

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи  
 Гакал П.Г.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 31 » 08 2021 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKOBOЇ HABЧAЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Тепловий захист енергоустановок і літальних апаратів**  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Інжиніринг та експлуатація теплоенергетичних систем»  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти:**  
другий (магістерський)

**Силабус введено в дію з 01.09.2021 року**

**Харків 2021 рік**

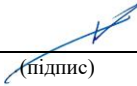
Розробник: Лисиця Олексій Юрійович, доцент, к.т.н.  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., доцент  
(науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Гакал П.Г.  
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

здобувач

  
(підпис)

Д.О. Чечоткін  
(ініціали та прізвище)

## 1. Загальна інформація про викладача



Лисиця Олексій Юрійович, к.т.н., доцент. З 2011 року викладає в університеті. Основні дисципліни:

- тепловий захист енергоустановок і літальних апаратів;
- обчислювальна гідромеханіка;
- технічні засоби теплофізичного експерименту;
- теплотехнічні вимірювання і прилади;
- Fluid and Gas Dynamics.

Напрями наукових досліджень: CFD-моделювання теплогідрравлічних процесів в енергетичних системах, процеси тепломасообміну та гідрогазодинаміки в складних системах, багатофазні течії.

## 2. Опис навчальної дисципліни

**Семестр, в якому викладається дисципліна** – 2 семестр.

**Обсяг дисципліни:**

4 кредити ЄКТС (120 годин), у тому числі аудиторних – 40 годин, самостійної роботи здобувачів – 80 години.

**Форми здобуття освіти**

Денна, дистанційна, дуальна.

**Дисципліна** – обов'язкова.

**Види навчальної діяльності** – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

**Види контролю** – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

**Мова викладання** – українська.

**Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити)** – гідрогазодинаміка, технічна термодинаміка, тепломасообмін, теплообмінні апарати, теплофізичні властивості речовин, холодильна техніка і кондиціонери.

**Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити)** – комп'ютерні технології моделювання задач теплофізики, системи забезпечення теплового режиму, обчислювальна гідромеханіка, експериментальні методи діагностики і доводки теплових машин.

### 3. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** засвоєння знань про устрій теплового захисту енергетичних установок (ЕУ) та літальних апаратів (ЛА), методику їх теплового розрахунку в умовах функціонування при високих, низьких і криогенних температурах.

**Завдання:** здобуття студентами необхідних знань та вмінь для забезпечення теплового захисту енергетичних установок та літальних апаратів, проведення теплових розрахунків окремих елементів теплоенергетичних конструкцій та систем в цілому, застосування методів теплового захисту та інтенсифікації тепло-масообміну, розробки математичних моделей теплогідравлічних процесів, визначення полів температур, теплових потоків в теплонапружених елементах.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці;
- здатність застосовувати релевантні математичні методи для розв'язання складних задач в теплоенергетиці.
- здатність приймати рішення щодо теплового захисту енергетичних установок та літальних апаратів.

#### **Програмні результати навчання:**

- аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до обраного напрямку теплоенергетики;
- аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики;
- розробляти і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність;
- обґрунтовувати вибір та застосування матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів з урахуванням їх характеристик і властивостей, вимог до кінцевого продукту, а також нетехнічних аспектів;
- розуміння професійних і етичних стандартів діяльності, застосування їх під час діяльності у сфері теплоенергетики.
- застосовувати методи теплового захисту та інтенсифікації тепло-масообміну.

## **4. Зміст навчальної дисципліни**

### **Модуль 1**

#### **Тема 1. Роль теплового захисту в забезпеченні працездатності та надійності ЕУ і ЛА.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Зміст поняття „тепловий захист” відносно енергоустановок, авіаційних та космічних літальних апаратів. Теплонапруженість ЕУ і ЛА. Її параметри. Необхідність теплового захисту деталей та вузлів ЕУ і ЛА.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-3 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 2. Пасивні види теплового захисту.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Конструкційні матеріали. Конструкторські рішення. Технологічні рішення. Радіаційне охолодження. Теплоізолюючий захист. Ємкісний захист. Теплові акумулятори.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 3. Активні види теплового захисту.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3-5 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Абляційний, пористий, плівковий, загороджувальний захисти. Конвективне та комбіноване охолодження. Теплові труби.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 4. Основи розрахунку теплового захисту.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3-5 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тепловий баланс для стінки конструкції при наявності конвективного та променистого теплообміну. Складові теплового балансу. Система рівнянь для розрахунку процесу теплообміну. Різноманітні підходи до рішення системи рівнянь.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 5. Вимоги до конструкційних матеріалів.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Підвищені вимоги в умовах високих температур та агресивних середовищ. Пластичність, кристалічна та хімічна стійкість, механічна міцність. Види конструкторських матеріалів.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3-4 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 6. Сталі в теплотехніці та їх термічна обробка.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Класифікація сталей. Структура сталей. Маркування сталей. Властивості сталей. Вплив деяких елементів на властивості сталей. Характеристики і призначення сталей різноманітних видів (прикладі). Відпал, відпуск, нормалізація, гартування, аустенізація, термомеханічна обробка.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 7. Чавуни, кольорові метали і сплави.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Призначення чавунів. Білий, сірий, ковкий, високоміцний, антифрикційний, жаростійкий чавуни. Їх властивості та призначення. Властивості та призначення кольорових металів та сплавів. Їх використання в теплоенергетиці.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3-4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 8. Керамічні матеріали.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Види керамічних матеріалів. Їх властивості та призначення. Показники порівняння.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-3 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 9. Вогнетривкі матеріали.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Визначення вогнетривких матеріалів. Вогнетривкі, високовогнетривкі, вищої вогнетривкості. Властивості таких матеріалів, їх призначення, приклади.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-3 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 10. Теплоізоляційні матеріали, пластмаси, резини.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Види теплоізоляційних матеріалів, пластмас, резин, що використовуються в теплоенергетиці. Їх властивості і призначення. Прокладкові матеріали.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-3 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 11. Вплив низьких температур на властивості сталей і сплавів.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Зміна властивостей вуглецевих та низьколегованих сталей зі зниженням температури. Вплив низьких температур на високолеговані аустенітні сталі. Вплив низьких температур на властивості кольорових металів і сплавів, зварні та паяні з'єднання.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-3 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

## **Тема 12. Низькотемпературна теплоізоляція.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 1-2 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Класифікація НТІ. Газонаповнена теплоізоляція. Високовакуумна теплоізоляція. Вакуумно-порошкова та вакуумно-волокниста теплоізоляція. Багат шарова екранно-вакуумна теплоізоляція (ЕВТІ). Теплові мости та опори.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

## **Модульний контроль 1**

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

## **Модуль 2**

### **Тема 13. Тепловий стан поршневого двигуна (ПД).**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Теплове навантаження ПД. Тепловий баланс ПД. Температурний стан деталей ПД. Схема теплових потоків в ПД. Конвективний теплообмін в циліндрі ПД. Теплообмін випромінюванням.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 14. Системи рідинного охолодження ПД (СРО).**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Принципова схема СРО. Основні параметри СРО. Теплообмін в порожнинах СРО. Аналіз теплообміну в ПД з СРО. Рідинні насоси. Вентилятори. Теплообмінники – охолоджувачі рідини. Теплообмінники – охолоджувачі масла. Охолоджувачі надувного повітря.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 15. Система повітряного охолодження ПД (СПО).**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Принципова схема СПО та її робота. Основні характеристики СПО. Аеродинаміка СПО та аеродинамічні пристрої. Регулювання СПО. Порядок розрахунку СПО. Конфігурація і розмір ребрення циліндра ПД. Тепловіддача ребрених поверхонь. Порівняння СРО і СПО.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 16. Конструкторські та технологічні заходи теплового захисту ПД.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тепловий захист поршнів ПД, випускних клапанів, гільз та головок циліндрів. Адіабатний двигун. Технологічні рішення ТЗ ПД.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### **Тема 17. Тепловий стан газотурбінного двигуна (ГТД).**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Теплове навантаження ГТД. Шляхи підвищення параметрів ГТД. Тепловий баланс ГТД. Теплові потоки в ГТД. Температурний стан деталей ГТД.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 18. Особливості системи охолодження ГТД.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-3 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Складові СО ГТД: внутрішня повітряна система охолодження, система охолодження лопаток і дисків турбіни, система змащування роторів двигуна. Витрати енергії, які зв'язані з охолодженням елементів ГТД. Шляхи зменшення витрачання повітря на охолодження двигуна.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4-6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 19. Схеми охолодження і розрахунок процесу теплообміну в компресорах ГТД.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3-4 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Внутрішня повітряна система охолодження ГТД. Схема охолодження і розрахунок охолодження елементів компресора ГТД. Охолодження решіток профілів спрямляючих апаратів і робочих коліс компресорів. Тепловіддача на поверхні дисків. Теплообмін на корпусі компресора.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8-10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 20. Охолодження камери згоряння та турбіни ГТД.**

*Форма занять: лекція, практика, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 3-5 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Способи охолодження жарової труби. Аеродинаміка камери згоряння. Розрахунок температури стінки жарової труби. Камери згоряння з розподілом повітря, що регулюється.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 8-10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

## **Модульний контроль 2**

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*

*Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

## **5. Індивідуальні завдання**

Індивідуальне завдання має на меті закріпити відповідні теоретичні знання і одержати необхідні навички практичних розрахунків з дисципліни.

Розрахункова робота «Розрахунок системи охолодження сопла рідинного ракетного двигуна [1].

В результаті виконання розрахункової роботи студенти визначають основні параметри та характеристики тепло-гідравлічного процесу.

## **6. Методи навчання**

Словесні, наочні, практичні.

## **7. Методи контролю**

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

## **8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі**

| Складові навчальної роботи           | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів           |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| <i>Модуль 1</i>                      |                                 |                            |                                   |
| Активність під час аудиторної роботи | 0...2                           | 10                         | 0...20<br>(максимальна кількість) |

|                                      |        |    |                                                           |
|--------------------------------------|--------|----|-----------------------------------------------------------|
|                                      |        |    | балів за цим показником)                                  |
| Модульний контроль                   | 0...20 | 1  | 0...20                                                    |
| <i>Модуль 2</i>                      |        |    |                                                           |
| Активність під час аудиторної роботи | 0...20 | 10 | 0...20<br>(максимальна кількість балів за цим показником) |
| Виконання Індивідуального завдання   | 0...20 | 1  | 0...20                                                    |
| Модульний контроль                   | 0...20 | 1  | 0...20                                                    |
| <b><i>За семестр</i></b>             |        |    | <b>0...100</b>                                            |

### Прийнята шкала оцінювання

|                                              |                                                                  |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка для екзамену, <i>курсowego проекту</i> (роботи), практики |
| 90-100                                       | відмінно                                                         |
| 75-89                                        | добре                                                            |
| 60-74                                        | задовільно                                                       |
| 01-59                                        | незадовільно з можливістю повторного складання                   |

Іспит проводиться у вигляді письмової відповіді на 3 питання екзаменаційного квитка та потім усної бесіди з викладачем по цих питаннях.

Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

### Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

*Задовільно (60-74)* – мати мінімум знань і умінь для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати індивідуальне завдання.

*Добре (75-89)* – знати матеріал курсу, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати практичні завдання та розрахункову роботу. Вміти самостійно розраховувати тепловий стан теплонапружених конструкцій при різних режимах роботи та виду використовуваного теплового захисту.

*Відмінно (90-100)* – глибоко знати основний та додатковий матеріал. Досконально знати усі види теплового захисту, розуміти їх переваги та можливість застосування до різних конструкцій, вміти самостійно і на високому рівні виконувати тепло гідравлічні процеси в системах охолодження ЛА та ЕУ.

## 9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються

академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

## 10. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

• [http://library.khai.edu/catalog?clear\\_all\\_params=0&mode=KNMZ&lang=ukr&caller\\_mode=SearchDocForm&ext=no&theme\\_path=0&themes\\_basket=&ttp\\_themes\\_basket=&disciplinesearch=no&top\\_list=1&fullsearch\\_fld=&author\\_fld=%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2&docname\\_fld=&docname\\_cond=beginwith&theme\\_context=%D0%A0%D1%96%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2&theme\\_cond=all\\_theme&theme\\_id=0&is\\_ttp=0&combiningAND=0&step=20&tpage=1](http://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=KNMZ&lang=ukr&caller_mode=SearchDocForm&ext=no&theme_path=0&themes_basket=&ttp_themes_basket=&disciplinesearch=no&top_list=1&fullsearch_fld=&author_fld=%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2&docname_fld=&docname_cond=beginwith&theme_context=%D0%A0%D1%96%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2&theme_cond=all_theme&theme_id=0&is_ttp=0&combiningAND=0&step=20&tpage=1)

- 1. Теплообмін. Конспект лекцій. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 86 с.
- 2. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 1: Теплопровідність і теплообмін випромінюванням – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 88 с.
- 3. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 2: Конвекція. Теплообмінні апарати. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 101 с.
- 4. Технічна термодинаміка. Конспект лекцій. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 102 с.
- 5. Тепломасообмін. Навчальний посібник до лабораторних робіт за дисципліною «Тепломасообмін». – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2020. – 137 с.

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2860>

## 11. Рекомендована література

### Базова

1. Розрахунок системи охолодження сопла рідинного ракетного двигуна. Методичні рекомендації / НТУУ «КПІ» ; уклад. А. А. Халатов, Н. А. Панченко, А. Ж. Мейріс . – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 34 с.
2. Тепловий та динамічний розрахунок автомобільних двигунів. Навчальний посібник. В.Ф. Анісімов, А.В. Дмитрієва, С.М. Севостьянов. – ВНТУ, Вінниця, 2008. – 125 с.

3. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Термодинаміка і теплообмін». – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 86 с.
4. Основи конвективного теплообміну: метод. вказівки до практ. занять / уклад.: Н.А. Панченко, А.А. Халатов. – К: НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», 2017. – 32 с.

#### Допоміжна

1. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 1: Теплопровідність і теплообмін випромінюванням – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 88 с.
2. Теплообмін. Конспект лекцій за дисципліною «Тепломасообмін». Ч. 2: Конвекція. Теплообмінні апарати. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2019. – 101 с.
3. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Тепловая защита. – М.: Энергия, 2011. – 336 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей / Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 2005. – 456 с.
5. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 2011 – 480 с.