

Лекция 6

Понятие о втором начале термодинамики. Принцип действия тепловой машины и ее КПД

г. Санкт-Петербург
2020г.

Тепловой двигатель

Это устройство, превращающее внутреннюю энергию топлива в механическую.

К тепловым двигателям относятся:

- паровые машины;
- двигатели внутреннего сгорания (ДВС);
- паровые и газовые турбины;
- ракетные двигатели

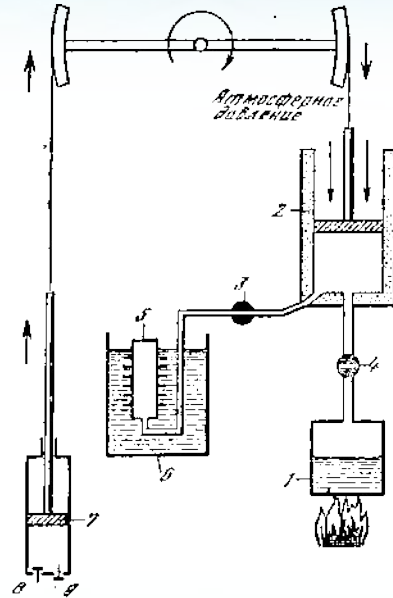
И.И. Ползунов - создатель первой в России паросиловой установки (1765г.)



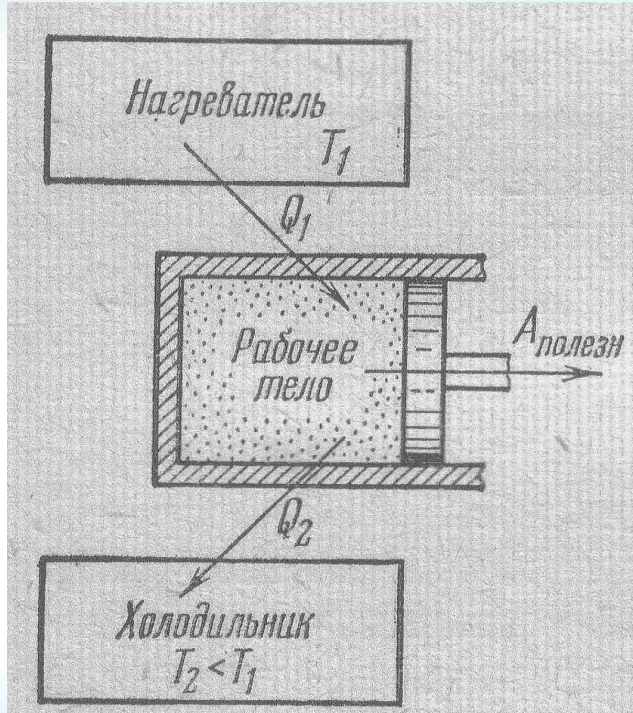
Ползунов — «муж, делающий честь своему отечеству. Он строит теперь огненную машину, совсем отличную от венгерской и английской».

Э. Г. Лаксман

Джеймс Уатт – изобретатель универсальной паровой машины (1785г.)



Устройство и принцип действия теплового двигателя



Тепловой двигатель включает
три части:

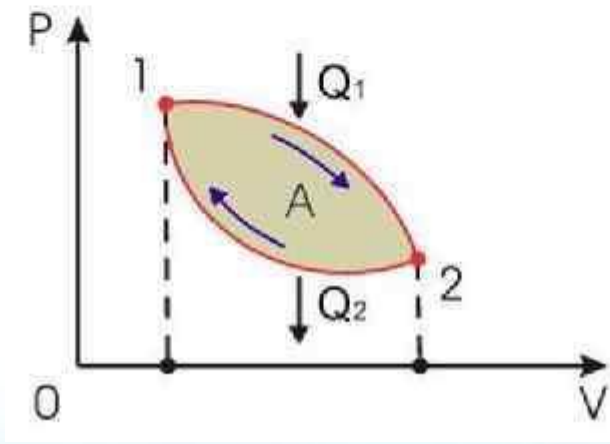
- рабочее тело;
- нагреватель;
- холодильник

Принцип действия теплового двигателя основан на свойстве газа или пара при расширении совершать работу.

Принцип действия теплового двигателя

Тепловой двигатель работает **циклически**.

В процессе работы теплового двигателя **периодически повторяются расширения и сжатия газа**.



Тело из начального состояния 1 переводится в конечное 2, а затем через другие промежуточные состояния возвращается в начальное состояние 1, т.е. совершается **круговой процесс** или **цикл**.

Полезная работа за цикл:

$$A_{\text{полезн}} = A_1 - A_2 = Q_1 - Q_2 .$$

Идеальная тепловая машина



Сади Карно (1796-1832)

Рабочее тело – идеальный газ

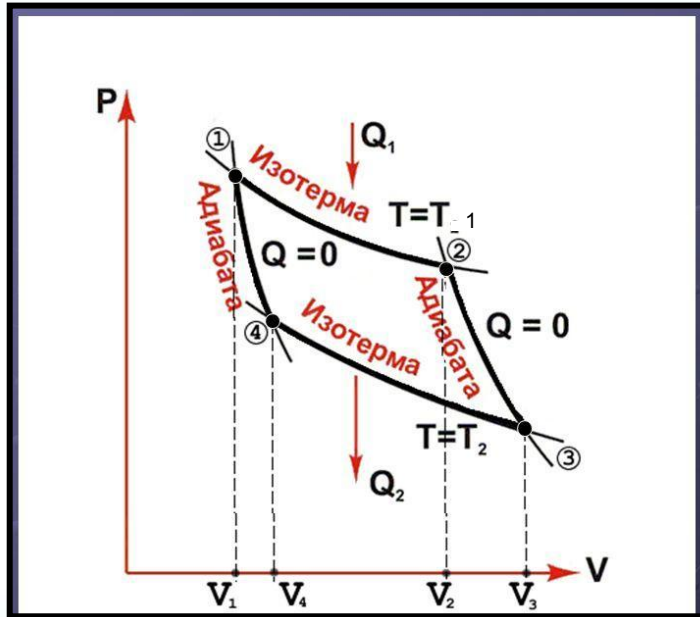
В идеальной машине
отсутствуют потери:

- на теплопроводность,
- на трение,
- на излучение и т.д.

Идеальная тепловая машина
работает по **циклу Карно**

Цикл Карно

Цикл Карно состоит из **двух изотермических** и **двух адиабатных** процессов.



1-2 - газ **изотермически** расширяется, совершая положительную работу, при температуре T_1
2-3 - сосуд теплоизолируют, газ продолжает расширяться **адиабатно**, его температура понижается до температуры холодильника T_2
3-4 - газ приводят в контакт с холодильником, при **изотермическом** сжатии он отдает холодильнику количество теплоты Q_2
4-1 - сосуд снова термоизолируют, идеальный газ сжимается **адиабатно** и возвращается в первоначальное состояние: $\Delta V = 0$.

К.п.д. тепловой машины

Согласно закону сохранения энергии работа, совершаемая двигателем, равна:

$$A = Q_1 - Q_2$$

где Q_1 - количество теплоты, полученное от нагревателя,
 Q_2 - количество теплоты, отданное холодильнику.

**Коэффициент полезного действия (КПД)
теплого двигателя :**

$$\eta = A / Q_1 = (Q_1 - |Q_2|) / Q_1 = 1 - |Q_2| / Q_1$$

Максимально возможный КПД:

$$\eta_{\max} = (T_1 - T_2) / T_1 = 1 - T_2 / T_1$$

Второе начало термодинамики

Первое начало термодинамики устанавливает количественное соотношение между количеством теплоты, работой и изменением внутренней энергии тела.

$$Q = \Delta U + A$$

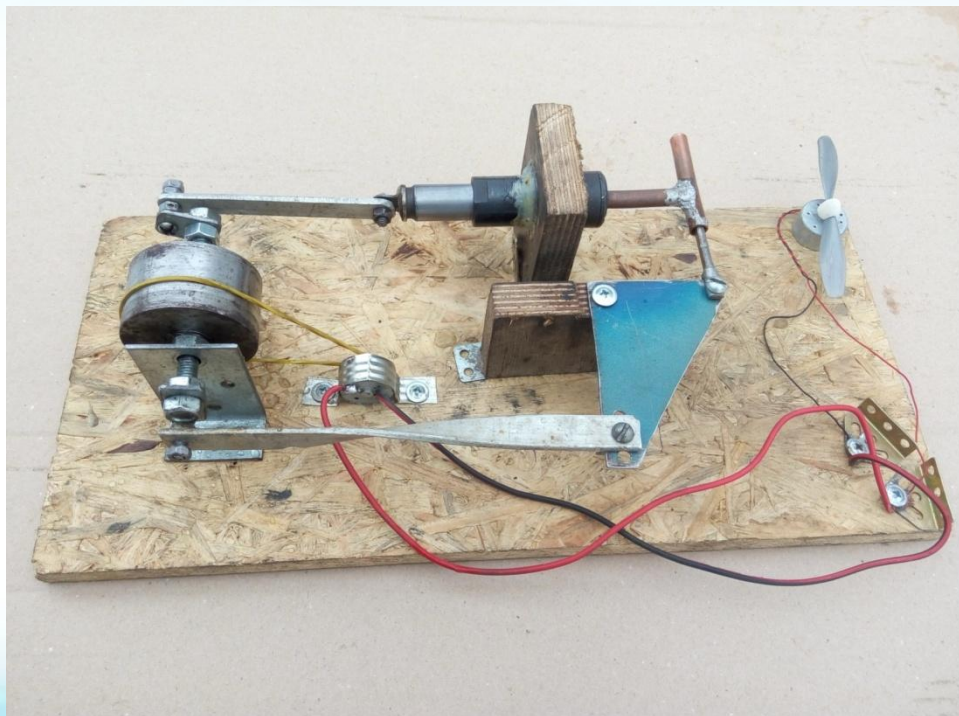
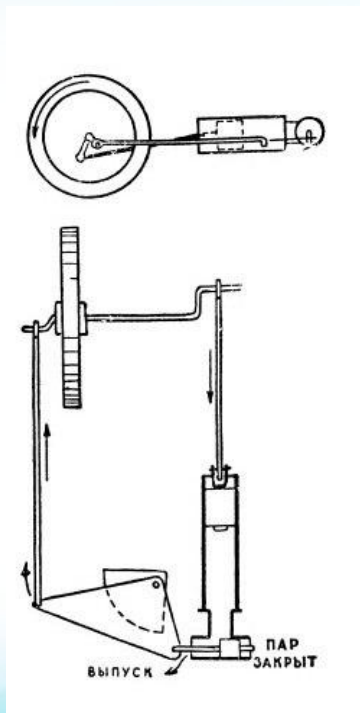
Второе начало термодинамики определяет направление процессов, происходящих в природе и связанных с превращением энергии.

Теплота не может сама собой переходить от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой при отсутствии других одновременных изменений в обеих системах или в окружающих телах.

Влияние тепловых машин на окружающую среду

- Из-за отвода в окружающую среду значительных количеств теплоты возникает «тепловое загрязнение» среды;
- Из-за сжигания топлива:
 - ✓ расходуется атмосферный кислород;
 - ✓ в атмосферу выделяется углекислый газ;
 - ✓ атмосфера загрязняется азотными и серными соединениями, золой, хлопьями сажи

Модель парового двигателя, выполненная студентом группы 1-С-127 Федоровым И. в ходе индивидуального проекта



Как работает модель парового двигателя?

