Лекция "Коэффициент полезного действия тепловых двигателей"

На прошлом уроке мы с вами начали знакомство с **тепловыми двигателями. Давайте вспомним, что так называется устройство, которое совершает механическую работу за счёт внутренней энергии топлива.**
Простейший тепловой двигатель представляет собой цилиндрический сосуд, в котором находится газ под поршнем. При нагревании газа, его давление и объём увеличиваются, и поршень приходит в движение, поднимая груз на некоторую высоту.

Любой тепловой двигатель состоит из трёх основных элементов: нагревателя, рабочего тела (как правило, газ) и холодильника (чаще всего атмосфера или вода при температуре окружающей среды).

Энергия, выделяемая при сгорании топлива в нагревателе, передаётся рабочему телу путём теплопередачи. При расширении газа часть его внутренней энергии идёт на совершение работы. А некоторое количество теплоты неизбежно передаётся холодильнику. Таким образом, получается, что полное превращение внутренней энергии газа в работу невозможно. Это обусловлено необратимостью процессов в природе. Если бы тепло могло самопроизвольно возвращаться от холодильника к нагревателю, то внутренняя энергия могла бы быть полностью превращена в полезную работу с помощью любого теплового двигателя. **Но второй закон термодинамики запрещает это: ведь невозможно создать вечный двигатель второго рода, то есть двигатель, который полностью превращал бы теплоту в механическую работу.**
Баланс энергии за цикл можно получить на основе первого закона термодинамики.

Для идеального теплового двигателя изменение внутренней энергии равно нулю, так как рабочее тело вернулось в исходное состояние. Отсюда находим, что полезная работа, совершаемая тепловым двигателем, равна разности между количеством теплоты, полученной от нагревателя, и количеством теплоты, отданной холодильнику:

$$A_{\text{п}} = Q_1 - Q_2.$$

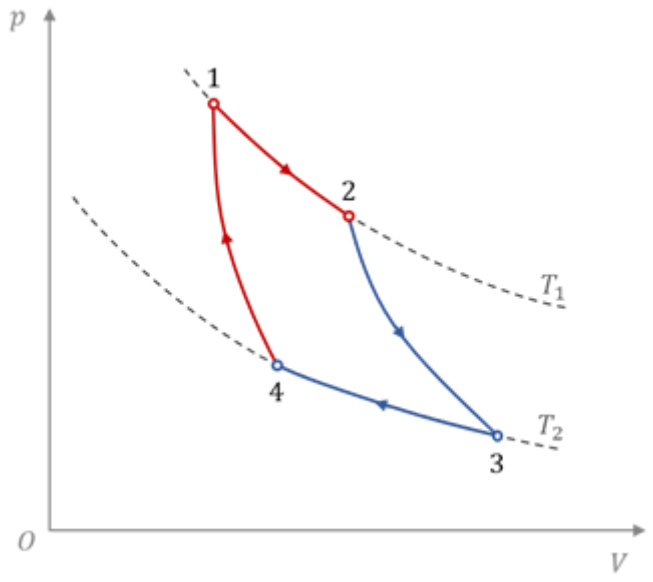
Отношение полезной работы к количеству теплоты, которое рабочее тело получило от нагревателя, называется коэффициентом полезного действия теплового двигателя (сокращённо, КПД):

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{|Q_1|} \cdot 100\ \%.$$

Так как часть теплоты, полученной от нагревателя, передаётся холодильнику, то коэффициент полезного действия любого теплового двигателя всегда меньше единицы:

$$\eta < 1.$$

Для получения максимально возможного коэффициента полезного действия необходимо охладить рабочее тело перед сжатием.



Это можно сделать путём адиабатного расширения газа, при котором его температура понизится до температуры холодильника. Далее при изотермическом сжатии рабочее тело передаст холодильнику некоторое количество теплоты. А завершить цикл теплового двигателя эффективнее всего адиабатным сжатием газа до первоначальной температуры. Впервые этот цикл был предложен французским инженером Сади Карно, поэтому его ещё называют **циклом Карно.** Формулу для определения коэффициента полезного действия цикла Карно вы сейчас видите на экране:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\ \%.$$

КПД любого реального теплового двигателя не может превышать КПД идеального цикла Карно. Формула Карно даёт теоретический предел для максимального значения коэффициента полезного действия тепловых двигателей. Она показывает, что двигатель тем эффективней, чем больше разность температур нагревателя и холодильника.

А КПД идеального теплового двигателя мог бы быть равен единице только в том случае, если бы было возможно использовать холодильник с температурой, равной абсолютному нулю. Но, как известно, это невозможно даже теоретически, потому что абсолютного нуля температуры достичь нельзя.

Для закрепления нового материала, решим с вами задачу.
Задача 1. Каждый из четырёх двигателей реактивного самолёта на 5000 км пути развивает среднюю силу тяги 0,11 МН. Определите объём керосина, израсходованного на этом пути, если коэффициент полезного действия двигателя равен 24 %. Плотность и удельная теплота сгорания керосина соответственно равны 800 кг/м^3 и 43 МДж/кг.

ДАНО

$s = 5 \cdot 10^6$ м

$\bar{F} = 1{,}1 \cdot 10^5$ Н

$\eta = 0{,}24$

$\rho = 800\ \frac{кг}{м^3}$

$q = 4{,}3 \cdot 10^7\ \frac{Дж}{кг}$

$V = ?$

РЕШЕНИЕ

КПД: $\eta = \frac{A_п}{Q_1} = \frac{4\bar{F}s}{q\rho V} \Rightarrow V = \frac{4\bar{F}s}{q\rho\eta}$.

Полезная работа двигателей: $A_п = 4\bar{F}s$.

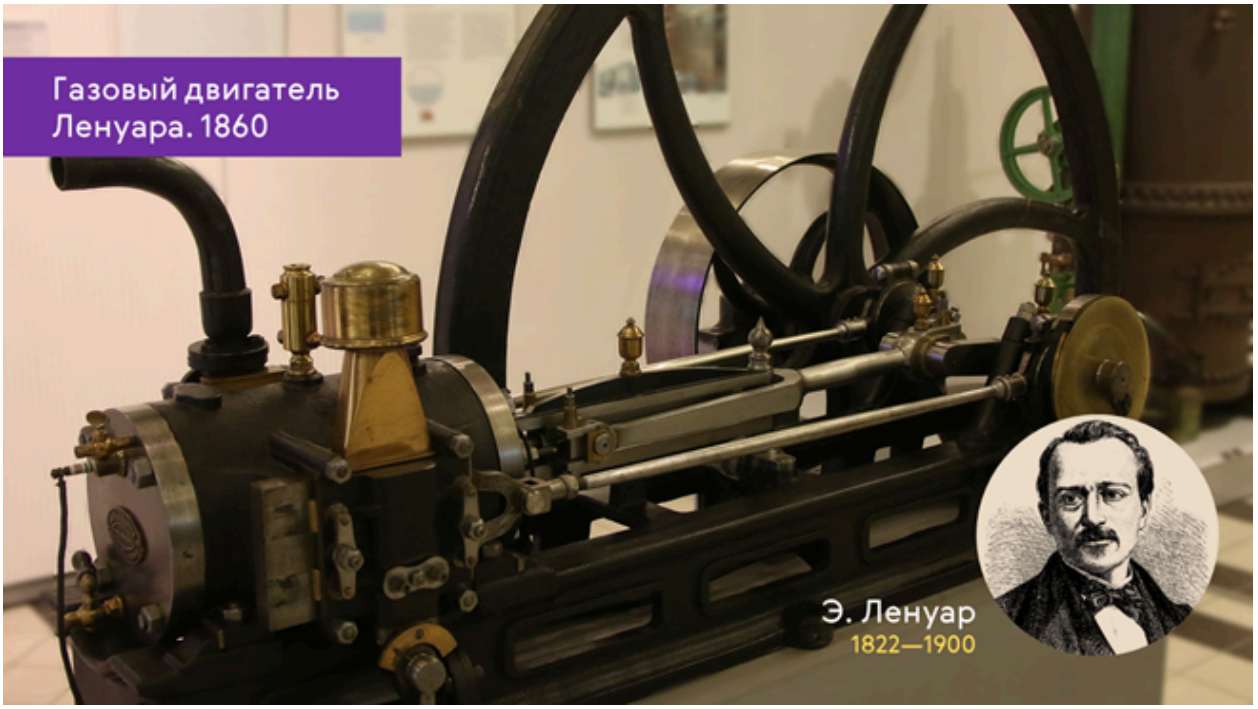
Количество теплоты, переданное системе: $Q = qm = q\rho V$.

Масса топлива: $m = \rho V$.

$$V = \frac{4 \cdot 1{,}1 \cdot 10^5\ Н \cdot 5 \cdot 10^6\ м}{0{,}24 \cdot 800\ \frac{кг}{м^3} \cdot 4{,}3 \cdot 10^7\ \frac{Дж}{кг}} = \frac{22 \cdot 10^{11}\ м^3}{825{,}6 \cdot 10^7} \cong 266\ м^3$$

ОТВЕТ: расход топлива составил 266 м^3.

В заключение урока отметим, что изобретение паровой машины, а впоследствии и двигателя внутреннего сгорания французским инженером Этьеном Ленуаром в 1860 г. имело исключительно важное значение.



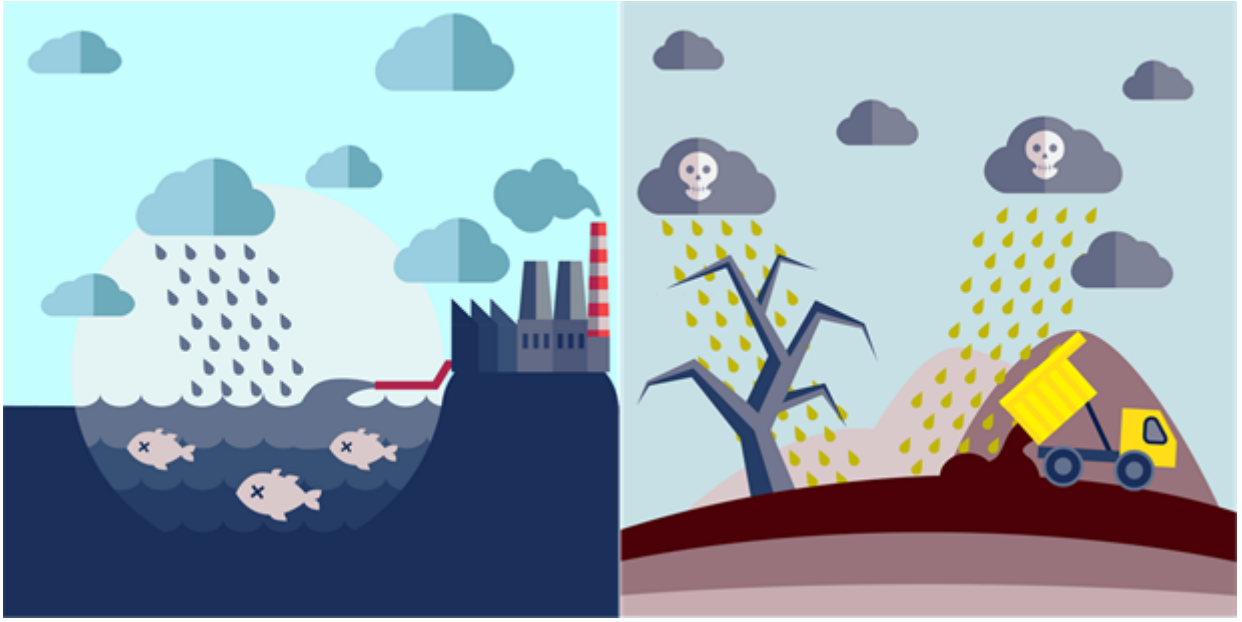
Сейчас трудно представить нашу жизнь без автомобилей, самолётов, кораблей и других устройств, в которых внутренняя энергия сжигаемого топлива частично преобразуется в механическую работу.

Наибольшее значение имеет использование тепловых двигателей в энергетике и на транспорте. Тепловые двигатели — паровые турбины — устанавливают на тепловых и атомных электростанциях, где энергия пара превращается в механическую энергию роторов генераторов электрического тока.

Двигатели внутреннего сгорания устанавливают на автомобилях, мотоциклах, вертолётах и самолётах, тракторах и тяжёлых автомобилях. Создание реактивного двигателя позволило поднять самолёты на большую высоту, увеличить скорость и дальность их полётов.

Однако интенсивное использование тепловых двигателей в энергетике и на транспорте отрицательно влияет на окружающую среду. При работе тепловые двигатели выбрасывают в

атмосферу огромное количество горячего пара или газа, что приводит к тепловому загрязнению атмосферы.



Широкое использование различных видов топлива влечёт за собой увеличение в атмосфере углекислого газа, который, соединяясь в атмосфере с водяными парами, образует угольную кислоту и выпадает в виде кислотных дождей.

Сжигание топлива на тепловых электростанциях ведёт к накоплению в атмосфере угарного газа, являющегося ядом для живых организмов. Например, при сгорании тонны бензина образуется около 60 кг оксида углерода.

Решение проблем, возникающих при сжигании топлива учёные и конструкторы видят:

· в очистке газовых выбросов в атмосферу;

· увеличении коэффициента полезного действия тепловых двигателей, в частности, путём создания условий для наиболее полного сгорания топлива;

· замене тепловых двигателей на более экологически чистые двигатели, например, электрические;

· использование альтернативных источников энергии.