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

Кафедра «Аерокосмічної теплотехніки» (№ 205)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
_____ П. Г. Гакал
(підпис) (ініціали та прізвище)

«_31_» ____08_____ 2026 р.

СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Системи забезпечення теплового режиму

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво
(шифр і найменування галузі знань)
Спеціальність: G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією). G4.02 Теплоенергетика
(код та 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 01.09.2026 року

Харків – 2026 р.

Розробник: Проф. каф. 205, д-р техн. наук, проф. Павло ГАКАЛ _____
(посада, науковий ступінь і вчене звання ім'я та прізвище) (підпис)

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

Протокол № 1 від «24» серпня 2026 р.

В. о. зав. кафедри канд. техн. наук, доцент _____ Костянтин ЄПІФАНОВ
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

_____ Микола ГУМАНОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Гакал Павло Григорович.

Посада: професор каф. аерокосмічної теплотехніки.

Науковий ступінь: д-р техн. наук.

Вчене звання: професор.

Перелік дисциплін, які викладає:

- моделювання та розрахунок процесів в енергетичних системах;
- системи забезпечення теплового режиму.

Напрями наукових досліджень: інженерний синтез теплоенергетичних систем об'єктів аерокосмічної техніки.

Контактна інформація: +38 (097) 441-85-78, p.gakal@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС/120 годин (48 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 16; СРЗ – 72).
Види навчальної діяльності	Лекції та практичні заняття, самостійна робота.
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит.
Пререквізити	Технічна термодинаміка, тепломасообмін, прикладна гідрогазодинаміка.
Кореквізити	Обчислювальна гідромеханіка
Постреквізити	Моделювання та розрахунок теплоенергетичних систем.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання .

Мета – *формування системи знань, способів діяльності та творчих здібностей з основних теоретичних положень системного підходу до створення складних теплоенергетичних систем, моделювання теплогідравлічних процесів в складних системах, оптимізації теплоенергетичних систем, а також засвоєння вмінь які б дозволяли на практиці реалізувати ці знання.*

Завдання – *вивчення системного аналізу, математичного моделювання теплогідравлічних процесів в складних теплоенергетичних системах та методів оптимізації; вміння розроблювати, застосовувати та удосконалювати математичні моделі та використовувати їх для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній, аерокосмічній галузях.*

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності:

- *Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.*
- *Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.*

Спеціальні компетентності

- *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 управляти робочими процесами та приймати ефективні рішення у сфері теплоенергетики, беручи до уваги соціальні, економічні, комерційні, правові та екологічні аспекти.*
- *Здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик.*
- *Здатність моделювати теплові, гідродинамічні процеси в енергетичних системах, у тому числі з використанням сучасних обчислювальних методів.*
- *Здатність до системного аналізу, математичного моделювання системних теплогідравлічних процесів та оптимізації складних теплоенергетичних систем.*

Програмні результати навчання:

- *Аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до обраного напряму теплоенергетики.*
- *Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики.*
- *Розробляти і досліджувати, 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.*
- *Приймати ефективні рішення, використовуючи сучасні методи та інструменти порівняння альтернатив, оцінювання ризиків та прогнозування.*
- *Оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики.*
- *Аналізувати технологічні схеми і показники ефективності теплоенергетичних систем, що використовуються в авіаційно-космічній техніці, двигунах, системах тепло- та холодопостачання, кондиціонування.*
- *Вирішувати практичні задачі з тепло- масообміну, теплонапруженого стану з використанням сучасних обчислювальних методів та прикладного комп'ютерного забезпечення.*
- *Розробляти математичні моделі теплогідравлічних процесів в складних енергетичних системах, у тому числі в системах охолодження двигунів, терморегулювання космічних апаратів, оптимізувати системи.*
- *Застосовувати моделі теплогідравлічних процесів в багатофазному середовищі для вирішення інженерних задач.*

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. «Забезпечення теплових режимів літальних апаратів, енергоустановок, технологічних процесів».

Тема 1. Вступ.

- *Ознайомлення з системами забезпечення теплового режиму (СЗТР), їхнім призначенням і сферами застосування, способами забезпечення теплових режимів, класифікація СЗТР.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує матеріали.*

Тема 2. Технічні вимоги до СЗТР. Критерії та показники ефективності СЗТР.

- *Ознайомлення з технічними вимогами, що висуваються до СЗТР, критеріями і показниками ефективності СЗТР, задачами проектувального розрахунку і розрахунку характеристик СЗТР.*
- *Практичні заняття: розв'язання задач з формування показників ефективності СЗТР.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує матеріали лекції, вирішує практичні задачі.*

Тема 3. СЗТР та навколишнє середовище.

- *Ознайомлення з внутрішніми і зовнішніми джерелами тепла об'єктів аерокосмічної техніки, рівноважною температурою, засобами регулювання температурного режиму.*
- *Практичні заняття: розв'язання задач з визначення складових теплопритоку до космічного апарату.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує матеріали лекції, вирішує практичні задачі, готується до модульного контролю.*

Модульний король 1.

Змістовний модуль 2. Системний підхід до проектування СЗТР. Математичне моделювання СЗТР. Оптимізація СЗТР.

Тема 4. Системний підхід при проектуванні СЗТР. Підсистеми переносу теплоти.

- *Ознайомлення з етапами системного підходу, класифікацією підсистем переносу тепла, показниками ефективності підсистем переносу тепла, теплоносіями конвективних підсистем теплопереносу.*
- *Практичні заняття: розв'язання задач з визначення показників ефективності підсистем переносу тепла.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує матеріали лекції, вирішує практичні задачі.*

Тема 5. Конвективні підсистеми переносу теплоти.

- *Ознайомлення з конвективними підсистемами перенесення тепла з рідким, газоподібним та двофазним теплоносієм, підсистеми перенесення*

тепла із здійсненням прямого термодинамічної циклу, термосифонами, тепловими трубами.

- Практичні заняття: розв'язання задач з визначення інтегральних параметрів підсистем переносу тепла.

- Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує матеріали лекції, вирішує практичні задачі.

Тема 6. Математичне моделювання теплогідравлічних процесів в СЗТР.

- Ознайомлення з загальними принципами математичного моделювання СЗТР, ієрархічною структурою моделей СЗТР, вимогами до математичних моделей, системою рівнянь для моделювання СЗТР, математичними моделями елементів СЗТР.

- Практичні заняття: розв'язання задач з побудови системи рівнянь СЗТР.

- Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує матеріали лекції, вирішує практичні задачі.

Тема 6. Оптимізація СЗТР

- Ознайомлення з методами однопараметричної та багатопараметричної оптимізація.

- Практичні заняття: розв'язання задач з однопараметричної та багатопараметричної оптимізація СЗТР.

- Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує матеріали лекції, вирішує практичні задачі, готується до модульного контролю.

Модульний король 2.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

7. Методи контролю

Контроль виконується у вигляді поточного семестрового контролю під час здачі змістовних модулів.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Таблиця 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
Модульний контроль	0…40	1	0…40
Змістовний модуль 2			
Активність під час аудиторної роботи	0…1	8	0…8
Модульний контроль	0…44	1	0…44
Усього за семестр:			0…100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту.

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

Білет для іспиту складається з 4 теоретичних, у відповідності до модуля, та двох практичних завдань. Максимальна сума балів за теоретичні запитання є 60, за практичні – 40 балів.

Таблиця 8.2 – Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Задовільно (60-74) – мати знання та вміння для забезпечення програмних результатів навчання. Написати дві модульні роботи. Знати базові способи забезпечення теплового режиму, технічні вимоги до СЗТР, критерії та показники ефективності СЗТР; знати внутрішні та зовнішні джерела теплоти на космічних апаратах, рівняння законів збереження, адаптованих до умов моделювання СЗТР, загальні методи оптимізації.

Уміти: визначати та формулювати показники та критерії ефективності СЗТР, розраховувати внутрішні та зовнішні джерела теплоти на космічних апаратах,

розробляти математичні моделі теплогідравлічних процесів в елементах СЗТР та всієї СЗТР в цілому, проводити параметричну оптимізацію відносно одного параметру.

Добре (75-89) – мати знання та вміння для забезпечення програмних результатів навчання. Написати дві модульні роботи. Додатково до вимог, які визначено для отримання задовільної оцінки уміти: під керівництвом викладача розробляти математичні моделі теплогідравлічних процесів для всієї СЗТР, проводити багатопараметричну оптимізацію з використанням розроблених моделей СЗТР.

Відмінно (90-100) – мати знання та вміння для забезпечення програмних результатів навчання. Написати дві модульні роботи. Додатково до вимог, які визначено для отримання задовільної та доброї оцінки уміти: самостійно виконувати огляд літератури та вміти використовувати отриману інформацію для удосконалення СЗТР, математичних моделей теплогідравлічних процесів в СЗТР.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування лабораторних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати лабораторні 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 шляхом підготовки звіту з лабораторної роботи.

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

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
- Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням: https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1223

11.Рекомендована література

Базова

1. Системи забезпечення теплового режиму [Елект. ресурс]/ Г. О. Горбенко, П. Г. Гакал. – Навч. посібник.
2. Міца О. В., Лавер В. О. Системний аналіз: навч. - метод. посіб. / О.В. Міца, В.О. Лавер. – Ужгород : вид-во ПП «АУТДОР - ШАРК», 2021. – 63 с.

Допоміжна

1. Теплові насоси та їх використання [Текст]: навч. посіб./М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
2. Жалдак М. І., Триус Ю. В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. - Черкаси: Брама-Україна, 2005. - 608 с.
3. Л.Р. Ладієва. Оптимізація технологічних процесів.: Навчальний посібник. - К.: НМЦ ВО, 2003.- 206 с.

12.Інформаційні ресурси

1. https://webbook.nist.gov/chemistry/fluid/