

## 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

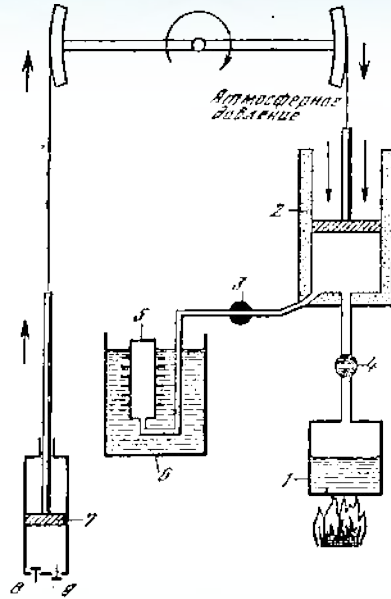
# И.И. Ползунов - создатель первой в России паросиловой установки (1765г.)



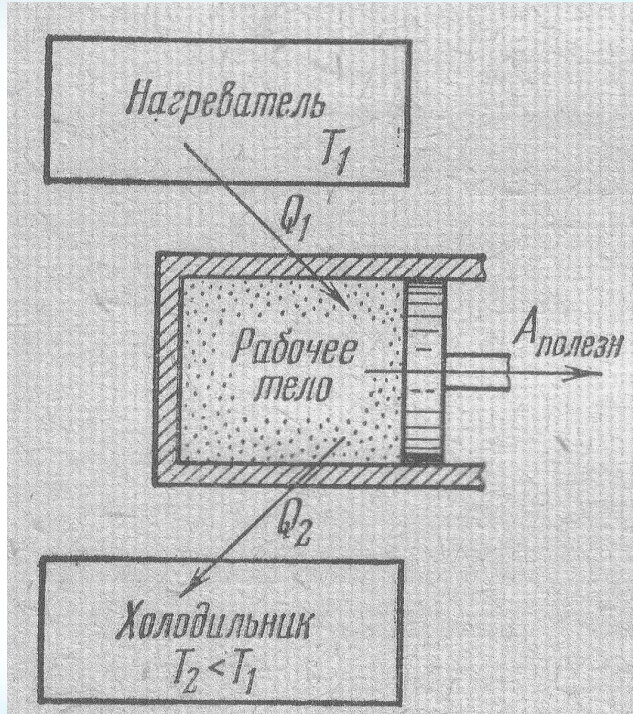
*Ползунов — «муж, делающий честь своему отечеству. Он строит теперь огненную машину, совсем отличную от венгерской и английской».*

Э. Г. Лаксман

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



# Устройство и принцип действия теплового двигателя



Тепловой двигатель включает  
**три части:**

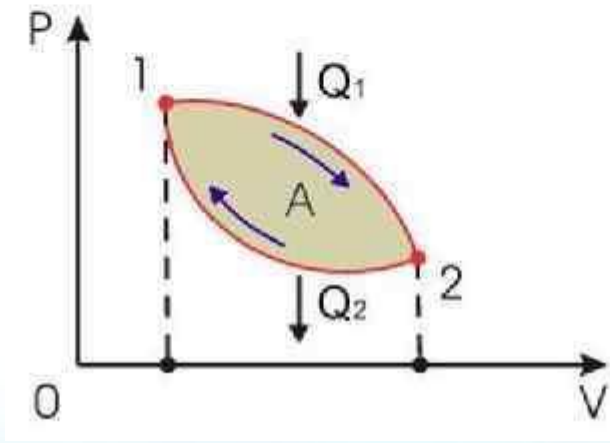
- рабочее тело;
- нагреватель;
- холодильник

**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

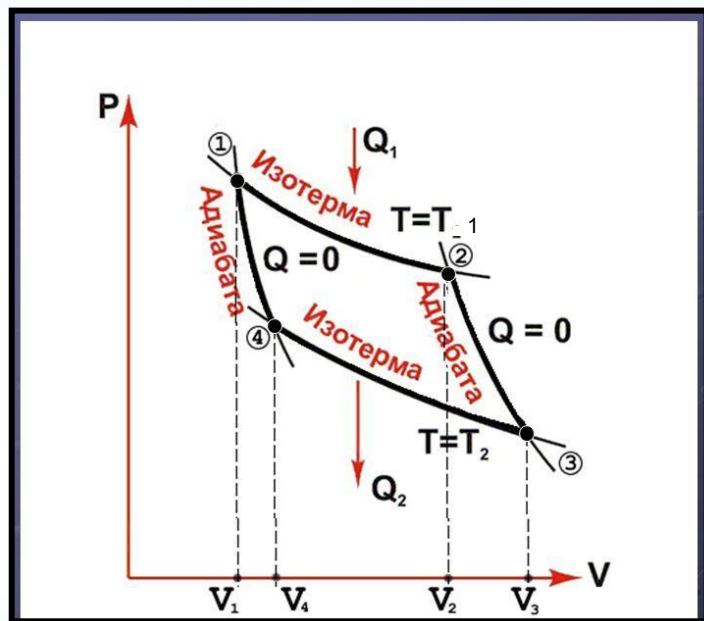
В идеальной машине  
**отсутствуют потери:**

- 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.

$$Q = \Delta U + A$$

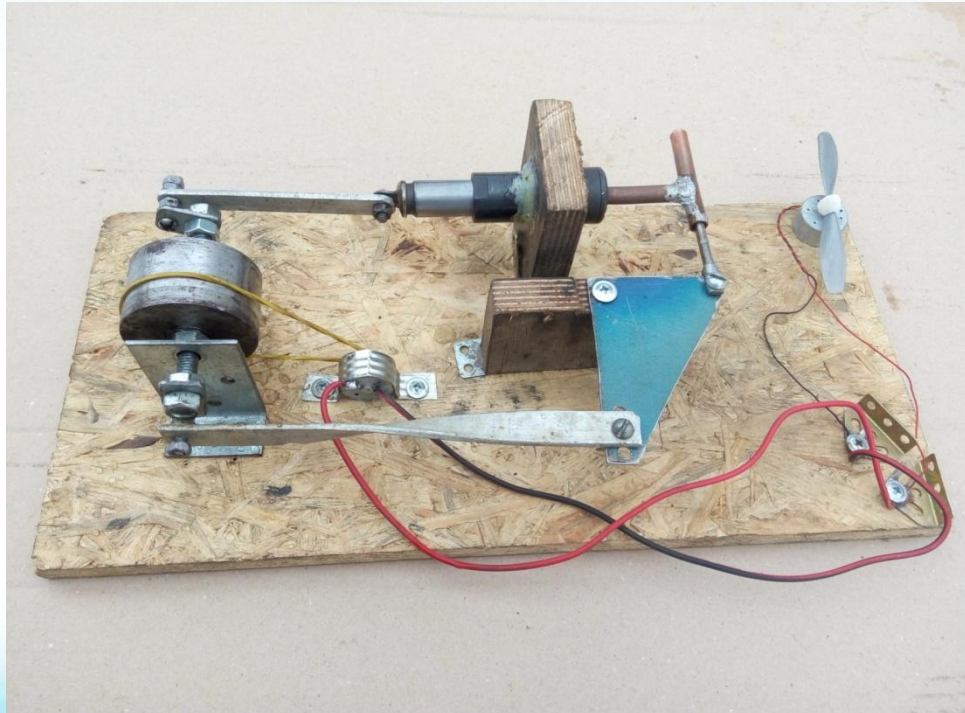
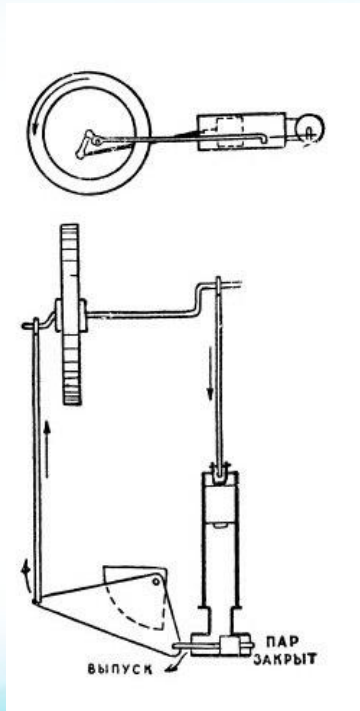
**Второе начало термодинамики** определяет направление процессов, происходящих в природе и связанных с превращением энергии.

**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?

