до 200 мм. вод. ст. Для удобства систематизации результатов этот интервал был разбит на диапазоны шириной 10 мм. вод. ст., которые обозначались так: («диапазон 1» - «диапазон 20»). В каждом диапазоне было выполнено по 25 измерений, по которым были рассчитаны величины показателя адиабаты и определены погрешности их измерения.

2.1 Результаты измерений

В таблице 1 представлены результаты вычислений средних значений таких величин как: высота столба жидкости h_1 ; показатель адиабаты γ ; погрешность измерений Δ .

Таблица 1, средние значения величин, полученных в ходе эксперимента.

	h_1 , мм	γ	Δ
Диапазон 1	18	1,21	0,04
Диапазон 2	37	1,23	0,02
Диапазон 3	56	1,22	0,02
Диапазон 4	76	1,25	0,02
Диапазон 5	97	1,25	0,01
Диапазон 6	117	1,27	0,01
Диапазон 7	136	1,26	0,01
Диапазон 8	155	1,27	0,01
Диапазон 9	178	1,27	0,01
Диапазон 10	196	1,27	0,01
Диапазон 11	216	1,29	0,01
Диапазон 12	237	1,27	0,01
Диапазон 13	257	1,28	0,01
Диапазон 14	277	1,27	0
Диапазон 15	294	1,27	0,01
Диапазон 16	316	1,27	0
Диапазон 17	333	1,28	0
Диапазон 18	353	1,28	0
Диапазон 19	376	1,28	0,01
Диапазон 20	394	1,28	0,01

На рисунке 5 представлен график зависимости высоты столба жидкости в манометре h_1 от величины показателя адиабаты γ .

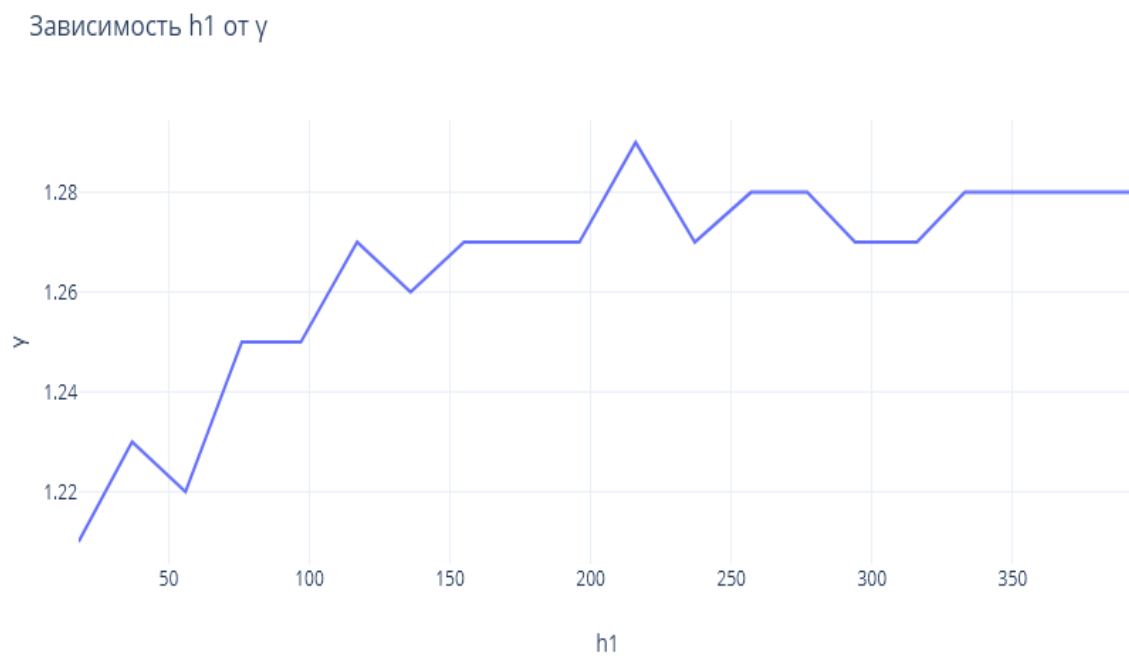


Рис.5, график зависимости h_1 от γ .

Заключение

Полученные результаты отличаются от теоретических. Для объяснения этого можно выдвинуть следующую гипотезу:

При таком методе весьма важно, чтобы:

- 1) воздух через клапан успевал «стравиться» до атмосферного давления
- 2) не успевал произойти теплообмен.

Если клапан работает не очень хорошо, то его приходится держать открытым долго, в результате чего успевает произойти теплообмен. И воздух после закрывания клапана имеет большую температуру, чем должно было бы быть и, соответственно, нагревается меньше и давление тоже поднимется меньше. Тогда разность величин h_1-h_2 будет больше, а показатель адиабаты, соответственно, меньше.

Для проверки этой гипотезы требуется разобрать установку, что не представлялось возможным сделать в течение учебного года.

Также из эксперимента был получен ряд выводов:

- При малых значениях высоты столба жидкости наблюдается большая погрешность измерений;
- Наибольшая величина показателя адиабаты была получена при величине высоты столба жидкости h_1 равной 216, что соответствует диапазону «11» на шкале.