

## § 42. ПРИНЦИП ДІЇ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ. ККД ТЕПЛОВОГО ДВИГУНА

**?! Фізично** розвинена людина може за добу виконати роботу близько 1 млн джоулів. Середньодобове споживання енергії, що припадає на одного жителя Землі, є більшим у сотні разів. З усієї енергії, яку споживає людина, близько 90 % становить енергія палива. На обігрівання приміщень і готування їжі йде тільки незначна частина цієї енергії — переважно людина використовує енергію палива, перетворюючи її на механічну. Але як це відбувається і за яких умов є можливим таке перетворення?

### **1** Знайомимося з принципом дії теплових двигунів

Проведемо простий дослід. Щільно закоркуємо носик чайника і поставимо чайник із водою на пальник газової плити. Через деякий час помітимо, що кришка чайника починає підстрибувати. З'ясуємо, чому так відбувається.

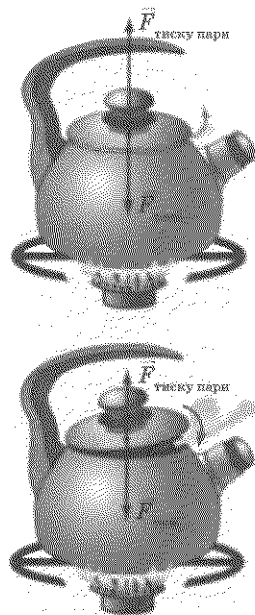
Вода в чайнику починає закипати, тиск пари під кришкою збільшується. У результаті настає момент, коли сила тиску пари стає більшою від сили тяжіння, що діє на кришку, і кришка підстрибує. У цей момент частина пари виходить назовні, сила тиску пари на кришку зменшується і сила тяжіння повертає кришку на місце (рис. 42.1). Якщо нагрівання продовжувати, то *процес повторюватиметься*.

Отже, в описаній системі, що складається з газового пальника й чайника з кришкою та киплячою водою, за рахунок енергії, що виділяється в ході згоряння палива, виконується механічна робота, при цьому частина енергії віддається довкіллю.

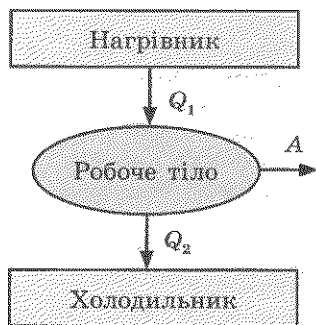
Якщо з кришкою чайника з'єднати якийсь механізм, то дістанемо найпростішу модель *теплового двигуна*.

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

З'ясуємо на прикладі вищезазначеної моделі, з яких основних частин має складатися тепла машина. (Крім теплових двигунів існують інші види теплових машин. Докладніше про це йтиметься в старших класах.)



**Рис. 42.1.** На кришку чайника діють сила тяжіння ( $F_{\text{тяж}} = mg$ ) та сила тиску пари. Якщо  $F_{\text{тиску пари}} > F_{\text{тяж}}$ , кришка підстрибує; якщо  $F_{\text{тиску пари}} < F_{\text{тяж}}$ , кришка повертається назад



**Рис. 42.2.** 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

По-перше, у цій системі механічну роботу виконує пара, яка, розширюючись, піднімає кришку. Газ, що виконує роботу в процесі розширення, називають *робочим тілом*.

По-друге, пара під кришкою чайника розширюється внаслідок підвищення її тиску під час нагрівання чайника на газовому пальнику. Пристрій, від якого робоче тіло одержує певну кількість теплоти, називають *нагрівником*.

По-третє, під час досліду водяна пара з чайника періодично віддає частину енергії довкіллю (якщо б цього не відбувалося, двигун не зміг би працювати циклічно — кришка не поверталася б у початкове положення і процес не повторювався би). Об'єкт, якому робоче тіло віддає певну кількість теплоти, називають *холодильником*.

*Будь-яка теплова машина складається з трьох основних частин: нагрівника, робочого тіла, холодильника (рис. 42.2).*

## 2 Визначаємо ККД теплового двигуна

У будь-якому тепловому двигуні лише частина енергії, яку виділяє паливо, витрачається на виконання роботи, частина ж енергії передається довкіллю (втрачається). Але втрати енергії в теплових двигунах не обмежуються тільки *тепловими втратами*. Справа в тому, що частина енергії витрачається на виконання роботи проти сил тертя частин і механізмів двигуна. Такі втрати енергії називають *механічними*. Очевидно: чим меншими є теплові й механічні втрати у двигуні, тим менше палива потрібно спалити\*, щоб одержати ту саму корисну роботу, і тим економічнішим є двигун.

**Коефіцієнт корисної дії двигуна** — це фізична величина, що характеризує економічність теплового двигуна й показує, яка частина всієї енергії, що виділяється в процесі повного згоряння палива, перетворюється на корисну роботу.

Коефіцієнт корисної дії двигуна ( $\eta$ ) обчислюють за формулою:

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

де  $A_{\text{кор}}$  — корисна робота;  $Q_{\text{повна}}$  — кількість теплоти, що виділяється в процесі повного згоряння палива.

\* Під час використання ядерного палива енергія виділяється в процесі ядерних реакцій (докладніше про це йтиметься в старших класах).

Зазвичай ККД подають у відсотках:

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

Оскільки корисна робота завжди менша за кількість теплоти, що виділяється в процесі повного згоряння палива, то зрозуміло, що ККД теплового двигуна завжди є меншим за 1 (за 100 %). Зазвичай ККД теплових двигунів становить 20–40 %.

### **Підбиваємо підсумки**

Тепловим двигуном називають машину, яка циклічно працює і яка енергію палива перетворює на механічну роботу.

Будь-яка тепла машина складається з трьох основних частин: нагрівника, робочого тіла, холодильника.

Принцип дії теплових машин: робоче тіло одержує певну кількість теплоти від нагрівника; частина цієї теплоти перетворюється на механічну енергію (робоче тіло виконує роботу), а частина віддається холодильнику.

Коефіцієнт корисної дії  $\eta$  двигуна — це фізична величина, що характеризує економічність теплового двигуна й показує, яка частина всієї енергії  $Q$ , що виділяється в процесі повного згоряння палива, перетворюється на корисну роботу  $A_{\text{кор}}$ . ККД теплового

двигуна обчислюють за формулою  $\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}}$  (або  $\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{Q_{\text{повна}}} \cdot 100 \%$ ).

### **Контрольні 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. Що називають ККД теплового двигуна?
6. Чому ККД теплового двигуна завжди менший за 100 %?

### **Вправа № 42**

1. Під час роботи теплового двигуна використано 0,5 кг дизельного палива. При цьому двигун виконав корисну роботу, що дорівнює 7 МДж. Обчисліть ККД двигуна.
2. Яку корисну роботу виконає тепловий двигун, ККД якого становить 20 %, якщо в ньому згорить 10 л бензину?
3. Яку середню потужність розвиває двигун мотоцикла, якщо за швидкості його руху 90 км/год витрата бензину становить 4 кг на 100 км шляху? ККД двигуна дорівнює 25 %.

### **Експериментальне завдання**

Візьміть скляну пляшку, ополосніть її водою і закоркуйте пляшку картоплиною (обережно втисніть шийку пляшки в картоплину та приберіть залишки картоплини). Поставте закорковану пляшку в каструлю з водою й нагрівайте воду. Через деякий час «корок» вилетить (див. рисунок). Поясніть це явище.

