

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Термодинаміка та теплопередача»
обов'язкових компонент
освітньої програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Аеронавігація

за темою – «Теплообмін випромінюванням»

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.09.2021 № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 30.08.21 № 1

Розробники: викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Яніцький А.А.

Рецензенти:

1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.
2. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.

План лекції

1. Основні поняття і закони теплового випромінювання;
2. Теплообмін випромінюванням між плоскими стінками і в замкнутій порожнині;
3. Вплив екранів на теплообмін випромінюванням;
4. Особливості випромінювання газів і полум'я.

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в інтернеті

Основна література:

1. Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський. - К.: НАУ, 2015.-88 с.
2. Котовський В. Н. Теплопередача: тексти лекцій / В. Н. Котовський. - К.: НАУ, 2015. - 76 с.

Додаткова література:

1. Базаров І. П. Термодинаміка: підручник / І. П. Базаров. - СПб: Видавництво «Лань», 2010. - 384 с.
2. Баранов В. М. Термодинаміка і теплопередача: навчальний посібник; 2-е видання, перероблене / В. М. Базаров, А. Ю. Коньков. - Хабаровськ: Видавництво ДВГУПС, 2004. - 91 с.
3. Кудінов В. А. Технічна термодинаміка і теплопередача: підручник для академічного бакалаврату; 3-е изд., Испр. і доп. / В. А. Кудінов, Е. М. Карташов, Є. В. Стефанюк. - М.: Видавництво «Юрайт», 2016. - 442 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>
2. <https://works.doklad.ru/view/SvJcm0v0liM.html>
3. <https://uchitel.pro/>
4. <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/29/6-29-kl76.pdf>

Текст лекції

9.1 Основні Поняття и закони теплового випромінювання

Теплообмін випромінюванням - процес, при якому внутрішня енергія випромінює тіла переходить в енергію електромагнітних хвиль, а потім в поглинає ці хвилі іншому тілі їх енергія знову перетворюється у внутрішню енергію теплового руху мікрочастинок.

Теплове випромінювання ділиться на:

- інфрачервоне (з довжинами хвиль приблизно от 1000 мкм до $\lambda = 0,74$ мкм, але практичне значення мають проміні з довжиною хвилі не більше 40 мкм);
- видиме (з довжинами хвиль λ від 0,74 мкм до 0,4 мкм);
- ультрафіолетове (з λ від 0,4 мкм до приблизно 0,01 мкм).

При температурах до 4000-4500 К основна частка енергії теплового випромінювання доводиться на інфрачервону область і лише при більш високих температурах - також на видиму і на ультрафіолетову.

Основними характеристиками теплового випромінювання є його інтенсивність і спектральний склад.

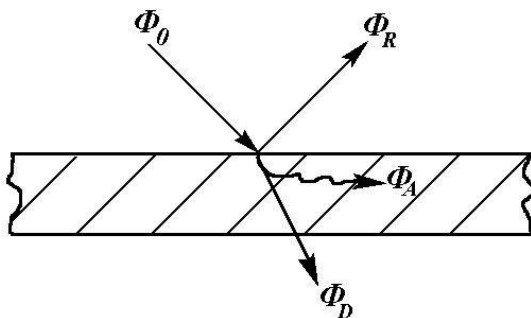
Потоком випромінювання Φ називається енергія, яку випромінює будь-якої поверхнею в одиницю часу.

Потік випромінювання Φ вимірюється в Дж / с, тобто у ваттах.

Щільність потоку випромінювання E_T вимірюється в Вт / м² і характеризує інтенсивність потоку випромінювання. Вона дуже сильно залежить від температури тіла, що підкреслює індекс "Т".

Розглянемо далі потік випромінювання Φ_0 , падаючий на деякий тіло.

Частина цього потоку Φ_A поглинається тілом, частина Φ_r відбивається, а частина Φ_D пропускається.



$$A = \Phi_A / \Phi_0$$

$$R = \Phi_r / \Phi_0$$

$$D = \Phi_D / \Phi_0$$

називаються коефіцієнтами поглинання,

відображення і пропускання.

абсолютно чорним називається тіло, яке поглинає всю падаючу на нього променисту енергію ($A = 1$).

дзеркальним називається тіло, яке відображає всі падаюче на нього випромінювання за законами геометричної оптики ($R = 1$).

абсолютно білим називається тіло, якщо відображення дифузне ($R = 1$).

абсолютно прозорим називається тіло, яке пропускає всю падаючу на нього променисту енергію ($D = 1$).

У навколишньому нас на Землі природі немає абсолютно чорних, абсолютно білих і абсолютно прозорих тіл. Реальні тіла при певних умовах можуть тільки наближатися до того чи іншого граничного випадку. Найбільш близькі до абсолютно чорного тіла сажа, оксамит ($A = 0,97 \dots 0,98$). У більшості неметалічних твердих матеріалів при температурах, близьких до кімнатної, коефіцієнт поглинання більш 0,8, але він значно зменшується з ростом температури. До абсолютно білому (точніше, дзеркального) тілу близькі (при невисоких температурах) поліровані метали ($R > 0,9$).

Багато тверді і рідкі тіла навіть в порівняно тонких шарах практично непрозорі для теплового випромінювання

Разом з тим є тіла, які непрозорі лише для певних довжин хвиль. Наприклад, кварц непрозорий для інфрачервоних променів, але прозорий для видимих (світлових) і ультрафіолетових. Звичайне скло пропускає видимі промені, але майже непрозоро для інфрачервоних і ультрафіолетових.

Важливо відзначити, що колір поверхні часто ніяк не пов'язаний з цими її характеристиками. Так, поверхня, пофарбована білою фарбою, добре відбиває видимі промені. Інфрачервоні ж промені такою поверхнею поглинаються так само інтенсивно, як і чорної. Інший приклад: сліпуче білий сніг поглинає інфрачервоне випромінювання майже повністю.

Закони теплового випромінювання

Щільність потоку випромінювання E абсолютно чорного тіла визначається законом Стефана-Больцмана, где $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постійна Стефана-Больцмана - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, а T температура цього тіла:

$$E_{T0} = \sigma_0 T^4$$

Ступенем чорноти тіла

ε називається відношення щільності потоку випромінювання реального тіла E_T к E_{T0} (при одной и той же температуре):

$$\varepsilon = \frac{E_T}{E_{T0}}$$

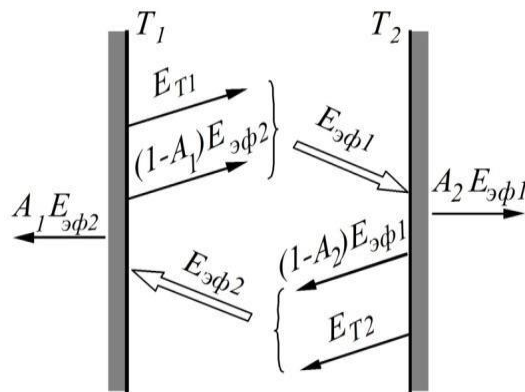
Ступінь чорноти характеризує радіаційну здатність реального тіла в порівнянні з випромінюванням абсолютно чорного тіла.

Вона завжди менше одиниці, тобто випромінювальна здатність реального тіла завжди менше, ніж абсолютно чорного тіла.

Ступінь чорноти тіла залежить від природи речовини, його температури і ряду інших чинників. Значний вплив на ступінь чорноти твердих тіл надає стан їх поверхні. Так, наприклад, чисті поліровані поверхні мають значно меншу ступінь чорноти, ніж шорсткі або покриті окисною плівкою.

9.2 Теплообмін випромінюванням между плоскими стінками и в замкнутой порожніні

Теплообмін між плоскими стінками. Розглянемо дві плоскі непрозорі поверхні нескінченної протяжності з двох різнорідних матеріалів (малюнок), розділені прозорою середовищем. Нехай теплообмін між ними відбувається лише шляхом випромінювання. Температури цих поверхонь рівні відповідно T_1 і T_2 , причому пусть $T_1 > T_2$.



Щільність теплового потоку між розглянутими тілами (при $T_1 > T_2$):

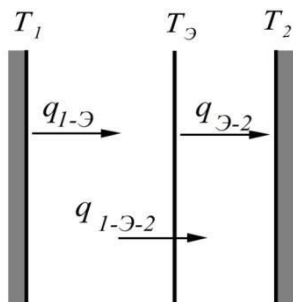
$$q = E_{\text{эф}1} - E_{\text{эф}2} \text{ або}$$

$$q = \varepsilon_{\text{пр}} \sigma_0 (T_1^4 - T_2^4)$$

де $\varepsilon_{\text{пр}}$ є наведена ступінь чорноти даної системи.

9.3 Вплив екранів на теплообмін випромінюванням

Променевий тепловий потік від одного тіла до іншого може бути значно зменшений, якщо між ними розташувати непрозорий екран.



Ослаблення променистого теплообміну тим сильніше, чим менше ступінь чорноти екрану $\varepsilon_{\text{е}}$. Так, при $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1$ і ступеня чорноти екрану $\varepsilon_{\text{е}} = 1$ його установка зменшує променистий теплообмін в 2 рази, а при $\varepsilon_{\text{е}} = 0,5$ - в 4 рази. Таке захисну дію екранування можна ще підсилити, поставивши один за одним кілька екранів.

9.4 Особливості випромінювання газів и полум'я

Для технічних розрахунків важливо випромінювання газів, що входять до складу продуктів згоряння вуглеводневих палив і перш за все CO_2 і H_2O . Основні смуги випромінювання цих газів лежать в діапазоні довжин хвиль від 2,3 мкм до 30 мкм, т. Е. Перебувають в інфрачервоній області спектра. І тому підвищення, наприклад, концентрації CO_2 в атмосфері може привести до "парникового ефекту" в результаті того, що шар CO_2 пропускає основну частину сонячного випромінювання, але затримує (поглинає) інфрачервоне випромінювання від земної поверхні.

Випромінювання полум'ям.

Характер випромінювання полум'я залежить від типу палива, що спалюється. Водень, окис вуглецю і ряд інших газів горять майже не світяться полум'ям. Більшість вуглеводневих палив, в тому числі авіаційних, створюють при горінні світиться полум'я з жовтим забарвленням. Це пов'язано, головним чином, з утворенням великої кількості дрібних конденсованих частинок важких вуглеводнів і вуглецю, які випромінюють практично як тверді тіла і, отже, є джерелом сильного випромінювання.

Розміри і концентрація зазначених частинок в полум'ї залежать від сорту палива, співвідношення кількостей пального і окислювача, організації процесу сумішоутворення, конструктивної схеми камери згоряння, її розмірів і ряду інших чинників. Крім того, концентрація цих частинок змінюється уздовж камери згоряння. Безпосередньо в зоні горіння вона максимальна, в міру віддалення від цієї зони зменшується і в кінцевих продуктах згоряння може навіть стати рівною нулю.