

**010704. Определение отношения теплоемкостей газа
 C_p/C_v по методу Клемана-Дезорма.**

Цель работы:

- Изучить процессы, протекающие в газах при определении теплоемкостей газа по методу Клемана-Дезорма;
- Измерить отношение C_p/C_v

Требуемое оборудование:

1. Электронный блок БЛТ2
2. Измерительная камера для БЛТ2

Краткое теоретическое введение

Состояние газа определяется его давлением P , температурой T , объемом V . Уравнение, устанавливающее связь между этими параметрами, называют уравнением состояния. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона) имеет вид

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

где m – масса газа,
 M – молярная масса газа,
 R – универсальная газовая постоянная.

Количество тепла, которое нужно подвести к газу или отнять от него для изменения его температуры на один градус, называется **теплоемкостью** газа (вещества). Теплоемкость, отнесенная к единице массы вещества, называется **удельной теплоемкостью** $C_{уд}$. Теплоемкость одного моля вещества называется **молярной теплоемкостью** C . Удельная и молярная теплоемкости связаны выражением

$$C_{уд} = \frac{C}{M}$$

Молярная теплоёмкость газа зависит от условий измерения. В этой связи различают теплоёмкость при постоянном давлении C_p и при постоянном объёме C_v .

$$C_p = C_v + R$$

Теплоемкость при постоянном давлении больше, чем теплоемкость при постоянном объеме, поскольку надо подводить дополнительную теплоту для совершения газом работы.

Отношение теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме называется **показателем адиабаты** γ и зависит только от числа степеней свободы молекулы газа i :

$$\gamma = \frac{c_P}{c_V} = \frac{i+2}{i}$$

Адиабатическим называется процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой. При отсутствии тепловой изоляции процесс можно считать практически адиабатическим, если он происходит достаточно быстро (например, при быстром расширении или сжатии газа). Уравнение адиабатического процесса имеет вид:

в координатах P и V (уравнение Пуассона):	$PV^\gamma = const$
в координатах T и V :	$TV^{\gamma-1} = const$
в координатах T и P :	$T^\gamma P^{1-\gamma} = const$

Методика проведения эксперимента

Измерить показатель адиабаты можно по методу Клемана-Дезорма (1819 г.). Этот метод основан на изучении параметров некоторой массы газа, содержащейся в баллоне и переходящей из одного состояния в другое двумя последовательными процессами: адиабатическим и изохорическим. Эти процессы на диаграмме P - V (рис. 1) представлены кривыми 1-2 и 2-3 соответственно.

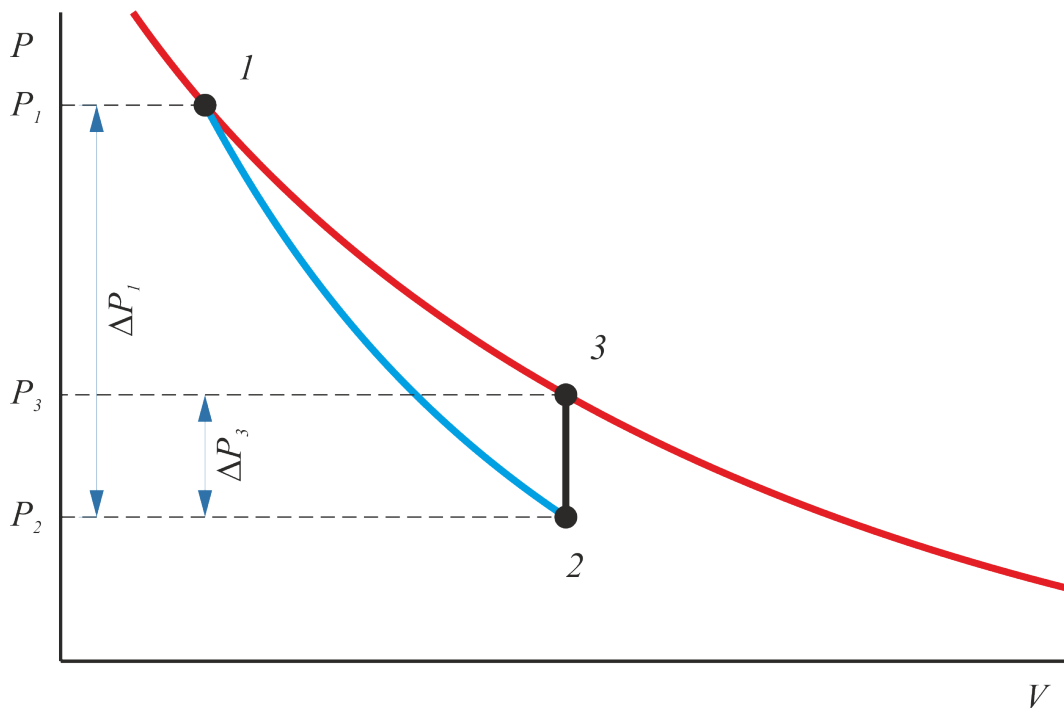


Рис. 1

В результате опыта будем иметь:

- Состояние 1: P_1, V_1, T_1 .
- Состояние 2: P_2, V_2, T_2 .
- Состояние 3: P_3, V_3, T_3 .

Поскольку переход из состояния 1 в состояние 2 происходит адиабатически, то в этом случае уравнение состояния идеального газа можно представить в виде

$$\frac{T_1^\gamma}{P_1^{\gamma-1}} = \frac{T_2^\gamma}{P_2^{\gamma-1}}$$

Переход из состояния 2 в состояние 3 происходит без изменения объема, т.е. изохорически, поэтому справедливо уравнение

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

Учитывая, что $T_1=T_3$ можно получить:

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\gamma}$$

Если $P_2=P_0$ (атмосферное давление), $P_1=P_0+\Delta P_1$ и $P_3=P_0+\Delta P_3$, то

$$\left(\frac{P_0 + \Delta P_1}{P_0}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{P_0 + \Delta P_3}{P_0}\right)^{\gamma}$$

Разлагая обе части уравнения в ряд и считая, что $\Delta P_1/P_0 \ll 1$ и $\Delta P_3/P_0 \ll 1$, можно записать, ограничиваясь лишь двумя членами рядов: Тогда расчетная формула примет вид:

$$1 + (\gamma - 1) \frac{\Delta P_1}{P_0} = 1 + \gamma \frac{\Delta P_3}{P_0}$$

Тогда расчетная формула для определения γ примет вид:

$$\gamma = \frac{\Delta P_1}{\Delta P_1 - \Delta P_3}$$

Недостатком данного метода является то, что процессы быстрого расширения газа в ходе лабораторной работы не являются чисто адиабатическими ввиду теплообмена через стенку сосудов, а рассматриваемый газ заведомо не является идеальным. И хотя полученная в ходе лабораторной работы величина будет заведомо содержать методическую погрешность, всё же существуют различные способы её устранения, например, за счет учета времени расширения и количества подведенного за это время тепла.



Рис 2

Все измерения проводятся при помощи блока для определения термодинамических характеристик воздуха БЛТ2. Этот блок позволяет определять:

- Показатель адиабаты воздуха γ ;
- Динамическую вязкости воздуха методом истечения из капилляра.

Блок состоит из двух модулей:

- электронный блок;
- измерительная камера.

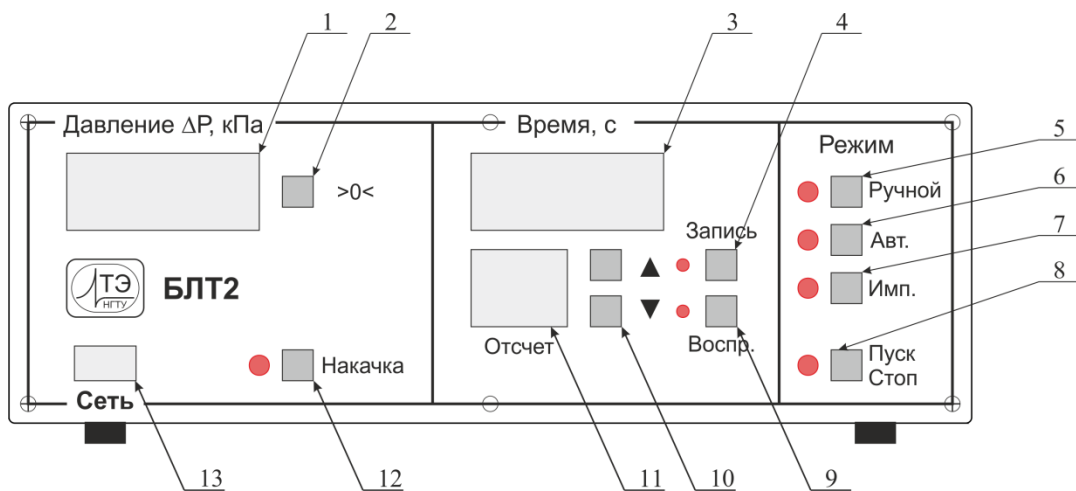


Рис. 3

На передней панели электронного блока БЛТ2 (рис. 3) расположены:

- 1 – индикатор давления;
- 2 – кнопка коррекции нуля;
- 3 – секундомер;
- 4 – кнопка «Запись»;
- 5 – кнопка выбора режима «Ручной»;
- 6 – кнопка выбора режима «Автоматический»;
- 7 – кнопка выбора режима «Импульсный»;
- 8 – кнопка выбора «Пуск/Стоп»;
- 9 – кнопка «Воспроизведение»;
- 10 – кнопки выбора отсчетов;
- 11 – индикатор выбора отсчетов;
- 12 – кнопка включения компрессора «Накачка».
- 13 – кнопка выключателя «Сеть».

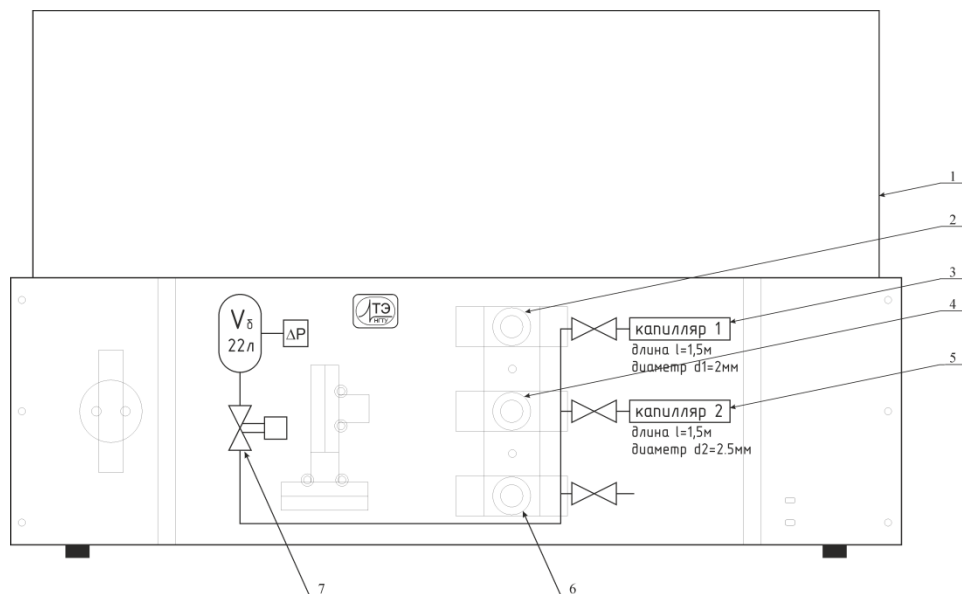


Рис. 4

Измерительная камера представлена на рис. 4:

- 1 – измерительная камера;
- 2 – вентиль для соединения капилляра 1;

- 3 – капилляр 1;
- 4 – вентиль для соединения капилляра 2;
- 5 – капилляр 2;
- 6 – вентиль для выравнивания давления в камере с атмосферным;
- 7 – электромагнитный клапан.

Давление воздуха в камере контролируется дифференциальным датчиком давления, соединенным с камерой трубкой.

Измерения показателя адиабаты производятся в импульсном режиме «Имп.». Ниже представлен алгоритм работы блока БЛТ2 в этом режиме.

1. После нажатия кнопки «Пуск», записывается в память начальные значения давления и открывается ЭМ клапан. После отпущения кнопки «Пуск» ЭМ клапан закрывается и происходит запись давления.
2. Промежуточные значения давлений можно записать в память кнопкой «Запись».
3. После повторного нажатия кнопки «Пуск» прибор переходит в режим ожидания.
4. Просмотр записей осуществляется в режиме ожидания. Для начала просмотра нажмите кнопку «Воспроизведение» 9. С помощью кнопок выбора отсчетов 10 и индикатора 11 осуществляется просмотр записей.

Рекомендуемое задание

1. Нажмите кнопку 7 выбора режима «Имп.». Откройте вентиль 6 для выравнивания давления в камере с атмосферным.
2. Нажмите кнопку 2 коррекции нуля.
3. Нажмите кнопку 12 включения компрессора «Накачка». После завершения накачки компрессор автоматически выключится. Выждите 2-3 минуты, пока установится постоянное дифференциальное давление ΔP_1 .
4. Нажмите кнопку 8 и удерживайте ее пока значение давления в камере не выровняется с атмосферным.
5. Выждите 2-3 мин. Для достижения состояния 3, при котором установится постоянное дифференциальное давление ΔP_3 . Для сохранения этого значения в памяти нажмите кнопку «Запись».
6. Для выхода в режим ожидания нажмите повторно кнопку «Пуск».
7. Для просмотра результатов измерения нажмите кнопку «Воспроизведение». Затем стрелками выберете требуемый отсчет.
8. Рассчитайте показатель адиабаты γ .
9. Проведите еще 5-7 измерений показателя адиабаты для статистической обработки результатов: расчета среднего значения и погрешности измерений, считая их прямыми.

февраль 2015