22.04. Тема. Теплові машини

1. Основні елементи теплового двигуна

Існують різні типи теплових двигунів: парова турбіна, двигун внутрішнього згорання, реактивний двигун та ін. Не беручи до уваги різні конструкції двигунів та певні особливості їх роботи – принципи їх дії однакові.

\* Пристрій, який здійснює механічну роботу за рахунок внутрішньої енергії палива, називають тепловим двигуном.

Усі теплові двигуни, незалежно від їх особливостей, мають три основні частини: нагрівач, робоче тіло, холодильник.

2. Корисна робота теплового двигуна

У тепловому двигуні відбувається перетворення внутрішньої енергії в механічну енергію. Отже, необхідно мати систему, за рахунок внутрішньої енергії якої відбувалася б механічна робота.

Таку систему називають робочим тілом двигуна. Механічна робота здійснюється при стисканні та розширенні робочого тіла. Чим більший стиск або розширення, тим більша робота здійснюється. Гази розширюються і стискаються легше за воду, тому в якості робочого тіла найчастіше використовують газ або пару. Так, у паровій турбіні робочим тілом є пара, у двигуні внутрішнього згоряння – газ, що складається із суміші парів бензину і повітря (або продуктів згоряння – роботу здійснює саме ця суміш).

Оскільки робота здійснюється за рахунок внутрішньої енергії робочого тіла, то для збільшення внутрішньої енергії робоче тіло слід нагріти до певної температури Т1. Тому до складу теплового двигуна входить нагрівач.

Дія теплового двигуна має циклічний характер: після того, як робоче тіло (газ) розширилося, виконавши роботу, його необхідно стиснути до колишнього об’єму, щоб воно могло виконати роботу у наступному циклі.

Таким чином, для того, щоб тепловий двигун здійснював корисну роботу, необхідно періодично нагрівати та охолоджувати робоче тіло, тобто періодично передавати робочому тілу і відбирати у нього певну кількість теплоти.

Процес стиску слід здійснювати за більш низької температури, ніж розширення. Тому робоче тіло необхідно охолодити. Для цього його призводять до контакту з тілом, температура якого Т2 < T1. Таке тіло називають холодильником. Найчастіше холодильником є навколишнє повітря або вода водойм.

Отримавши при розширенні від тіла з температурою Т1 (нагрівач) певну кількість теплоти Q1, газ неодмінно віддає під час стиснення кількість теплоти Q2 тіла з нижчою температурою Т2 (холодильник). Отже, на роботу перетворюється лише частина кількості теплоти Q1, одержана від нагрівача, яка дорівнює: Q1 – Q2.

Після завершення кожного циклу робоче тіло повертається в початковий стан, тобто його внутрішня енергія приймає колишнє значення. Тому з першого закону термодинаміки випливає, що корисна робота Ак, виконана тепловим двигуном, дорівнює різниці кількості теплоти Q1, отриманої робочим тілом, і кількості теплоти Q2, відданої робочим тілом холодильника.

3. ККД теплового двигуна

Замкнуті (циклічні) процеси використовуються при роботі всіх теплових машин: двигунів внутрішнього згоряння, парових і газових турбін, холодильних машин. Для оцінки ефективності перетворення внутрішньої енергії робочого тіла на механічну роботу, що здійснюються за цикл, вводиться коефіцієнт корисної дії. Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна – це відношення корисної роботи Ак, виконаної двигуном, до кількості теплоти, отриманої від нагрівача:



Ефективність дії теплового двигуна тим буде вищою, чим більшу корисну роботу Ак він може виконати з тією ж кількістю теплоти Q1, отриманою від нагрівача. Так як Ак = Q1 – Q2, то



З урахуванням того, що кількість теплоти, яка передана холодильнику, завжди більша за нуль, коефіцієнт корисної дії будь-якого теплового двигуна менша 100 %. Таким чином, на механічну роботу можна перетворити лише частину кількості теплоти, отриману від нагрівача. Не слід плутати тепловий ККД з економічним ККД:



У всіх машин, крім теплових, якщо б вдалося усунути всі втрати, ККД дорівнював би 100 %. Якщо ж у теплових двигунах усунути всі втрати, то ККД все одно виявиться меншим за 100 %.

Французький інженер Саді Карно з’ясував, за яких же умов ККД буде максимальним. Він придумав ідеальну теплову машину з ідеальним газом як робоче тіло, цикл роботи якої складається з двох ізотермічних і двох адіабатних процесів:



З наведеної формули видно, що для підвищення ККД треба зменшувати відношення: Т2/Т1.

Цього можна досягти або знижуючи температуру холодильника, або підвищуючи температуру нагрівача, або виконуючи і те й інше.

Ми розглянули формулу для максимального ККД теплового двигуна. Такий ККД міг би мати ідеальний тепловий двигун, у якому повністю відсутнє тертя, а також відсутні втрати тепла. Проте в будь-якому реальному двигуні є і тертя, і втрати тепла. Тому реальний тепловий двигун має, на жаль, набагато менший ККД за максимально можливий. Наприклад, для двигуна внутрішнього згоряння? mах = 80 %, а реальний ККД – всього приблизно 20 %.

4. Холодильники та кондиціонери

Холодильною установкою називається циклічно діючий пристрій, який підтримує в холодильній камері температуру нижчу, ніж у навколишньому середовищі. Це відбувається шляхом переходу певної кількості теплоти від холодного тіла до тіла з більш високою температурою.

Холодильник передає певну кількість теплоти від менш нагрітого тіла (холодних продуктів у холодильній камері) більш нагрітому тілу (повітрю в кімнаті), причому для здійснення цього процесу необхідно здійснювати роботу.

При ізотермічному розширенні, що відбувається за температури холодильної камери Т2, робоче тіло здійснює роботу і поглинає при цьому від холодильної камери кількість теплоти Q2. При ізотермічному стисненні робочого тіла, яке відбувається за більш високої температури Т1 нагрівача (атмосфери), останньому передається кількість теплоти Q1. Це відбувається за рахунок роботи зовнішніх сил.

Робочим тілом у холодильній установці служать зазвичай пари легко-киплячих рідин – аміаку, фреону і т. д. Енергія підводиться до установки від електричної мережі. За рахунок цієї енергії відбувається “перекачка” теплоти від холодильної камери до більш нагрітого тіла – до навколишнього середовища.

Таким чином, нагрівачами передається більша кількість теплоти, ніж відбирається від холодильної камери:

Q1 = Q2 + А.

Отже, температура холодильної камери T2 ще більше знижується, а температура нагрівача Т1 ще більше підвищується.

На закінчення уроку можна розглянути принцип роботи кондиціонера. Для охолодження повітря в кімнаті можна вбудувати холодильну машину у вікно так, щоб холодильна камера була звернена до кімнати, а гарячі трубки були зовні. Тепер тепла позбавляється повітря в кімнаті, унаслідок контакту з холодильною камерою, і передається зовнішньому повітрю, унаслідок контакту з гарячими трубками. Це, по суті, холодильна машина, що охолоджує кімнату за рахунок нагрівання зовнішнього повітря.

Питання:

1. Під час яких процесів можливе отримання максимальної роботи за рахунок внутрішньої енергії палива?

2. Як знизити температуру газу перед стисненням, не допускаючи при цьому теплопередачі?

3. Чому в теплових двигунах не можна використовувати внутрішню енергію океану?

4. Навіщо потрібні нагрівач і холодильник при роботі теплового двигуна?

5. Чому ККД теплового двигуна не може дорівнювати 100 % ?

6. Які шляхи підвищення ККД теплових двигунів?

Тренуємося розв’язувати задачі

1. Який максимально можливий ККД двигуна, у якого Т1 = 2000 К, a t = 100 °С (як у автомобільного двигуна)?

2. При згоранні палива в тепловому двигуні виділилася кількість теплоти 200 кДж, а холодильнику передано кількість теплоти 120 кДж. Який ККД теплового двигуна?

3. Порівняйте ККД циклів, зображених на рисунку:



4. У ідеальній тепловій машині, ККД якої 30 %, газ отримав від нагрівача 10 кДж теплоти. Яка температура нагрівача, якщо температура холодильника 20 °С? Скільки джоулів теплоти машина віддала холодильнику?

Висновки:

– Тепловий двигун – пристрій, який здійснює механічну роботу за рахунок внутрішньої енергії палива.

– Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна – це відношення корисної роботи Ак, виконаної двигуном, до кількості теплоти Q1, яка отримана від нагрівача:



– Холодильною установкою називається циклічно діючий пристрій, який підтримує в холодильній камері температуру нижчу, ніж у довкіллі.

Дом.завдання:

1. Що є нагрівачем, робочим тілом і холодильником парової турбіни?

2. Чому робота теплового двигуна повинна складатися з повторюваних циклів розширення і стиснення газу?

3. Чи стає в кімнаті холодніше під час роботи холодильника?

2. Яким є ККД теплового двигуна, якщо робоче тіло отримало від нагрівача кількість теплоти 1,6 МДж, а виконало роботу 400 кДж? Яку кількість теплоти було віддано