

## 2.2.8. Второй закон термодинамики

**Невозможен процесс, единственным результатом которого была бы передача тепла от менее нагретого тела к более нагретому (Р. Клаузиус).**

Второй закон термодинамики устанавливает направленность возможных энергетических превращений и тем самым выражает необратимость процессов в природе.

**Невозможен циклический процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счёт охлаждения теплового резервуара (У. Кельвин).**

Совершение работы за счёт охлаждения возможно в адиабатном процессе, но он не циклический.

## 2.2.9. КПД тепловой машины

Машины, преобразующие внутреннюю энергию в механическую работу, называют **тепловыми машинами (двигателями)**.

**КПД тепловой машины** равен отношению работы  $A'$ , совершённой машиной за цикл, к затраченному за цикл количеству теплоты  $Q_1$ :  $\eta = \frac{A'}{Q_1} \cdot 100\%$ .

Из второго закона термодинамики следует, что тепловой двигатель не может иметь КПД, равный единице (100%).

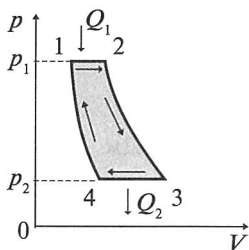
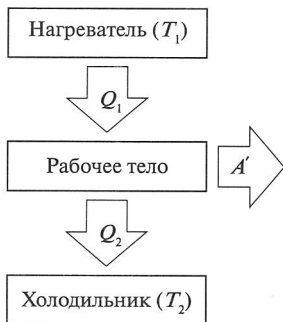
## 2.2.10. Принципы действия тепловых машин

Основные элементы тепловой машины: рабочее тело, нагреватель, холодильник.

Нагреватель, имеющий температуру  $T_1$ , передаёт рабочему телу количество теплоты  $Q_1$ . Рабочее тело совершает полезную механическую работу  $A'$ .

Холодильнику (охладителю), имеющему температуру  $T_2$ , передаётся количество теплоты  $Q_2$ , обеспечивая циклический процесс.

Полезная работа равна разности количества теплоты, полученного рабочим телом, и количества теплоты, отданного холодильнику:  $A' = Q_1 - Q_2$ .



Суммарная работа за циклический процесс численно равна площади, ограниченной графиком процесса в координатах  $p - V$ .

**Коэффициент полезного действия** теплового двигателя равен отношению полезной работы, совершаемой рабочим телом за цикл, к полученному от нагревателя за цикл количеству теплоты:  $\eta = \frac{A'}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$ .

Максимальный КПД при заданных температурах нагревателя и холодильника имеет идеальная тепловая машина (машина Карно):

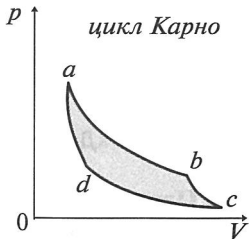
$a - b$  — при тепловом контакте с нагревателем газ расширяется изотермически;

$b - c$  — газ расширяется адиабатно.

При контакте с холодильником:

$c - d$  — изотермическое сжатие;

$d - a$  — адиабатное сжатие.



**КПД идеальной машины** определяется только значением температур нагревателя  $T_1$  и холодильника  $T_2$  и не зависит от устройства машины

и типа рабочего тела:  $\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$ .

### 2.2.11. Проблемы энергетики и охрана окружающей среды

Последствия негативного воздействия на окружающую среду:

- 1) повышение температуры Земли;
- 2) повышение в атмосфере концентрации веществ, вредных и опасных для жизни человека, животных и растений.

Направления снижения негативного действия на окружающую среду:

- 1) повышение КПД тепловых двигателей;
- 2) повышение эффективности очистительных сооружений;
- 3) повышение эффективности использования вырабатываемой энергии;
- 4) использование альтернативных источников энергии.