

05.11.2020 физика 12 группа

Работаем на платформе РЭШ по ссылке

<https://resh.edu.ru/subject/lesson/3763/start/160222/>

**Тема Тепловые двигатели. КПД тепловых двигателей**

**Перечень вопросов, рассматриваемых на уроке:**

- 1) Понятие теплового двигателя;
- 2) Устройство и принцип действия теплового двигателя;
- 3) КПД теплового двигателя;
- 4) Цикл Карно.

**Глоссарий по теме**

**Тепловой двигатель** – устройство, в котором внутренняя энергия топлива превращается в механическую.

**КПД** (коэффициент полезного действия) – это отношение полезной работы, совершенной данным двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя.

**Двигатель внутреннего сгорания** – двигатель, в котором топливо сгорает непосредственно в рабочей камере (внутри) двигателя.

**Реактивный двигатель** – двигатель, создающий необходимую для движения силу тяги посредством преобразования внутренней энергии топлива в кинетическую энергию реактивной струи рабочего тела.

**Цикл Карно** – это идеальный круговой процесс, состоящий из двух адиабатных и двух изотермических процессов.

**Нагреватель** – устройство, от которого рабочее тело получает энергию, часть которой идет на совершение работы.

**Холодильник** – тело, поглощающее часть энергии рабочего тела (окружающая среда или специальные устройства для охлаждения и конденсации отработанного пара, т.е. конденсаторы).

**Рабочее тело** - тело, которое расширяясь, совершает работу (им является газ)

**Теоретический материал для самостоятельного изучения**

Сказки и мифы разных народов свидетельствуют о том, что люди всегда мечтали быстро перемещаться из одного места в другое или быстро совершать ту или иную работу. Для достижения этой цели нужны были устройства, которые могли бы совершать работу или перемещаться в пространстве. Наблюдая за окружающим миром, изобретатели пришли к выводу, что для облегчения труда и быстрого передвижения нужно использовать энергию других тел, к примеру, воды, ветра и т.д. Можно ли использовать внутреннюю энергию пороха или другого вида топлива для своих целей? Если мы возьмём пробирку, нальём туда воду, закроем её пробкой и будем нагревать. При нагревании вода закипит, и образовавшиеся пары воды вытолкнут пробку. Пар расширяясь совершает работу. На этом примере мы видим, что внутренняя энергия топлива превратилась в механическую энергию движущейся пробки. При замене пробки поршнем способным перемещаться внутри трубки, а саму трубку цилиндром, то мы получим простейший тепловой двигатель.

**Тепловой двигатель** – тепловым двигателем называется устройство, в котором внутренняя энергия топлива превращается в механическую.

Вспомним строение простейшего двигателя внутреннего сгорания. Двигатель внутреннего сгорания состоит из цилиндра, внутри которого перемещается поршень. Поршень с помощью шатуна соединяется с коленчатым валом. В верхней части каждого цилиндра имеются два клапана. Один из клапанов называют впускным, а другой – выпускным. Для обеспечения плавности хода поршня на коленчатом вале укреплен тяжелый маховик.

Рабочий цикл ДВС состоит из четырех тактов: впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск.

Во время первого такта открывается впускной клапан, а выпускной клапан остается закрытым. Движущийся вниз поршень засасывает в цилиндр горючую смесь.

Во втором такте оба клапана закрыты. Движущийся вверх поршень сжимает горючую смесь, которая при сжатии нагревается.

В третьем такте, когда поршень оказывается в верхнем положении, смесь поджигается электрической искрой свечи. Воспламенившаяся смесь образует раскаленные газы, давление которых составляет 3 -6 МПа, а температура достигает 1600 -2200 градусов. Сила давления толкает поршень вниз, движение которого передается коленчатому валу с маховиком. Получив сильный толчок маховик будет дальше вращаться по инерции, обеспечивая движение поршня и при последующих тактах. Во время этого такта оба клапана остаются закрытыми.

В четвертом такте открывается выпускной клапан и отработанные газы движущимся поршнем выталкиваются через глушитель (на рисунке не показан) в атмосферу.

Любой тепловой двигатель включает в себя три основных элемента: нагреватель, рабочее тело, холодильник.

Для определения эффективности работы теплового двигателя вводят понятие КПД.

Коэффициентом полезного действия называют отношение полезной работы, совершенной данным двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя.

$$\eta = \frac{A'}{Q_1}$$

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$$

$Q_1$  – количество теплоты полученное от нагревания  $Q_1 > Q_2$

$Q_2$  – количество теплоты, отданное холодильнику  $Q_2 < Q_1$

$A' = Q_1 - |Q_2|$  – работа, совершаемая двигателем за цикл.

Этот КПД является реальным, т.е. как раз эту формулу и используют для характеристики реальных тепловых двигателей.

Зная мощность  $N$  и время работы  $t$  двигателя работу, совершаемую за цикл можно найти по формуле

$$A = Nt, \text{ тогда } \eta = Nt/qm$$

### **Передача неиспользуемой части энергии холодильнику.**

В XIX веке в результате работ по теплотехнике французский инженер Сади Карно предложил другой способ определения КПД (через термодинамическую температуру).

Главное значение этой формулы состоит в том, что любая реальная тепловая машина, работающая с нагревателем, имеющим температуру  $T_1$ , и холодильником с температурой  $T_2$ , не может иметь КПД, превышающий КПД идеальной тепловой машины. Сади Карно, выясняя при каком замкнутом процессе тепловой двигатель будет иметь максимальный КПД, предложил использовать цикл, состоящий из 2 адиабатных и двух изотермических процессов

Цикл Карно - самый эффективный цикл, имеющий максимальный КПД.

Не существует теплового двигателя, у которого  $\text{КПД} = 100\%$  или 1.

Формула дает теоретический предел для максимального значения КПД тепловых двигателей. Она показывает, что тепловой двигатель тем эффективнее, чем выше температура нагревателя и ниже температура холодильника. Лишь при температуре холодильника, равной абсолютному нулю,  $\eta = 1$ .

Но температура холодильника практически не может быть ниже температуры окружающего воздуха. Повышать температуру нагревателя можно. Однако любой материал (твердое тело) обладает ограниченной теплостойкостью, или жаропрочностью. При нагревании он постепенно утрачивает свои упругие свойства, а при достаточно высокой температуре плавится.

Сейчас основные усилия инженеров направлены на повышение КПД двигателей за счет уменьшения трения их частей, потерь топлива вследствие его неполного сгорания и т. д. Реальные возможности для повышения КПД здесь все еще остаются большими.

Повышение КПД тепловых двигателей и приближение его к максимально возможному — важнейшая техническая задача.

Тепловые двигатели – паровые турбины, устанавливают также на всех АЭС для получения пара высокой температуры. На всех основных видах современного транспорта преимущественно используются тепловые двигатели: на автомобильном – поршневые двигатели внутреннего сгорания; на водном – двигатели внутреннего сгорания и паровые турбины; на железнодорожном – тепловозы с дизельными установками; в авиационном – поршневые, турбореактивные и реактивные двигатели.

Сравним эксплуатационные характеристики тепловых двигателей.

КПД:

Паровой двигатель – 8%.

Паровая турбина – 40%.

Газовая турбина – 25-30%.

Двигатель внутреннего сгорания – 18-24%.

Дизельный двигатель – 40– 44%.

Реактивный двигатель – 25%.

Широкое использование тепловых двигателей не проходит бесследно для окружающей среды: постепенно уменьшается количество кислорода и увеличивается количество углекислого газа в атмосфере, воздух загрязняется вредными для здоровья человека химическими соединениями. Возникает угроза изменения климата. Поэтому нахождение путей уменьшения загрязнения окружающей среды является сегодня одной из наиболее актуальных научно-технических проблем.

### Примеры и разбор решения заданий

1. Какую среднюю мощность развивает двигатель автомобиля, если при скорости 180 км/ч расход бензина составляет 15 л на 100 км пути, а КПД двигателя 25%?

Дано:  $v=180\text{км/ч} = 50 \text{ м/с}$ ,  $V = 15 \text{ л} = 0,015 \text{ м}^3$ ,  $s = 100 \text{ км} = 10^5 \text{ м}$ ,  $\eta = 25\% = 0,25$ ,  $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ ,  $q = 46 \times 10^6 \text{ Дж/кг}$ .

Найти:  $N$ .

Решение:

Запишем формулу для расчёта КПД теплового двигателя:

$$\eta = \frac{A'}{Q_1}$$

Работу двигателя, можно найти, зная время работы и среднюю мощность двигателя:

$$A' = Nt$$

Количество теплоты, выделяющееся при сгорании бензина, находим по формуле:

$$Q_1 = qm, \text{ где } m = \rho V$$

Учитывая всё это, мы можем записать:

$$\eta = \frac{Nt}{q\rho V}$$

Время работы двигателя можно найти по формуле:

$$t = \frac{s}{v}$$

Из формулы КПД выразим среднюю мощность:

$$N = \frac{\eta \rho V v}{s}$$

Подставим числовые значения величин:

$$N = \frac{0,25 \times 46 \times 10^6 \times 700 \times 50}{10^5}$$

После вычислений получаем, что  $N=60375$  Вт.

Ответ:  $N=60375$  Вт.

2. Тепловая машина имеет КПД 25 %. Средняя мощность передачи теплоты холодильнику составляет 4 кВт. Какое количество теплоты рабочее тело получает от нагревателя за 20 с?

Дано:  $\eta = 25\%$ ,  $N = 4000$  Вт,  $t = 20$  с.

Найти:  $Q_1$ .

Решение

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$Q_2 = Nt$  – это количество теплоты, отданное холодильнику

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Nt}{Q_1}$$

$$Q_1 = \frac{Nt}{1 - \eta} = 106666,7 \text{ Дж}$$