

Тема 2.2 ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ

ТЕМА 2.2.1 Теплові машини. Принцип дії теплових двигунів.

ККД теплового двигуна. Шляхи підвищення ККД теплових двигунів.

Роль теплових двигунів у народному господарстві.

Пригадайте

1. Внутрішня енергія вимірюється у джоулях
2. Термодинаміка - розділ фізики, який вивчає найзагальніші закономірності процесів
3. Перший закон термодинаміки (Зміна внутрішньої енергії системи дорівнює сумі роботи, виконаної над системою зовнішніми силами, і на даної їй кількості теплоти)
4. Під час якого процесу робота дорівнює нулю?(ізохорне нагрівання)
5. Способи теплообміну...(теплопровідність, конвекція, випромінювання)
6. Процес, за якого відсутній теплообмін з навколишнім середовищем.. (адіабатичним)

Подумайте



1. Що спільного на показаних фото?

Застосування теплових процесів ви будите вивчати на дисциплінах 2 - го курсу, а ці дисципліни є основою підготовки вас як фахівців. Ми розглянемо, як же працюють теплові машини

План

1. Поняття оборотних і необоротних теплових процесів.
2. Цикл Карно.
3. Види машин
 - ✚ Теплові машини.
 - ✚ Холодильні машини.
4. Екологічні проблеми, пов'язані з використанням теплових двигунів.

Поняття оборотних і необоротних теплових процесів

Процес - це перехід системи із одного стану в інший. Є оборотні і необоротні процеси.

Процес називається *оборотним*, якщо він допускає можливість повернення системи до початкового стану без будь-яких змін у зовнішньому середовищі.

Оборотними вони стають завдяки стороннім впливам або складним процесом, які компенсують ці зміни. Так, механічна енергія може перетворитися у внутрішню (наприклад за рахунок тертя), проте оборотній процес самочинно відбуватися не може. Він стає можливим лише за допомогою теплових машин, які роблять процес оборотним завдяки змінам у навколишньому середовищі.

Якщо таке повернення здійснити не можна, тобто після закінчення процесу в навколишніх тілах чи в даній системі залишаються якісь зміни, то процес є необоротним.

Необоротними називають процеси, які можуть самочинно відбуватися тільки в одному певному напрямі, у зворотному напрямі вони можуть відбутися тільки як одна з ланок складнішого процесу.

Приклади:

- ◆ Коливання математичного маятника
- ◆ Кинутий камінь нагріє навколишнє середовище. Зворотного процесу не буде (якщо каменю передати енергію він не зарухається).
- ◆ Процес старіння.
- ◆ Кіно «навпаки».

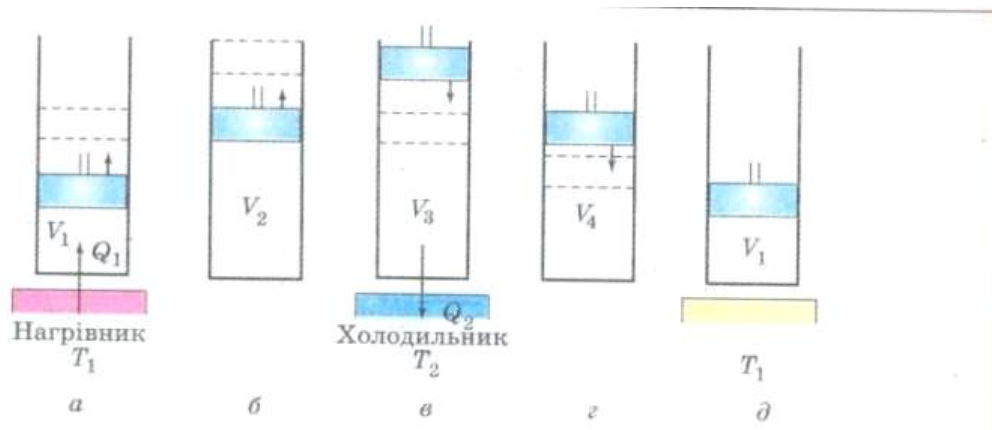
Все це є основою *II закону термодинаміки*, який вказує напрям можливих енергетичних перетворень і тим самим виражає необоротність процесів у природі.

 *Теплота не може переходити сама по собі від тіла менш нагрітого до тіла більш нагрітого.*

На цьому законі працює цикл Саді Карно

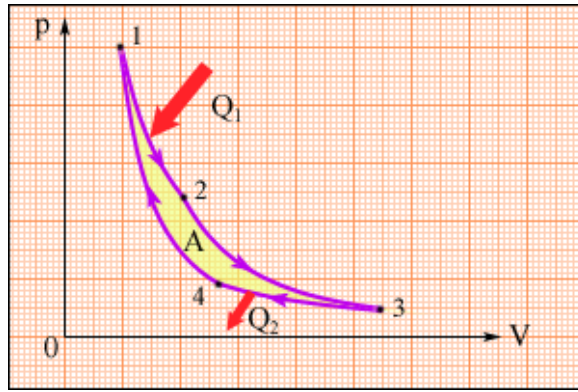
Цикл Карно

Застосування циклу Саді Карно ви будити розглядати на фахових дисциплінах «Основи теплотехніки та гідравліки» та «Сільськогосподарські машини».



Розглянемо чотирикратьний цикл роботи ідеального двигуна, який вперше відкрив Саді. Карно. Газ, поміщений в теплопровідний циліндр з рухомим поршнем, приведемо в контакт з нагрівником що має температуру T_1 . При цьому газ, нагріваючись до T_2 , буде ізотермічно розширюватись, переходячи із стану 1 стан 2. У результаті газ отримає від нагрівника теплоту Q_1 і виконає проти зовнішніх сил роботу $A_{1,2} = Q_2$. Після досягнення газом стану 2 перервемо контакт робочого тіла (газу) з нагрівником і помістимо циліндр в тепло ізольовану адіабатну оболонку. Залишимо газу можливість додатково адіабатно розширитись до стану 3. При цьому:

- ✓ газ виконає проти зовнішніх сил роботу $A_{2,3}$, за рахунок своєї внутрішньої енергії U ;
- ✓ температура газу знизиться від T_1 до T_2 , оскільки його внутрішня енергія U зменшиться.



Після досягнення газом стану 3 приведемо його в контакт з холодильником, температура якого T_2 . Газ ізотермічно стиснеться зовнішньою силою. Знову помістимо циліндр в теплоізольовану оболонку і газ, внаслідок адіабатного стиснення, набуде вихідного стану. Зобразимо ці процеси в координатах p, V . Цей цикл Карно буде складатися з двох ізотерм ($1 \rightarrow 2, 3 \rightarrow 4$) і двох адіабат ($2 \rightarrow 3, 4 \rightarrow 1$).

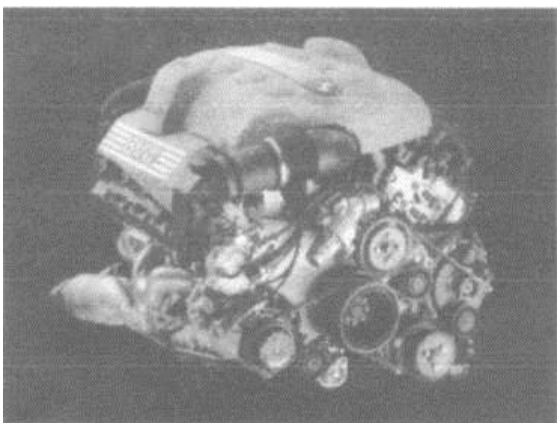
Робота, яку виконує газ, пропорційна площі фігури, обмеженої ізотермами і адіабатами. Такий цикл роботи теплового двигуна найвигідніший; його називають *циклом Карно*.

Виходячи з цього, коефіцієнт корисної дії завжди менший за 100 %, отже, перетворити на механічну роботу можна лише частину кількості теплоти, отриману від нагрівача.

Види машин

✓ Теплові машини.

Теплова машина - машини, призначені для перетворення внутрішньої енергії на механічну (тепловий двигун) або механічну роботу в тепло (холодильний), (рис 4)



Для того щоб від теплової машини можна було одержати корисну дію, необхідно виконати наступні умови:

1. Треба мати *робоче тіло* — це тіло, за допомогою якого здійснюється взаємне і перетворення теплоти й роботи.

2. Необхідна наявність щонайменше двох

джерел теплоти з різними температурами і верхнє (вище) джерело теплоти або *нагрівник* і нижнє (нижче) джерело теплоти або *холодильник*.

3. Робота теплової машини повинна бути циклічною, тобто робоче тіло, завершуючи ряд процесів, повинно повертатися у вихідний стан.

Деякі види теплових двигунів.

1. Турбінні
2. Реактивні
3. Карбюраторні
4. Дизельні.

Тепловий двигун

Прямий цикл використовується в тепловому двигуні — тепловій машині періодичної дії, яка виконує роботу за рахунок одержаної ззовні теплоти.

Принцип роботи теплового двигуна



Схема роботи теплового двигуна, який працює за прямим термодинамічним циклом наведена а рисунку. Від нагрівника з вищою температурою T_1 за цикл забирається кількість теплоти Q_1 , а холодильнику з нижчою температурою T_2 за цикл передається кількість теплоти Q_2 і виконується робота A : $A = Q_1 - Q_2$

Де Q_1 — кількість теплоти, отримана від нагрівача; Q_2 — кількість теплоти, передана холодильнику.

Ефективність теплового двигуна тим вища, чим більш корисну роботу A він отримує за тієї ж самої кількості теплоти Q , отриманої від нагрівача.

ККД теплових двигунів

Коефіцієнтом корисної дії теплового двигуна називають відношення корисної роботи, виконаної двигуном, до кількості теплоти, отриманої від нагрівача:

$$\eta = \frac{A_k}{Q_1} \cdot 100\%$$

Оскільки $A_k = Q_1 - Q_2$, то $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$

ККД ви будите використовувати при розрахунках практичних робіт з дисципліни «Трактори і автомобілі».

Теплова Машина	Робоче тіло	Температура Нагрівника, К	Температура Холодильника, К	η , %	ККД машини, %
Поршнева парова машина	Пара	480	300	37	7-15
Парова турбіна	Пара	850	380	55	20-25
Дизель	Продукти згоряння палива	2100	380	82	30-39
Карбюраторний двигун	Продукти згоряння палива	2100	380	82	18-24

Пояснення розв'язання задачі

Задача. Під час згоряння палива в тепловому двигуні виділилася кількість теплоти 200 кДж, а холодильникові передана кількість теплоти 120 кДж. Який ККД теплового двигуна?

Розв'язання

$\eta - ?$	СІ	Розв'язання:
Дано:		$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$
$Q_1 = 200 \text{ кДж}$	$200 \cdot 10^3 \text{ Дж}$	
$Q_2 = 120 \text{ кДж}$	$120 \cdot 10^3 \text{ Дж}$	$\eta = \frac{200 \cdot 10^3 - 120 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^3} \cdot 100\% = 0,4 \cdot 100\% = 40\%$

Відповідь: $\eta = 40\%$

В своїх дослідженнях С. Карно довів, що максимально можливий ККД дорівнює:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \cdot 100\%$$

ККД сучасних теплових двигунів становить 40-50 %.

✚ Пояснення розв'язання задачі

Задача. Теплосилова установка працює за циклом Карно. Визначити ККД, якщо температура нагрівання 600°C , а холодильника 15°C

Розв'язання

$\eta - ?$	СІ	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$
$T_1 = 600^\circ\text{C}$	873K	
$T_2 = 15^\circ\text{C}$	288K	$\eta = \frac{873 - 288}{873} \cdot 100\% = 0,67 \cdot 100\% = 67\%$

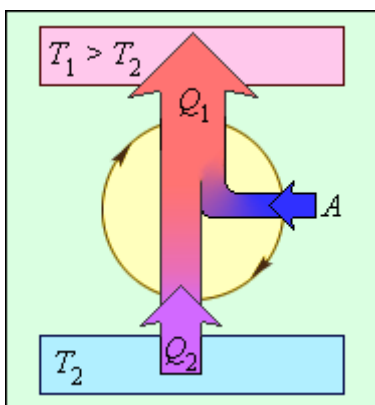
$$[\eta] = \left[\frac{K - K}{K} \cdot \% \right] = [\%]$$

Відповідь: $\eta = 67\%$

✓ Холодильні машини

Холодильні машини

Холодильна машина — це машина, яка підтримує в холодильній камері температуру нижчу, ніж у навколишньому середовищі.



Ознайомимося з такими видами холодильних машин, як холодильник, кондиціонер, тепловий насос.

Холодильник (рис. 3) передає тепло від холоднішого тіла (наприклад, холодних продуктів) до теплішого тіла (повітря у приміщенні). Щоб здійснити потік тепла в зворотному напрямку (від холодного тіла до теплого), доводиться стискати газ за високої температури, а за низької температури він розширюється. Стискає газ в холодильній машині компресор, який споживає енергію з електромережі.

Ефективність роботи холодильної машини характеризують холодильним коефіцієнтом k :

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

де Q_1 — кількість теплоти, яку передає робоче тіло при стисканні в оточуюче середовище; Q_2 — кількість теплоти, яку воно забирає у холодильної камери.

Екологічні проблеми, пов'язані з використанням теплових двигунів

Для спалювання палива в теплових машинах витрачається велика кількість кисню. На згоряння різноманітного палива витрачається від 10 до 25 % кисню, який виробляють зелені рослини.

Теплові машини не тільки спалюють кисень, а й викидають в атмосферу еквівалентні кількості оксиду карбону (вуглекислого газу). Згоряння палива в топках промислових підприємств і теплових електростанцій майже ніколи не буває повним, тому відбувається забруднення повітря золою, сажею.

В усьому світі енергетичні установки викидають в атмосферу щороку 200—250 млн тонн золи і близько 600 млн тонн оксиду сульфуру (SO_2). Повітря забруднюють і різні види транспорту, насамперед автомобільний, жителі великих міст задихаються від вихлопних газів автомобільних двигунів.

У всіх країнах світу з розвинутою промисловістю ведуться роботи щодо зниження і повної ліквідації забруднення повітря.

На теплоцентралях і теплових електростанціях встановлюють газоочисне і пиловловлююче обладнання, а самі станції зміщують за межами міст, між станціями і селищами створюють зелені зони.

Інтенсивні роботи ведуться зі зниження забруднення повітря вихлопними газами автомобільних двигунів: на них встановлюють фільтри; опрацьовують зразки газотурбінних, роторних і навіть парових двигунів. Тепер уже не допускаються до експлуатації автомобілі з підвищеним вмістом чадного газу (CO) у відпрацьованих газах.

Найперспективнішими вважаються електромобілі й автомобілі з двигунами на водні, продуктом згоряння яких є звичайна вода. В багатьох країнах створені і випробовуються автомобілі з електричними і водневими двигунами.

Повторимо основні формули

$$\eta = \frac{A_K}{Q_1} \cdot 100\%$$

$$A_K = Q_1 - Q_2$$

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

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \cdot 100\%$$

Перевірка базових знань студентів

Діагностична робота

Заповніть таблицю

A ₁ Дж	Q ₁ Дж	Q ₂ Дж	T ₁ К	T ₂ К	%
Варіант 1					
	1000	600	700		
Варіант 2					
520				340	40
Варіант 3					
	1200	500	800		
Варіант 4					
600		480		380	
Варіант 5					
240	740		540		
Варіант 6					
550	1150		850		
Варіант 7					
700		500		350	
Варіант 8					
	1150	480	330		
Варіант 9					

	1600	600		350	
Варіант 10					
450				250	35
Варіант 11					
	1150	750	800		
Варіант 12					
650		450		350	
Варіант 13					
500				300	50
Варіант 14					
	1200	500	800		
Варіант 15					
200	700		500		
Варіант 16					
580	1000		840		
Варіант 17					
	1150	480	330		
Варіант 18					
200	700		500		
Варіант 19					
700		500		350	
Варіант 20					
	1600	600		300	