*ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6:* ЦИКЛ КАРНО

***Студент группы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

*Допуск\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Выполнение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Защита\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

**Цель работы:**

* Знакомство с компьютерной моделью, иллюстрирующей цикл Карно в идеальном газе
* Экспериментальное определение работы, совершённой газом за цикл
* Экспериментальная проверка теоремы Карно

**Основные теоретические сведения**

*Циклом Карно* называется круговой процесс, состоящий из двух изотермических процессов и двух адиабатических процессов

*Рабочим телом* называется термодинамическая система, совершающая процесс и предназначенная для преобразования одной формы передачи энергии – теплоты или работы – в другую. Например, в тепловом двигателе рабочее тело, получая энергию в форме тепла, часть её передаёт в форме работы

*Нагреватель (теплоотдатчик)* - это устройство, сообщающее рассматриваемой термодинамической системе энергию в форме тепла

*Холодильник (теплоприемник)* – это система (окружающая среда или специальные устройства для охлаждения и конденсации отработанного пара), поглощающая часть тепла рабочего тела

*Прямым циклам* называется круговой процесс, в котором рабочее тело совершает положительную работу:. На графике прямой цикл изображается в виде замкнутой кривой, проходимой рабочим телом по часовой стрелке,

Работа любого теплового двигателя состоит из повторяющихся циклов, каждый из которых включает в себя получение рабочим телом энергии от нагревателя, расширение рабочего тела и совершение им работы, передачу части энергии холодильнику и возвращение рабочего тела в исходно стояние. Работа, совершаемая рабочим телом за один полный цикл, складывается из работы, совершенной им при расширении, и работы, совершенной им при сжатии; . Учитывая, что при сжатии газ совершает отрицательную работу, последнее равенство можно переписать в виде:

При наличии холодильника газ перед сжатием или во время сжатия охлаждается, и потому процесс совершения им работы при сжатии протест при меньшем давлении, чем при расширении. Поэтому, и, следовательно, .

От нагревателя с температурой за цикл отнимается количество теплоты , а холодильнику с температурой за цикл передается количество теплоты . Рабочее тело при этом совершает полезную работу , где изотермическое расширение и сжатие изображены на рисунке окна опыта соответственно кривыми 1-2 и 3-4, а адиабатическое расширение и сжатие - кривыми 2-3 и 4-1. При изотермическом процессе , поэтому количество теплоты , полученное газом от нагревателя, равно работе расширения, совершаемой газом при переходе из состояния 1 в состояние 2:

При адиабатическом расширении 2-3 теплообмен с окружающей средой отсутствует, и работа расширения 2-3 совершается за счёт изменения внутренней энергии газа:

Количество теплоты , отданное газом холодильнику про изотермическом сжатии, равно работе сжатия :

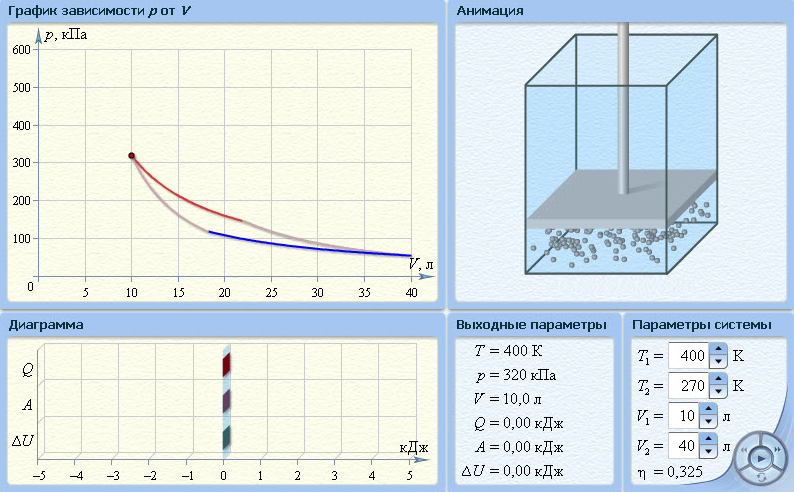
Работа адиабатического сжатия

Работа, совершаемая в результате прямого кругового цикла Карно

Тогда термический КПД цикла Карно будет равен

**Задание**

Внимательно рассмотрите окно опыта. Найдите все регуляторы и другие основные элементы. Зарисуйте в свой конспект схему опыта



1. Установите нажатием кнопки мыши в окне «Параметры системы» температуры и , указанные в таблице 1 для вашей бригады, и объемы сосуда и
2. Нажмите мышью центральную кнопку «Старт» и наблюдайте перемещение точки по замкнутой кривой цикла Карно. Остановите процесс повторным нажатием этой кнопки вблизи точки 1, обозначенной на рис. 2, то есть в месте перехода изотермического расширения газа в адиабатическое
3. Запишите в таблицу 2 значение, которое в момент остановки процесса в точке 1 будет обозначено в окне «Выходные данные»
4. Аналогичные измерения проведите для точек 2, 3, 4 и запишите значения объемов газа в соответствующие столбцы таблицы 2
5. Установите вторые значения температуры нагревателя и холодильника, указанные в таблице 1, и проделайте все измерения по пп. 2-4 еще раз. Результаты опытов занесите в таблицу 3
6. Каждый опыт повторите не менее 3 раз

**Обработка измерений**

1. Для любой произвольной точки цикла запишите значения давления, объёма и температуры, указанные в прямоугольнике окна опыта
2. С помощью уравнения состояния идеального газа определите число молей газа, находящихся в цилиндре поршнем
3. Используя уравнения 1, 3 и 5, рассчитайте и запишите эти значения в таблицу 2
4. По формуле вычисления термического КПД рассчитайте КПД цикла Карно и сравните его со значением, приведённым в окне опыта
5. Вычислите среднее значение работы цикла Карно и абсолютную погрешность измерения

**Измерение**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | | | | | |
| Номер измерения |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 22,3 | 40,0 | 18,0 | 10,0 | 2035,46 | 1393,59 | 641,87 | 7,46 | 0,31 |
| 2 | 22,0 | 39,7 | 18,5 | 10,3 | 2056,42 | 1388,47 | 667,95 | 33,54 | 0,32 |
| 3 | 22,5 | 39,5 | 17,8 | 10,0 | 1960,53 | 1367,1 | 593,43 | 40,98 | 0,30 |

Произвольные значения: .

№1:

№2:

№3:

**Вывод**: полученные значения совпадают или приблизительно совпадают со значениями, вычисленными в окне «Параметры системы» программы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | | | | | |
| Номер измерения |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Произвольные значения: .

№1:

№2:

№3:

**Вывод**: полученные значения совпадают или приблизительно совпадают со значениями, вычисленными в окне «Параметры системы» программы

**Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Рабочего тела, нагревателя и холодильника
2. Для совершения работы теплового двигателя необходима разность давлений по сторонам поршня
3. Атмосфера
4. Обратимый процесс допускает возможность возвращения системы в первоначальное состояние, без каких-либо изменений в окружающей среде, а необратимый - не допускает такой возможности

Причины необратимости реальных процессов:

1. Наличие в рабочем теле градиентов основных параметров, которые приводят к диссипации механической энергии, т.е. необратимому переходу ее в тепловую энергию
2. Наличие внешнего трения
3. Возрастание энтропии, которая является мерой необратимости при передаче тепла от рабочего тела с большей температурой к рабочему телу с меньшей температурой
4. Энтропия - функция состояния термодинамической системы, изменение которой в равновесном процессе равно отношению количества теплоты, сообщенного системе или отведенного от нее, к термодинамической температуре системы
5. Вы
6. Она утверждает, что коэффициент полезного действия любой тепловой машины, работающей в интервале температур  и  ( - температура нагревателя и  - температура холодильника) не может быть больше КПД машины, работающей по циклу Карно в том же интервале температур
7. График цикла Карно:

