

ЛЕКЦИЯ 12

1. Второе начало термодинамики
2. История создания тепловых двигателей
3. Принцип действия тепловых двигателей
4. КПД тепловых двигателей
5. Цикл Карно
6. Циклы реальных тепловых двигателей.

1. Второе начало термодинамики.

Нагретая печь или радиатор отопления передает тепло окружающему воздуху, другим менее нагретым предметам.

Первое начало термодинамики ничего не говорит о направлении теплообмена - от какого из двух различно нагретых тел должна передаваться теплота. Оно допускает переход теплоты и от холодных тел к горячим. С точки зрения первого начала важно лишь соблюдение теплового баланса.

Первое начало в принципе допускает и такой процесс, как самопроизвольный (без внешнего вмешательства) подъем тела на некоторую высоту за счет внутренней энергии этого тела, лишь бы убыль внутренней энергии точно равнялась приращению потенциальной энергии.

Таким образом, первое начало оказывается недостаточным для описания большого числа явлений.

В связи с этим, независимо от первого начала в науку введено в качестве научного принципа второе начало термодинамики, являющееся обобщением опыта.

Второе начало, как и первое, имеет ряд эквивалентных формулировок.

Приведем одну из них, приведенную в трудах Р.Клаузиуса: ***"Теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более теплему"***.

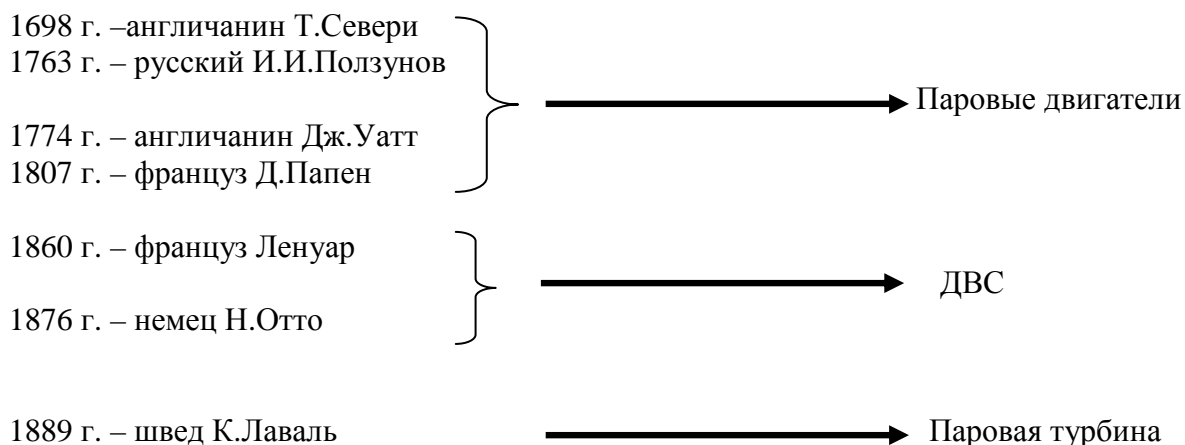
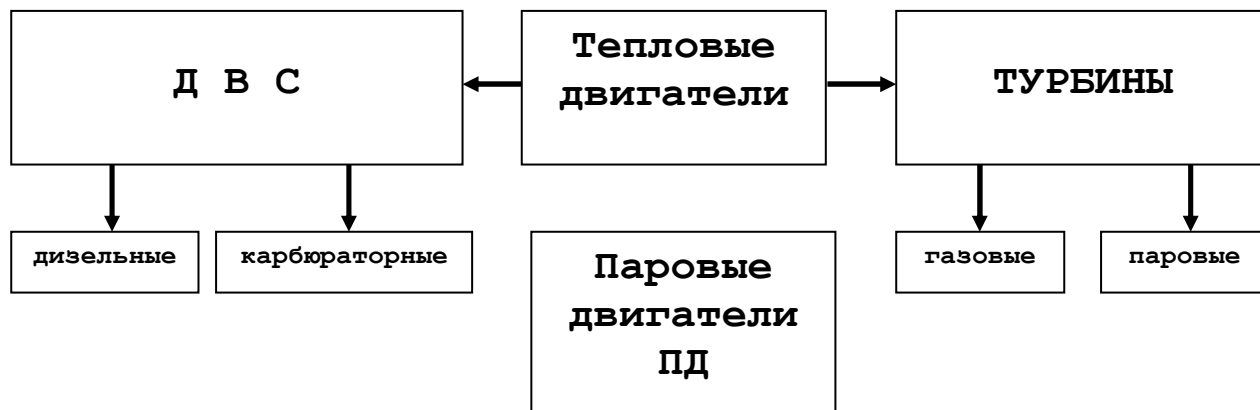
Такой переход второе начало не запрещает. Такой переход осуществляется в холодильнике. Оно запрещает самопроизвольный переход количества теплоты от холодного тела к нагретому.

В упомятом холодильнике, теплота из холодильной камеры передается более теплему окружающему воздуху, но процесс идет не сам собой: для осуществления такого процесса необходима затрата энергии.

Из второго начала вытекает ряд принципиально важных заключений, касающихся условий преобразования теплоты в работу.

2. Тепловые двигатели.

Тепловые двигатели - это машины, преобразующие внутреннюю энергию топлива в механическую, совершая при этом круговой процесс (цикл).



3. Принцип действия тепловых двигателей.

Рассмотрим необходимость цикличности работы теплового двигателя на примере кругового процесса, осуществляемого с определенной массой газа или пара.

Представим себе, что мы впустили в цилиндр, в котором может перемещаться поршень, определенную массу газа или пара (*называемое рабочим телом или веществом*).

Рабочее тело, расширяясь, совершит работу против внешних сил. С прекращением расширения прекратится процесс превращения внутренней энергии в механическую. В данном случае мы имеем дело с тепловым двигателем одностороннего действия (например, огнестрельное оружие).

Для осуществления повторного расширения необходимо сжать рабочее вещество, приведя поршень и рабочее тело в первоначальное состояние.

Но, если сжимать рабочее тело при тех же давлениях, то внешним силам придется при сжатии совершить работу, равную работе расширения. В результате полезная работа за один цикл, окажется равной нулю.

Поэтому необходимо, чтобы сжатие рабочего вещества осуществлялось при более низких давлениях. А это возможно при понижении температуры. Поэтому рабочее вещество должно быть охлаждено. Для этого необходимо привести его в контакт с телом, имеющим более низкую температуру. Это тело называется *холодильником*.

Нагреватель, рабочее тело и холодильник – основные части теплового двигателя (рис.1).

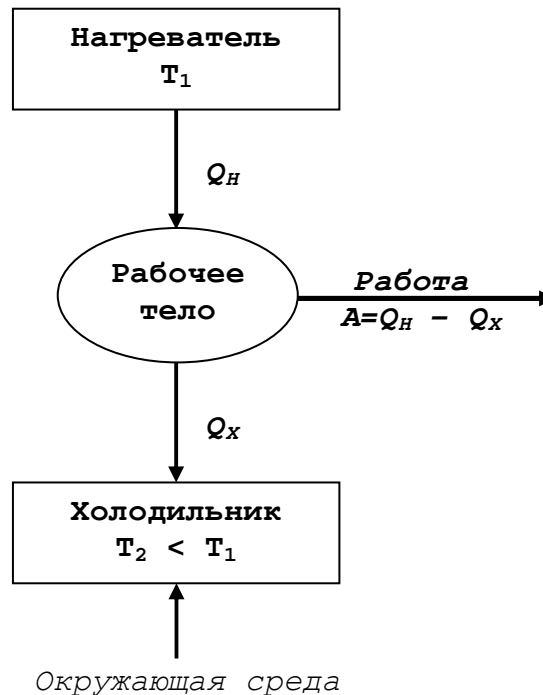


Рис. 1

На Рис.2 изображены процессы расширения (ABC) и сжатия (CDA). Работа газа в процессе расширения положительна ($\Delta V > 0$) и численно равна площади фигуры ABCEF. Работа газа при сжатии отрицательна ($\Delta V < 0$) и численно равна площади фигуры ADCEF. Полезная работа равна разности площадей под кривыми ABC и CDA (заштрихована на рисунке).

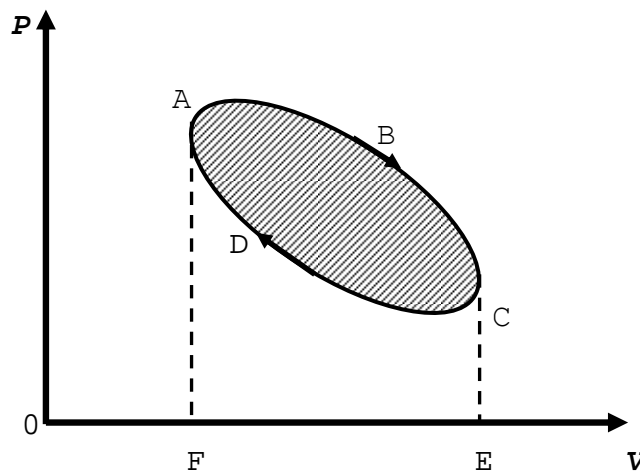


Рис. 2

4. Коэффициент полезного действия.

Рабочее тело, получая некоторое количество теплоты от нагревателя Q_1 , часть этого количества отдает холодильнику Q_2 . Поэтому совершаемая работа не может быть больше $A = Q_1 - Q_2$.

Отношение этой работы к количеству теплоты, полученной расширяющимся газом от нагревателя, называется *КПД тепловой машины*.

$$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}$$

5. Цикл Карно.

Анализируя работу тепловых двигателей, обладающих низким КПД, французский ученый Сади Карно пришел к выводу о том, что максимальный КПД может быть достигнут, если приобретение и отдача энергии рабочим телом путем теплообмена будет происходить при постоянной температуре, а температура рабочего вещества будет меняться только в процессе совершения работы.

В те годы, когда жил Сади Карно (1796—1832) наилучшие паровые машины имели КПД 5%

С. Карно предложил цикл идеальной тепловой машины. Рабочий цикл Карно состоит из двух равновесных изотермических и двух равновесных адиабатных процессов. *(Напомним, что равновесным называется процесс, в котором газ проходит ряд следующих друг за другом равновесных состояний. Параметры таких состояний отличаются на малую величину.)*

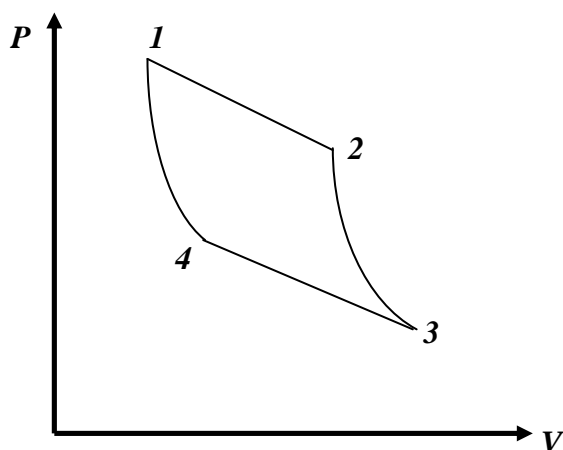
В идеальной машине отсутствуют всякие потери на теплопроводность, трение, излучение и т.д. В качестве рабочего тела выбирается идеальный газ.

На участке 1-2 (изотерма) идеальный газ совершает работу по изотермическому расширению за счет теплоты, полученной от нагревателя. Внутренняя энергия не изменяется, т.к. $T = \text{const}$.

При адиабатном расширении 2—3 газ совершает работу за счет изменения внутренней энергии, т.к. при этом процессе газ не получает теплоты.

При изотермическом сжатии 3-4 выделяющаяся теплота полностью передается холодильнику, внутренняя энергия не меняется.

При адиабатном сжатии 4—1 работа идет на повышение внутренней энергии



В реальных тепловых двигателях процессы протекают настолько быстро, что уменьшение и увеличение внутренней энергии рабочего вещества при изменении его объема не успевает компенсироваться притоком энергии от нагревателя и отдачей энергии холодильнику. Поэтому изотермические процессы не могут быть реализованы.

То же относится и к строго адиабатным процессам, т.к. в природе нет идеальных теплоизоляторов.

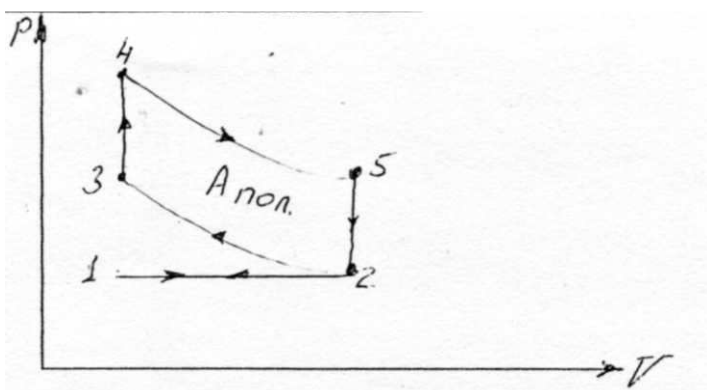
Кроме того, в реальных двигателях всегда существуют потери энергии на трение. Поэтому КПД цикла в реальных двигателях всегда меньше КПД цикла Карно.

Из уравнения КПД следует, что для повышения КПД нужно увеличивать температуру нагревателя и уменьшать температуру холодильника.

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H}$$

6. Циклы реальных тепловых двигателей.

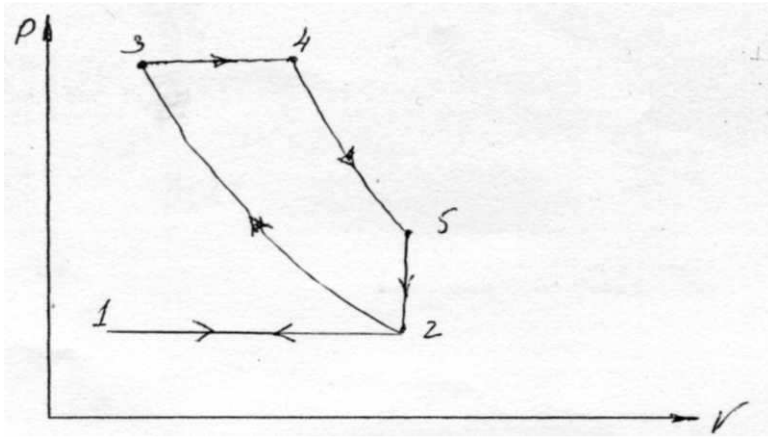
А. ДВС (карбюраторный). Цикл Карно.



- 1–2 — всасывание горючей смеси
- 2–3 — адиабатное сжатие
- 3–4 — изохорное сгорание
- 4–5 — адиабатное расширение продуктов сгорания
- 5–2 — изохорное падение давления
- 2—1 — изобарное выталкивание отработавших газов

Т.К. на изохорах работа не совершается, а работа на всасывание и на выброс газов равна и противоположна по знаку, то полезная работа за один цикл равна разности работ на адиабатах и изображается площадью цикла.

б. двигатель Дизеля.



- 1-2 - всасывается атмосферный воздух
- 2-3 - адиабатное сжатие
- 3-4 — изобарное сгорание впрыскиваемого жидкого топлива
- 4-5 — адиабатное расширение продуктов сгорания
- 5-2 — изохорное падение давления
- 2-1 - выброс газов

Замкнутость циклов является условной, т.к. перед каждым циклом цилиндр заполняется определенной массой рабочего вещества и по окончании выбрасывается из цилиндра. Приведенные циклы являются теоретическими.