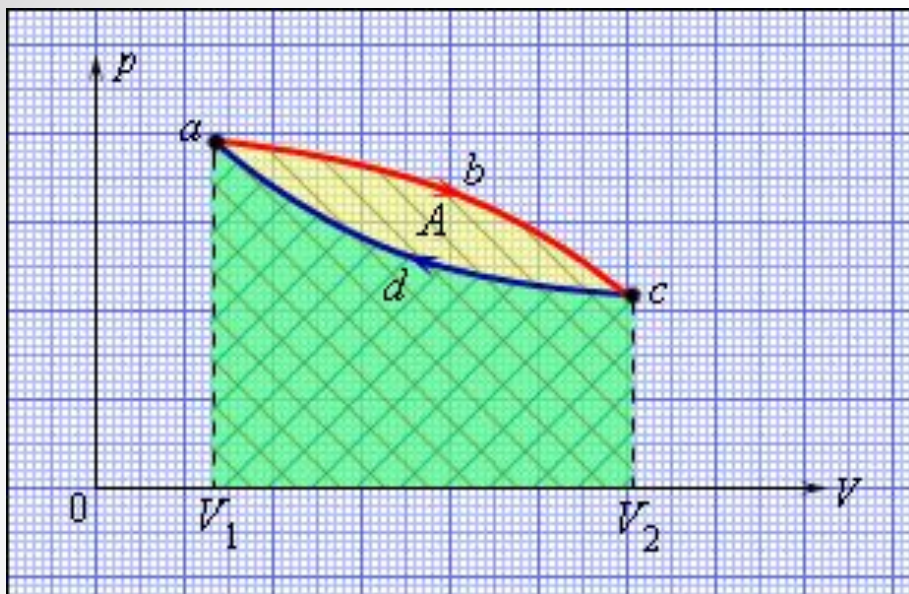


Тепловые двигатели.  
Термодинамические  
циклы. Цикл Карно

- **Тепловым двигателем** называется устройство, способное превращать полученное количество теплоты в механическую работу. Механическая работа в тепловых двигателях производится в процессе расширения некоторого вещества, которое называется рабочим телом. В качестве рабочего тела обычно используются газообразные вещества (пары бензина, воздух, водяной пар). Рабочее тело получает (или отдает) тепловую энергию в процессе теплообмена с телами, имеющими большой запас внутренней энергии. Эти тела называются тепловыми резервуарами.

- Но такой однократный акт преобразования теплоты в работу не представляет интереса для техники. Реально существующие тепловые двигатели работают циклически. Процесс теплопередачи и преобразования полученного количества теплоты в работу периодически повторяется. Для этого рабочее тело должно совершать круговой процесс или термодинамический цикл, при котором периодически восстанавливается исходное состояние. Круговые процессы изображаются на диаграмме ( $p, V$ ) газообразного рабочего тела с помощью замкнутых кривых. При расширении газ совершает положительную работу  $A_1$ , равную площади под кривой  $abc$ , при сжатии газ совершает отрицательную работу  $A_2$ , равную по модулю площади под кривой  $cda$ . Полная работа за цикл  $A = A_1 + A_2$  на диаграмме ( $p, V$ ) равна площади цикла. Работа  $A$  положительна, если цикл обходится по часовой стрелке, и  $A$  отрицательна, если цикл обходится в противоположном направлении.



Круговой процесс на диаграмме  $(p, V)$ .  $abc$  – кривая расширения,  $cda$  – кривая сжатия. Работа  $A$  в круговом процессе равна площади фигуры  $abcd$

Общее свойство всех 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. Тепловым резервуаром с более высокой температурой называют нагревателем, а с более низкой – холодильником. Совершая круговой процесс, рабочее тело получает от нагревателя некоторое количество теплоты  $Q_1 > 0$  и отдает холодильнику количество теплоты  $Q_2 < 0$ . Полное количество теплоты  $Q$ , полученное рабочим телом за цикл, равно  $Q = Q_1 + Q_2 = Q_1 - |Q_2|$ .

При обходе цикла рабочее тело возвращается в первоначальное состояние, следовательно, изменение его внутренней энергии равно нулю ( $\Delta U = 0$ ). Согласно первому закону термодинамики,

$$\Delta U = Q - A = 0.$$

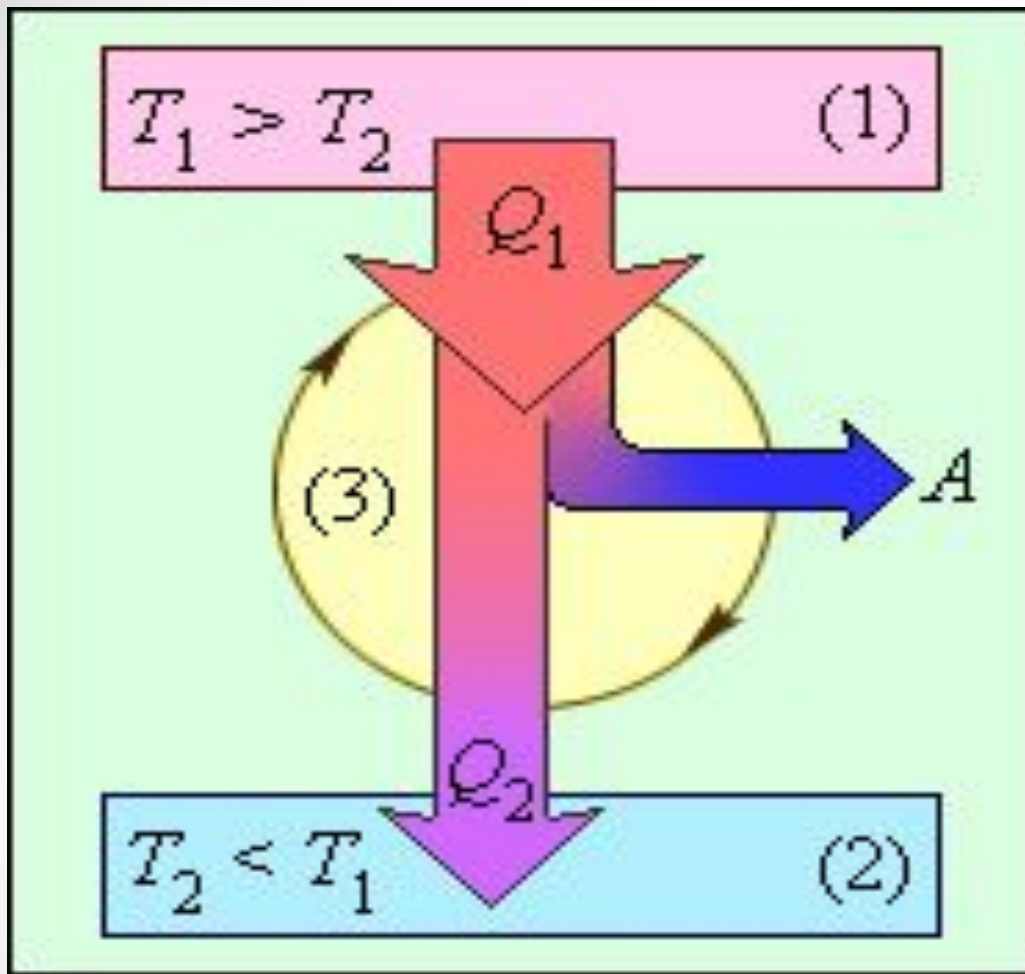
Отсюда следует:

$$A = Q = Q_1 - |Q_2|.$$

Работа  $A$ , совершаемая рабочим телом за цикл, равна полученному за цикл количеству теплоты  $Q$ .

Отношение работы  $A$  к количеству теплоты  $Q_1$ , полученному рабочим телом за цикл от нагревателя, называется коэффициентом полезного действия  $\eta$  тепловой машины:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}.$$



Энергетическая схема тепловой машины: 1 – нагреватель; 2 – холодильник; 3 – рабочее тело, совершающее круговой процесс.  $Q_1 > 0$ ,  $A > 0$ ,  $Q_2 < 0$ ;  $T_1 > T_2$



Циклы карбюраторного двигателя внутреннего сгорания (1) и дизельного двигателя (2)

