

Принцип дії теплових двигунів. ККД теплового двигуна

На початку вивчення теплових явищ ми з'ясували, що *механічна енергія тіла може перетворюватись у його внутрішню енергію*.

Шайба, що вільно ковзає по льоду, із часом зупиниться під дією сили тертя. Її кінетична енергія не зникне, а перетвориться в теплову: температура шайби та льоду дещо підвищиться.



Чи можливо перетворити внутрішню енергію тіла в механічну?

Принцип дії теплових двигунів

Проведемо дослід

Щільно закоркуємо носик чайника і поставимо чайник із водою на пальник газової плити. Через деякий час помітимо, що кришка чайника починає підстрибувати.

- Чому кришка чайника підстрибує? (Пара, розширюючись, штовхає кришку.)
- Яке перетворення енергії відбувається при цьому? (Внутрішня енергія пари перетворюється в механічну енергію.)
- Що відбудеться якщо закрити кришку і носик чайника наглухо? (Чайник розірветься!)
- Що відбудеться якщо з кришкою чайника з'єднати якийсь механізм? (Дістанемо найпростішу модель теплового двигуна.)

Тепловий двигун — це машина, яка працює циклічно й перетворює енергію палива на механічну роботу.

З'ясуємо на прикладі з чайником, із яких основних частин має складатися теплова машина.

Будь-яка теплова машина складається з:

Робоче тіло – газ, який виконує роботу в процесі свого розширення.

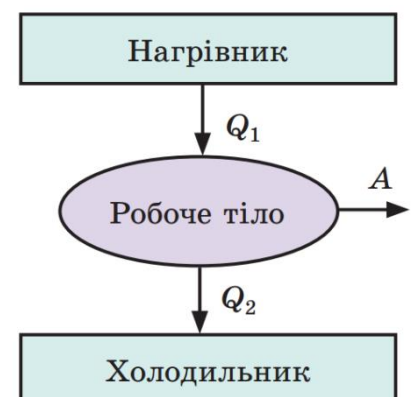
(Пара, яка, розширюючись, піднімає кришку.)

Нагрівник – пристрій, від якого робоче тіло одержує певну кількість теплоти. (Газовий пальник.)

Холодильник – об'єкт, якому робоче тіло віддає певну кількість теплоти.

(Водяна пара періодично віддає частину енергії довкіллю.)

Принцип дії теплових машин:



Робоче тіло одержує певну кількість теплоти (Q_1) від нагрівника, ця теплота частково перетворюється на механічну енергію (робоче тіло виконує роботу A), а частково (Q_2) передається холодильнику

ККД теплового двигуна

Як дізнатися на скільки економічним є тепловий двигун?

Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна — це фізична величина, що характеризує економічність теплового двигуна й показує, яка частина всієї енергії, що «запасена» в паливі, перетворюється на корисну роботу.

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}}$$

η — коефіцієнт корисної дії двигуна;

$A_{\text{кор}}$ — корисна робота;

$Q_{\text{повна}}$ — теплота, яка виділяється в процесі повного згоряння палива.

Зазвичай ККД подають у відсотках:

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}} \cdot 100\%$$

Розв'язування задач

1. Під час згоряння порції палива у двигуні виділилася кількість теплоти 150 МДж. Двигун при цьому виконав роботу 50 МДж. Обчисліть ККД двигуна.

Дано:

$$Q_{\text{повна}} = 150 \text{ МДж}$$

$$= 150 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{кор}} = 50 \text{ МДж}$$

$$= 50 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

η —?

Розв'язання

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{50 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{150 \cdot 10^6 \text{ Дж}} \cdot 100 \% \approx 33,3 \%$$

Відповідь: $\eta \approx 33,3 \%$

2. Тепловий двигун виконав корисну роботу, що дорівнює $2,3 \cdot 10^7$ Дж, і при цьому витратив 2 кг бензину. Обчисліть ККД цього двигуна.

Дано:

$$A_{\text{кор}} = 2,3 \cdot 10^7 \text{ Дж}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

$$= 46 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Розв'язання

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}} \cdot 100\%$$

$$Q_{\text{повна}} = qm$$

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{qm} \cdot 100\%$$

η —?

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

Відповідь: $\eta = 25 \%$

3. Тепловий двигун із потужністю 36 кВт за 1 год роботи витратив 14 кг дизельного палива. Визначте ККД двигуна.

Дано:

$$N = 36 \text{ кВт}$$

$$= 36000 \text{ Вт}$$

$$t = 1 \text{ год}$$

$$= 3600 \text{ с}$$

$$m = 14 \text{ кг}$$

$$q = 42 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

$$= 42 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

η —?

Розв'язання

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}} \cdot 100\%$$

$$A_{\text{кор}} = N \cdot t$$

$$Q_{\text{повна}} = qm$$

$$\eta = \frac{N \cdot t}{qm} \cdot 100\%$$

$$[\eta] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг}} \cdot \% = \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}} \cdot \% = \%$$

$$\eta = \frac{36000 \cdot 3600}{42 \cdot 10^6 \cdot 14} \cdot 100 = 22 (\%)$$

Відповідь: $\eta = 22 \%$

4. За 3 год пробігу автомобіль, ККД якого дорівнює 25%, витратив 24 кг бензину. Яку середню потужність розвивав двигун автомобіля?

Дано:

$$t = 3 \text{ год}$$

$$= 10,8 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$\eta = 25\%$$

$$m = 24 \text{ кг}$$

$$q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

$$= 46 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

N —?

Розв'язання

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}} \cdot 100\%$$

$$A_{\text{кор}} = Nt$$

$$Q_{\text{повна}} = qm$$

$$\eta = \frac{Nt}{qm} \cdot 100\%$$

$$N = \frac{\eta qm}{t \cdot 100\%}$$

$$[N] = \frac{\% \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг}}{\text{с} \cdot \%} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$$

$$N = \frac{25 \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 24}{10,8 \cdot 10^3 \cdot 100} \approx 25,6 \cdot 10^3 \text{ (Вт)}$$

Відповідь: $N \approx 25,6 \text{ кВт}$

5. Потужність двигуна на моторолері 882 Вт. На відстані 100 км він витрачає 1,5 кг бензину. ККД двигуна 15 %. Визначити швидкість, з якою він проходить відстань 100 км.

Дано:

$$N = 882 \text{ Вт}$$

$$l = 100 \text{ км}$$

$$= 10^5 \text{ м}$$

$$m = 1,5 \text{ кг}$$

$$\eta = 15\%$$

$$q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

$$= 46 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$v - ?$$

Розв'язання

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}} \cdot 100\%$$

$$A_{\text{кор}} = Nt = N \cdot \frac{l}{v}$$

$$Q_{\text{повна}} = qm$$

$$\eta = \frac{N \cdot \frac{l}{v}}{qm} \cdot 100\% \Rightarrow \eta = \frac{Nl \cdot 100\%}{vqm}$$

$$v = \frac{Nl \cdot 100\%}{\eta qm}$$

$$[v] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м} \cdot \%}{\% \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = \frac{882 \cdot 10^5 \cdot 100}{15 \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 1,5} = 8,5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{Відповідь: } v = 8,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Запитання

1. Що таке тепловий двигун?
2. Назвіть основні частини теплового двигуна.
3. У чому полягає принцип дії теплового двигуна?
4. Назвіть основні види втрат енергії в теплових двигунах.
5. Дайте означення ККД теплового двигуна.
6. Чому ККД теплового двигуна завжди менший від 100 %?