

Задача № 1. Определите КПД двигателя автомобиля, которому для выполнения работы 110,4 МДж потребовалось 8 кг бензина.

<p>Дано:</p> $A_n = 110,4 \text{ МДж}$ $q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ $m = 8 \text{ кг}$	$110,4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$	<p>Решение:</p> $\eta = \frac{A_n}{Q} 100\%$ <p>1) <math>Q = qm = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг} \cdot 8 \text{ кг}</math>  <math>Q = 368 \cdot 10^6 \text{ Дж}</math></p> <p>2) <math>\eta = \frac{110,4 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{368 \cdot 10^6 \text{ Дж}} 100\% = 30\%</math></p>
$\eta - ?$		

Задача № 2. Определите КПД двигателя автомобиля, которому для выполнения работы 220,8 МДж потребовалось 16 кг бензина.

<p>Дано:</p> $A_n = 220,8 \text{ МДж}$ $q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ $m = 16 \text{ кг}$	$220,8 \cdot 10^6 \text{ Дж}$	<p>Решение:</p> $\eta = \frac{A_n}{Q} 100\%$ <p>1) <math>Q = qm = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг} \cdot 16 \text{ кг}</math>  <math>Q = 736 \cdot 10^6 \text{ Дж}</math></p> <p>2) <math>\eta = \frac{220,8 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{736 \cdot 10^6 \text{ Дж}} 100\% = 30\%</math></p>
$\eta - ?$		

Задача № 3. Определите КПД двигателя автомобиля, которому для выполнения работы 27,6 МДж потребовалось 2 кг бензина.

<p>Дано:</p> $A_n = 27,6 \text{ МДж}$ $q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ $m = 2 \text{ кг}$	$27,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$	<p>Решение:</p> $\eta = \frac{A_n}{Q} 100\%$ <p>1) <math>Q = qm = 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг} \cdot 2 \text{ кг}</math>  <math>Q = 92 \cdot 10^6 \text{ Дж}</math></p> <p>2) <math>\eta = \frac{27,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{92 \cdot 10^6 \text{ Дж}} 100\% = 30\%</math></p>
$\eta - ?$		

Задача № 4. На теплоходе установлен дизельный двигатель мощностью 80 кВт с КПД 30%. На сколько километров пути ему хватит 1 т дизельного топлива при скорости движения 20 км/ч? Удельная теплота сгорания дизельного топлива 43 МДж/кг.

900 км. **Решение.** Так как по определению КПД равен  $\eta = \frac{A}{Q}$ , где механическая работа  $A = N \cdot \tau$ , а  $Q = mq$  — количество теплоты, выделяемое при сгорании топлива, то

$$\eta = \frac{N \cdot s}{mq} = \frac{N \cdot s}{m \cdot q \cdot v}. \text{ Откуда } s = \frac{\eta m q v}{N}.$$

Проверка единиц измерения:  $[s] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{Вт}}{\text{кг}}} = \frac{\text{Дж} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{с}}} = \text{м}.$

Вычисления:

$$s = \frac{0,3 \cdot 10^3 \cdot 43 \cdot 10^6 \cdot 20}{80 \cdot 10^3 \cdot 3,6} = 0,896 \cdot 10^6 \text{ (м)} = 900 \text{ км}.$$

**Задача № 5. Патрон травматического пистолета «Оса» 18 x 45 мм, содержит резиновую пулю массой 8,4 г. Определите КПД патрона, если пуля при выстреле приобрела скорость 140 м/с. Масса порохового заряда патрона составляет 0,18 г, удельная теплота сгорания пороха  $3,8 \cdot 10^6$  Дж/кг.**

Дано:	СИ:	Решение:
$m_{\text{п}} = 8,4 \text{ г}$	$8,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$	КПД патрона может быть определён по формуле $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{Q_3} \cdot 100\%,$
$v_{\text{п}} = 140 \text{ м/с}$		
$m = 0,18 \text{ г}$		
$q = 3,8 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$	$1,8 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$	
$\eta - ?$		

где  $A_{\text{п}}$  — работа, совершённая силами, действующими со стороны пороховых газов на пулю, в результате чего пуля приобрела скорость  $v_{\text{п}}$ ;  $Q_3$  — количество теплоты, выделившееся при сгорании пороха патрона.

Работа, совершённая пороховыми газами, пошла на увеличение кинетической энергии пули. Поскольку до выстрела пуля покоилась в патроне, то  $A_{\text{п}} = E_{\text{к}}$ , где  $E_{\text{к}}$  — кинетическая энергия пули в момент вылета.

$$E_{\text{к}} = \frac{m_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2}{2} \rightarrow A_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2}{2}.$$

Количество теплоты, выделившееся при сгорании пороха в патроне  $Q_3 = qm$ .

Следовательно,

$$\eta = \frac{m_{\text{п}} \cdot v_{\text{п}}^2}{2 \cdot qm} \cdot 100\%.$$

Установим наименование полученной величины:

$$[\eta] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2}{\text{Дж/кг} \cdot \text{кг}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}} = 1.$$

КПД является безразмерной величиной.

Подставив числовые значения, получим

$$\eta = \frac{8,4 \cdot 10^{-3} \cdot (140)^2}{2 \cdot 3,8 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot 10^{-4}} \cdot 100\% \approx 12\%.$$

**Ответ:**  $\approx 12\%$ .

**Задача № 6. Первый гусеничный трактор конструкции А. Ф. Блинова, 1888 г., имел два паровых двигателя. За 1 ч он расходовал 5 кг топлива, у которого удельная теплота сгорания равна  $30 \cdot 10^6$  Дж/кг. Вычислите КПД трактора, если мощность двигателя его была равна около 1,5 кВт.**

Дано:

$$t = 1 \text{ ч} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$q = 30 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$$N = 1,5 \text{ кВт} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

$\eta$  — ?

Решение:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} \cdot 100\%. \quad A_{\text{п}} = N \cdot t; \quad A_3 = Q = m q.$$

$$\eta = \frac{Nt}{mq} \cdot 100\% = \frac{1,5 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}}{5 \text{ кг} \cdot 30 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}} \cdot 100\% = 3,6\%.$$

Задача № 7. Двигатель внутреннего сгорания совершил полезную работу, равную  $2,3 \cdot 10^4$  кДж, и при этом израсходовал бензин массой 2 кг. Вычислите КПД этого двигателя.

Дано:

$$A_{\text{п}} = 2,3 \cdot 10^4 \text{ кДж} = 2,3 \cdot 10^7 \text{ Дж}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$q = 46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$\eta$  — ?

Решение:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} \cdot 100\%. \quad A_3 = Q = m q.$$

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{mq} \cdot 100\% = \frac{2,3 \cdot 10^7 \text{ Дж}}{2 \text{ кг} \cdot 46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}} \cdot 100\% = 25\%.$$

Задача № 8. За 3 ч пробега автомобиль, КПД которого равен 25%, израсходовал 24 кг бензина. Какую среднюю мощность развивал двигатель автомобиля при этом пробеге?

Дано:

$$t = 3 \text{ ч} = 10,8 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$\eta = 25\% = 0,25$$

$$m = 24 \text{ кг}$$

$$q = 46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$N$  — ?

Решение:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3}; \quad A_{\text{п}} = N \cdot t; \quad A_3 = Q = mq.$$

$$\eta = \frac{Nt}{mq} \Rightarrow N = \frac{\eta mq}{t}$$

$$N = \frac{0,25 \cdot 46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \cdot 24 \text{ кг}}{10,8 \cdot 10^3 \text{ с}} = 25,555 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 25,6 \text{ кВт}.$$

Задача № 9. Двигатель внутреннего сгорания мощностью 36 кВт за 1 ч работы израсходовал 14 кг бензина. Определите КПД двигателя.

Дано:

$$\begin{aligned} N &= 36 \text{ кВт} = \\ &= 36 \cdot 10^3 \text{ Вт} \\ t &= 1 \text{ ч} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с} \\ m &= 14 \text{ кг} \\ q &= 46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \\ \hline \eta &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}}; \quad A_{\text{п}} = N \cdot t; \quad A_{\text{з}} = Q = mq. \\ \eta &= \frac{Nt}{mq} \cdot 100\% = \frac{36 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}}{46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \cdot 14 \text{ кг}} \cdot 100\% = \\ &\approx 20,1\%. \end{aligned}$$

Задача № 10. ОГЭ Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, 80 % теплоты, полученной от нагревания, передаёт охладителю. Количество теплоты, получаемое рабочим телом за один цикл от нагревателя,  $Q_1 = 6,3$  Дж. Найти КПД цикла  $\eta$  и работу  $A$ , совершаемую за один цикл.

► Решение. КПД тепловой машины  $\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$ , (1)

где

$$A = Q_1 - Q_2 \quad (2)$$

— работа, совершаемая за один цикл.

По условию задачи,  $Q_2 = 0,8Q_1$ . Подставив в (1) и (2), получим

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%, \quad A = 0,2Q_1.$$

► Ответ.  $\eta = 20\%$ ,  $A = 1,26$  Дж.

Задача № 11. ЕГЭ Тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу  $A = 2,94$  кДж и отдаёт за один цикл охладителю количество теплоты  $Q_2 = 13,4$  кДж. Найти КПД цикла  $\eta$ .

► Решение. Согласно  $\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$ ,

где  $Q_1 = Q_2 + A$ . Тогда

$$\eta = \frac{A}{Q_2 + A} \cdot 100\%.$$

► Ответ.  $\eta = 18\%$ .

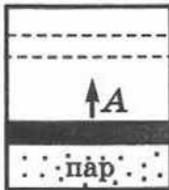
Задача № 12. Снегоуборочная машина мощностью 40 кВт за 1 час работы расходует примерно 5 л бензина. Каков КПД снегоуборочной машины? Удельная теплота сгорания бензина 46 МДж/кг, плотность бензина — 710 кг/м<sup>3</sup>.

<u>Дано:</u>		
$t = 1 \text{ ч}$	$= 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$	$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{Q} \cdot 100\%$ $A_{\text{п}} = N \cdot t = 4 \cdot 10^4 \cdot 3,6 \cdot 10^3 = 1,44 \cdot 10^8 \text{ Дж}$ $Q = q \cdot m = q \cdot (\rho \cdot V)$ $Q = 4,6 \cdot 10^7 \cdot 710 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1,633 \cdot 10^8 \text{ Дж}$ $\eta = \frac{1,44 \cdot 10^8}{1,633 \cdot 10^8} \cdot 100\% = 88\%.$
$V = 5 \text{ л}$	$= 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	
$\rho = 710 \text{ кг/м}^3$		
$q = 46 \text{ МДж/кг}$	$= 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$	
$N = 40 \text{ кВт}$	$= 4 \cdot 10^4 \text{ Вт}$	
<u>Найти:</u> $\eta$ —?		

Краткая теория для решения Задачи на КПД тепловых двигателей.

Дж. Уатт (англ.) – конец XVII в.

*машины, в которых внутренняя энергия топлива превращается в механическую энергию*



энергия топлива → энергия газа (или пара) →  
 газ расширяется → газ совершает  $A$  (газ охлаждается) →  
 часть его внутр. энергии → в  $E_{\text{мех}}$

**ВИДЫ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

- паровая машина
- двигатель внутреннего сгорания
- паровая, и газовая турбины
- реактивный двигатель

**ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ (ДВС)**

*топливо (бензин, керосин, нефть, горючий газ) сгорает внутри двигателя – в цилиндре*

(в автомобилях, самолетах, теплоходах, тепловозах, тракторах)

**Состав ДВС:**

1. цилиндр (сгорание горючей смеси – пары бензина и воздуха)
2. поршень → шатун → коленчатый вал → маховик
3. два клапана (периодически откр-ся и закр-ся)
4. горючая смесь через 1 клапан → в цилиндр → воспламеняется с помощью свечи → через 2 клапан → выпуск отработанных газов

**Цикл работы ДВС:**

- 1 такт – **впуск** (цилиндр заполняется горючей смесью)
- 2 такт – **сжатие** (сжатие, воспламенение и сгорание горючей смеси)
- 3 такт – **рабочий ход** (нагретые газы расширяются ® движение поршня)
- 4 такт – **выпуск** (выход продуктов сгорания в атмосферу)

**ПАРОВАЯ ТУРБИНА**

**Принцип действия:**

струи пара (из сопел) → давление на лопатки → диск турбины вращается

**СХЕМА ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**



$$\text{КПД} = \frac{A_n}{Q_n} \cdot 100\%$$

$A_n$  – полезная работа  
 $Q_n$  – получено от нагревателя  
 $Q_x$  – отдано холодильнику

ДВС ≈ 20–40%, паровой турбины ≈ 30%

