



# КПД теплового двигателя

# Коэффициент полезного действия

Не существует идеальных двигателей.

При совершении любой работы часть энергии теряется.

**Коэффициент полезного действия** обозначается буквой  $\eta$ , а работа — буквой  $A$

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{E}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{Q} \times 100\%$$

$$\eta < 1$$

# Обогреватель



$$\begin{aligned}\eta &= \frac{30}{100} \times 100\% = \\ &= 30\%\end{aligned}$$

Предположим, что двигатель внутреннего сгорания передал на коленчатый вал механическую энергию **1 кДж**.  
Определите КПД этого двигателя, если он затратил **2500 Дж**.

Дано:

$$E_M = 1 \text{ кДж}$$

$$Q = 2500 \text{ Дж}$$

---

$\eta$ —?

$$E_M = A_{\text{П}}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{П}}}{Q} \times 100\%$$

$$1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж}$$

$$\eta = \frac{1000}{2500} \times 100\% =$$

$$= 0,4 \times 100\% = 40\%$$

**Ответ: 40%**

Первый двигатель получил от нагревателя 500 Дж, а его КПД равен 30%.  
Второй двигатель потребляет всю полученную энергию первого двигателя.  
Студент измерил полезную работу второго двигателя и получил 155 Дж. Что  
можно сказать об этом результате?

Дано:

$$Q_1 = 500 \text{ Дж}$$

$$Q_2 = A_{\text{п1}}$$

$$\eta_1 = 30\%$$

$$A_{\text{п2}} = 155 \text{ Дж}$$

?

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{Q} \times 100\% \Rightarrow$$

$$A_{\text{п1}} = Q_1 \times \frac{\eta_1}{100\%}$$

$$A_{\text{п1}} = 500 \times \frac{30\%}{100\%} =$$

$$= 150 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{п2}} > Q_2 \Rightarrow$$

$$\eta_2 > 100\%$$

$$\eta < 1$$



**Ответ: Либо не хватает данных, либо неверные измерения**

Существует ли цепочка из 5ти двигателей, КПД каждого из которых 90%. 1-й двигатель получает от нагревателя 2 кДж а все последующие двигатели потребляют полезную работу предыдущего. Будет ли такая цепочка эффективнее, чем один двигатель с КПД 60%, получающий то же количество теплоты от нагревателя?

Дано:

$$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5 = 90\%$$

$$Q_1 = 2 \text{ кДж} = 2000 \text{ Дж}$$

$$Q_n = A_{n-1}$$

$$\eta_6 = 60\%$$

$$Q_6 = Q_1$$

---

$$A_{п5} > A_{п6} \text{ — ?}$$

$$A_{п} = Q \times \frac{\eta}{100\%}$$

$$A_{п6} = 2000 \times \frac{60\%}{100\%} = 1200 \text{ Дж}$$

$$A_{п1} = Q_1 \times \frac{\eta_1}{100\%}$$

$$A_{п2} = A_{п1} \times \frac{\eta_2}{100\%} = Q_1 \times \left( \frac{\eta_1}{100\%} \right)^2$$

Существует некая цепочка из 5ти двигателей, КПД каждого из которых 90%. 1-й двигатель получает от нагревателя 2 кДж, а все последующие двигатели потребляют полезную работу предыдущего. Будет ли такая цепочка эффективнее, чем один двигатель с КПД 60%, получающий то же количество теплоты от нагревателя?

$$A_{п5} = Q_1 \times \left( \frac{\eta_1}{100\%} \right)^5$$

$$A_n = Q_1 \times \left( \frac{\eta_1}{100\%} \right)^n, \eta_1 = \eta_2 = \dots = \eta_n$$

$$A_n = Q_1 \times \frac{\eta_1 \eta_2 \dots \eta_n}{(100\%)^n}, \eta_1 \neq \eta_2 \neq \dots \neq \eta_n$$

$$A_{п5} = 2000 \times \left( \frac{90\%}{100\%} \right)^5 = 2000 \times 0,9^5 = 1181 \text{ Дж} \quad A_{п5} < A_{п6}$$

**Ответ: нет, цепочка не будет эффективнее**

# Основные выводы

- **Коэффициент полезного действия теплового двигателя — это отношение полезной работы к энергии, полученной от нагревателя.**
- **КПД не может быть больше единицы.**