

Принцип действия и КПД тепловых двигателей

1. Посмотреть видеоурок

<https://youtu.be/sNUQApklja4>

2. Списать конспект

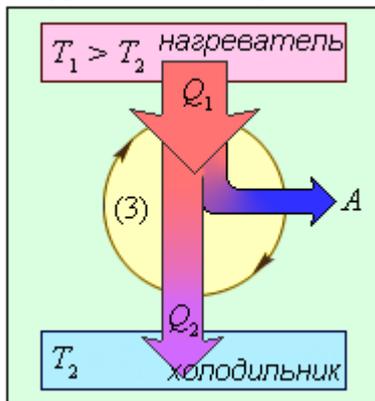
Тепловой двигатель

Двигатель, в котором происходит превращение внутренней энергии топлива, которое сгорает, в механическую работу.

Любой тепловой двигатель состоит из трех основных частей: *нагревателя*, *рабочего тела* (газ, жидкость и др.) и *холодильника*. В основе работы двигателя лежит циклический процесс (это процесс, в результате которого система возвращается в исходное состояние).

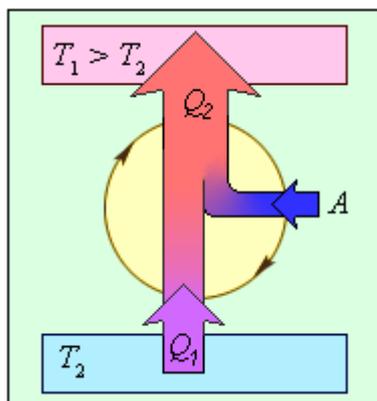
Прямой цикл теплового двигателя

Общее свойство всех циклических (или круговых) процессов состоит в том, что их невозможно провести, приводя рабочее тело в тепловой контакт только с одним тепловым резервуаром. Их нужно, по крайней мере, два. Тепловой резервуар с более высокой температурой называют нагревателем, а с более низкой – холодильником. Совершая круговой процесс, рабочее тело получает от нагревателя некоторое количество теплоты Q_1 (происходит расширение) и отдает холодильнику количество теплоты Q_2 , когда возвращается в исходное состояние и сжимается. Полное количество теплоты $Q=Q_1-Q_2$, полученное рабочим телом за цикл, равно работе, которую выполняет рабочее тело за один цикл.



Обратный цикл холодильной машины

При обратном цикле расширение происходит при меньшем давлении, а сжатие - при большем. Поэтому работа сжатия больше, чем работа расширения, работу выполняет не рабочее тело, а внешние силы. Эта работа превращается в теплоту. Таким образом, в холодильной машине рабочее тело забирает от холодильника некоторое количество теплоты Q_1 и передает нагревателю большее количество теплоты Q_2 .



Коэффициент полезного действия

Прямой цикл:

$$\eta = \frac{A}{Q_1}$$

η – коэффициент полезного действия

A – работа за один цикл

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Q_1 – полученное количество теплоты от нагревателя

Q_2 – отданное количество теплоты холодильнику

$[A] = 1 \text{ Дж}$ $[Q] = 1 \text{ Дж}$ $[\eta] = \%$ (безразмерная)

Показатель эффективности холодильной машины:

$$\eta = \frac{Q_1}{A}$$

η – коэффициент полезного действия

A – работа за один цикл

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1}$$

Q_1 – полученное количество теплоты от холодильника

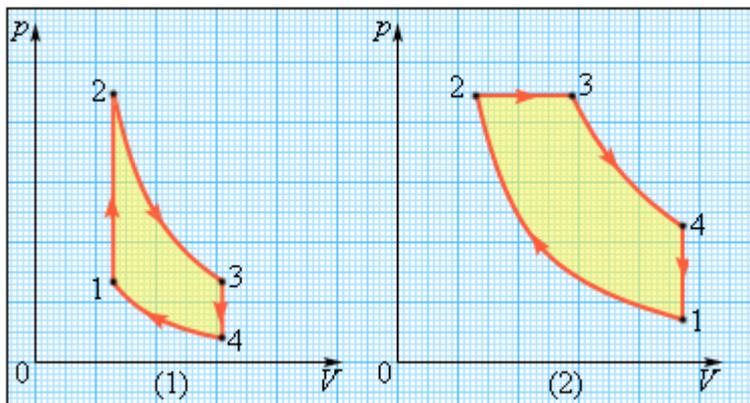
Q_2 – отданное количество теплоты нагревателю

$[A] = 1 \text{ Дж}$ $[Q] = 1 \text{ Дж}$ $[\eta] = \%$ (безразмерная)

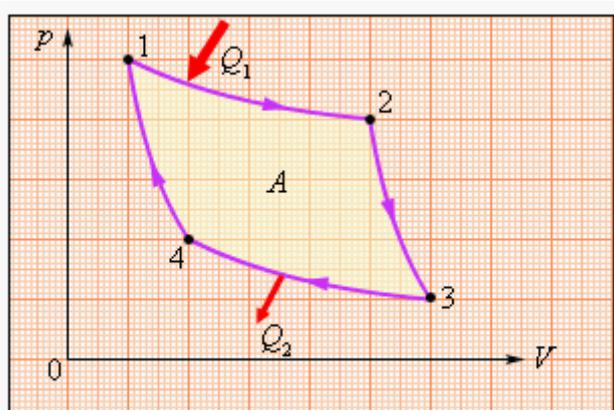
Цикл Карно

В тепловых двигателях стремятся достигнуть наиболее полного превращения тепловой энергии в механическую. Максимальное КПД.

На рисунке изображены циклы, используемые в бензиновом карбюраторном двигателе и в дизельном двигателе. В обоих случаях рабочим телом является смесь паров бензина или дизельного топлива с воздухом. Цикл карбюраторного двигателя внутреннего сгорания состоит из двух изохор (1–2, 3–4) и двух адиабат (2–3, 4–1). Дизельный двигатель внутреннего сгорания работает по циклу, состоящему из двух адиабат (1–2, 3–4), одной изобары (2–3) и одной изохоры (4–1). Реальный коэффициент полезного действия у карбюраторного двигателя порядка 30%, у дизельного двигателя – порядка 40 %.



Французский физик С.Карно разработал работу идеального теплового двигателя. Рабочую часть двигателя Карно можно представить себе в виде поршня в заполненном газом цилиндре. Поскольку двигатель Карно – машина чисто теоретическая, то есть идеальная, силы трения между поршнем и цилиндром и тепловые потери считаются равными нулю. Механическая работа максимальна, если рабочее тело выполняет цикл, состоящий из двух изотерм и двух адиабат. Этот цикл называют циклом Карно.



участок 1-2: газ получает от нагревателя количество теплоты Q_1 и изотермически расширяется при температуре T_1

участок 2-3: газ адиабатически расширяется, температура снижается до температуры холодильника T_2

участок 3-4: газ экзотермически сжимается, при этом он отдает холодильнику количество теплоты Q_2

участок 4-1: газ сжимается адиабатически до тех пор, пока его температура не повысится до T_1 . Работа, которую выполняет рабочее тело - площадь полученной фигуры 1234.

Функционирует такой двигатель следующим образом:

1. Сначала цилиндр вступает в контакт с горячим резервуаром, и идеальный газ расширяется при постоянной температуре. На этой фазе газ получает от горячего резервуара некое количество тепла.
2. Затем цилиндр окружается идеальной теплоизоляцией, за счет чего количество тепла, имеющееся у газа, сохраняется, и газ продолжает расширяться, пока его температура не упадет до температуры холодного теплового резервуара.
3. На третьей фазе теплоизоляция снимается, и газ в цилиндре, будучи в контакте с холодным резервуаром, сжимается, отдавая при этом часть тепла холодному резервуару.
4. Когда сжатие достигает определенной точки, цилиндр снова окружается теплоизоляцией, и газ сжимается за счет поднятия поршня до тех пор, пока его температура не сравняется с температурой горячего резервуара. После этого теплоизоляция удаляется и цикл повторяется вновь с первой фазы.

КПД цикла Карно не зависит от вида рабочего тела

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

η - коэффициент полезного действия

T_1 - температура нагревателя

T_2 - температура холодильника

$[T] = 1K$ $[\eta] = \%$ (безразмерная)

для холодильной машины

$$\eta = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

η - коэффициент полезного действия

T_1 - температура нагревателя

T_2 - температура холодильника

$[T] = 1K$ $[\eta] = \%$ (безразмерная)

В **реальных тепловых двигателях** нельзя создать условия, при которых их рабочий цикл был бы циклом Карно. Так как процессы в них происходят быстрее, чем это необходимо для изотермического процесса, и в то же время не настолько быстрые, чтоб быть адиабатическими.

3. Ответить письменно на вопросы

1. Что называют тепловым двигателем?
2. Как устроены все тепловые двигатели?

3. Что является рабочим телом двигателя?
4. Что происходит с газом при совершении работы?
5. Что является холодильником в двигателе?
6. Какой величиной характеризуется работа двигателя?
7. Что называют КПД двигателя? Формула?
8. Может ли КПД любого теплового двигателя быть равным 100%?
9. Кто из ученых получил новую формулу для расчета максимального КПД?
10. Формула максимального КПД двигателя?