Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра _____аерокосмічної теплотехніки_____ (№ _205___)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



Гакал П.Г.
(підпис) (ініціали та прізвище)

«31» серпня 2026 р.

СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тепловий захист та системи охолодження енергоустановок та літальних апаратів

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: _____ G «Інженерія, виробництво та будівництво»____
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: _____ G4 «Енерговиробництво»_____
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Інжиніринг та експлуатація теплоенергетичних систем»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2026

Харків – 2026 р.

Розробник: __Лисиця О. Ю., 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 «24» серпня 2026 р.

В. о. завідувача кафедри__к.т.н., доцент Костянтин ЄПІФАНОВ
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

здобувач: студент групи 268 Микола Гуманов
(підпис) (ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Лисиця Олексій Юрійович

Посада: доцент кафедри аерокосмічної теплотехніки

Науковий ступінь: канд. техн. наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

- Тепловий захист та системи охолодження енергоустановок та літальних апаратів;
- Обчислювальна гідромеханіка;
- Теплотехнічні вимірювання і прилади;
- Наукові основи водневої енергетики.

Напрями наукових досліджень:

CFD-моделювання теплогідравлічних процесів в енергетичних системах, процеси тепломасообміну та гідрогазодинаміки в складних системах, багатофазні течії.

Контактна інформація:
email: a.lisitsa@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	*Денна*
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	*Обов'язкова*
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	*денна*: 5 кредитів ЄКТС / 150 годин (56 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 24; СРЗ – 94);
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	Тепломасообмін, теплообмінні апарати, обчислювальна гідромеханіка, гідрогазодинаміка
Кореквізити	Моделювання та розрахунок процесів в енергетичних системах
Постреквізити	Комп'ютерно-інтегровані системи проектування, системи забезпечення теплового режиму,

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – формування системи знань і розумінь, що забезпечать розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, здатність застосовувати та удосконалювати математичні моделі, наукові і технічні методи для розв’язання складних інженерних задач в теплоенергетиці, приймати рішення щодо теплового захисту і систем охолодження енергетичних установок, літальних апаратів та їх елементів.

Завдання – навчитися аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання з теплового захисту, систем охолодження, обирати ефективні методи розв’язання таких задач, розробляти і досліджувати математичні моделі, обґрунтовувати вибір та застосування матеріалів, обладнання та інструментів інженерних технологій і процесів з урахуванням їх характеристик і властивостей, розуміння професійних стандартів діяльності, застосовувати методи теплового захисту, враховувати вплив температур, зокрема кріогенних на властивості конструкційних матеріалів.

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у теплоенергетичній галузі або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Спеціальні компетентності

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

СК1. 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.

СК 6. Здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик.

СК 10. Здатність приймати рішення щодо теплового захисту енергетичних установок, літальних апаратів та їх елементів.

Програмні результати навчання:

ПР1. Аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи обладнання відповідно до обраного напряму теплоенергетики.

ПР2. Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики.

ПР3. Розробляти і реалізовувати проекти у сфері теплоенергетики з урахуванням цілей, прогнозів, обмежень та ризиків і беручи до уваги технологічні, законодавчі, соціальні, економічні, екологічні та інші аспекти.

ПР4. Відшуковувати необхідну інформацію з різних джерел, оцінювати, обробляти та аналізувати цю інформацію.

ПР5. 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.

ПР6. Приймати ефективні рішення, використовуючи сучасні методи та інструменти порівняння альтернатив, оцінювання ризиків та прогнозування.

ПР7. Знати, розуміти і застосовувати у практичній діяльності ключові концепції, сучасні знання та кращі практики в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПР8. Обґрунтовувати вибір та застосовування матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів з урахуванням їх характеристик і властивостей, вимог до кінцевого продукту, а також нетехнічних аспектів.

ПР11. Оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики.

ПР14. Планувати і реалізовувати заходи з підвищення енергоефективності теплоенергетичних об'єктів систем з урахуванням наявних обмежень, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетиці, оцінювати ефективність таких заходів.

ПР15. Розуміння професійних і етичних стандартів діяльності, застосування їх під час діяльності у сфері теплоенергетики.

ПР16. Аналізувати і оцінювати проблеми теплоенергетики, пов'язані із розвитком нових технологій, науки, суспільства та економіки.

ПР18. Аналізувати технологічні схеми і показники ефективності теплоенергетичнихсистем, що використовується в авіаційно-космічній техніці, двигунах, системах тепло- та холодопостачання, кондиціонування.

ПР19. Проводити монтажні роботи та експлуатацію холодопостачання. систем кондиціювання, тепло- та

ПР21. Застосовувати методи теплового захисту та інтенсифікації тепло-масообміну. Враховувати вплив температур, зокрема кріогенних на властивості конструкційних матеріалів.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1
Змістовний модуль 1. Методи розрахунку теплового захисту та систем охолодження ЕУ і ЛА.

Тема 1. Роль теплового захисту та систем охолодження в забезпеченні працездатності та надійності ЕУ і ЛА.

- 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;
- Вступ до навчальної дисципліни. Основні поняття. Роль теплового захисту та систем охолодження в забезпеченні працездатності та надійності ЕУ і ЛА;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

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

- Конструкційні матеріали як вид теплового захисту. Конструкторські рішення. Технологічні рішення. Радіаційне охолодження. Теплоізолюючий захист. Ємнісний захист. Теплові акумулятори;
- Пасивні види теплового захисту;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 3. Активні види теплового захисту.

- Абляційний, пористий, плівковий, загороджувальний захисти. Конвективне та комбіноване охолодження. Теплові труби;
- Активні види теплового захисту;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 4. Основи розрахунку теплового захисту.

- 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;
- Основи розрахунку теплового захисту;

- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 5. Вимоги до конструкційних матеріалів.

- Підвищені вимоги в умовах високих температур та агресивних середовищ. Пластичність, кристалічна та хімічна стійкість, механічна міцність. Види конструкторських матеріалів;
- Конструкційні матеріали та вимоги до них;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 6. Системи рідинного охолодження (СРО) поршневих двигунів.

- 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;
- Системи рідинного охолодження поршневих двигунів;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 7. Система повітряного охолодження (СПО)поршневих двигунів.

- Принципова схема СПО та її робота. Основні характеристики СПО. Аеродинаміка СПО та аеродинамічні пристрої. Регулювання СПО. Порядок розрахунку СПО. Конфігурація і розмір оребрення циліндра ПД. Тепловіддача оребрених поверхонь. Порівняння СРО і СПО;
- Системи повітряного охолодження поршневих двигунів;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 8. Системи охолодження газотурбінних двигунів.

- 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 витрачення повітря на охолодження двигуна;
- Системи охолодження газотурбінних двигунів;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 9. Внутрішнє і зовнішнє охолодження лопаток газотурбінних установок.

- Розвиток систем конвективного та конвективно-плівкового охолодження. Вплив охолодження на ККД газової турбіни. Особливості охолодження соплових і робочих лопаток. Діаграма інтенсифікація теплообміну;
- Охолодження лопаток газотурбінних установок;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 10. Технології внутрішнього охолодження.

- Методи охолодження різних ділянок лопатки. Схема руху охолоджувача в лопатках з внутрішнім охолодженням. Конструкції лопаток з внутрішньою системою охолодження. Мікрооребрення каналів внутрішнього охолодження;
- Технології внутрішнього охолодження;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Модульний контроль 1

МОДУЛЬ 2

Змістовний модуль 2. Теплоізоляційні матеріали та особливості охолодження ГТД.

Тема 11. Теплоізоляційні матеріали, пластмаси, гуми.

- Види теплоізоляційних матеріалів, пластмас, резин, що використовуються в теплоенергетиці. Їх властивості і призначення. Прокладкові матеріали;
- Теплоізоляційні матеріали;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 12. Низькотемпературна теплоізоляція.

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

- Низькотемпературна теплоізоляція;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 13. Вплив низьких температур на властивості сталей і сплавів.

- 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;
- Вплив низьких температур на властивості сталей і сплавів;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 14. Конструкторські та технологічні заходи теплового захисту ПД.

- Тепловий захист поршнів ПД, випускних клапанів, гільз та головок циліндрів. Адіабатний двигун. Технологічні рішення ТЗ ПД;
- Конструкторські та технологічні заходи теплового захисту ПД;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 15. Тепловий стан газотурбінного двигуна (ГТД).

- Теплове навантаження ГТД. Шляхи підвищення параметрів ГТД. Тепловий баланс ГТД. Теплові потоки в ГТД. Температурний стан деталей ГТД;
- Тепловий стан газотурбінного двигуна;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Тема 16. Особливості системи охолодження ГТД

- 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 витрачення повітря на охолодження двигуна;
- Особливості системи охолодження ГТД;
- Опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача, підготовка до модульних контрольних робіт.

Модульний контроль 2

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.

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 освіти

8.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Активність під час аудиторної роботи	0…1	8	0…8
Виконання і захист лабораторних/практичних робіт	0…2	6	0…12
Модульний контроль	0…20	1	0…20
Змістовний модуль 2			
Активність під час аудиторної роботи	0…1	8	0…8
Виконання і захист лабораторних/практичних робіт	0…2	6	0…12
Модульний контроль	0…26	1	0…20
Виконання і захист РР	0…20	20	0…20
Усього за семестр			**0…100**

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань, кожне з яких оцінюється максимально в 50 балів.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою
	Іспит
90 – 100	Відмінно
75 – 89	Добре
60 – 74	Задовільно
0 – 59	Незадовільно

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74) – мати мінімум знань і умінь для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати індивідуальне завдання. Орієнтуватися в матеріалі курсу, знати основні види теплового захисту, особливості систем охолодження та методи їх розрахунку.

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. Вміти провести розрахунок системи охолодження теплових двигунів та енергетичних установок.

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 теплогідравлічні процеси в системах охолодження ЛА та ЕУ.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов’язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом

заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчестності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/).

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

- 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.

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням: https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8065

11. Рекомендована література

Базова

1. Основи конвективного теплообміну: метод. вказівки до практ. занять / уклад.: Н.А. Панченко, А.А. Халатов. – К: НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», 2017. – 32 с.
2. 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.
3. Теплові розрахунки електричних машин: навч. посібник за галуззю знань 14 – електрична інженерія/ М. О. Осташевський, О. М. Петренко, О. Ю. Юр’єва – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2020. - 450 с.
4. Система теплового захисту космічних кораблів. Арланов В. В., Науменко О. Г. НТУ «Дніпровська політехніка». 78 Науково-технічна конференція "Тиждень студентської науки", 2024.

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. Supersonic cooling technology of gas turbine air. Baghirov A.N. Azerbaijan State Oil and Industry University, 2024. P. 79-87 c. DOI: 10.33070/etars.4.2024.06
4. Enhanced Internal Cooling of Turbine Blades and Vanes. Je-Chin Han, Lesley M. Wright. Turbine Heat Transfer Laboratory Department of Mechanical Engineering Texas A&M University College Station, Texas 77843-3123, USA. Режим доступу (28.08.2024) https://netl.doe.gov/sites/default/files/gas-turbine-handbook/4-2-2-2.pdf

.

12. Інформаційні ресурси

https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8065