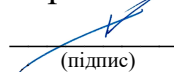


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Аерокосмічної теплотехніки» (№ 205)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

П. Г. Гакал

(ініціали та прізвище)

« 31 » _____ 08 _____ 2023 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Системи забезпечення теплового режиму

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 Електрична інженерія

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 144 Теплоенергетика

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Інжиніринг та експлуатація теплоенергетичних систем

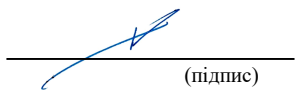
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

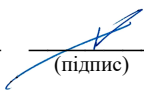
Силабус введено в дію з 01.09.2023 року

Харків – 2023 р.


Розробник: Гакал П. Г., д.т.н., доц. 
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

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

Протокол № 1 від «31» серпня 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., доцент П.Г. Гакал
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

здобувач Д. Волжин
(підпис) (ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Гакал Павло Григорович, д.т.н., доцент. З 2004 року викладає в університеті наступні дисципліни:

- технічна термодинаміка;
- системи забезпечення теплового режиму;
- методи програмування на ЕОМ;

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

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1 семестр.

Обсяг дисципліни:

4 кредити ЄКТС (120 годин), у тому числі аудиторних – 48 годин, самостійної роботи здобувачів – 72 години.

Форми здобуття освіти

Денна, дистанційна.

Дисципліна – обов'язкова.

Види навчальної діяльності – лекції, самостійна робота здобувача.

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

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – технічна термодинаміка, тепломасообмін, прикладна гідрогазодинаміка.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – обчислювальна гідромеханіка.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни.

Вивчення навчальної дисципліни «Системи забезпечення теплового режиму» полягає в формуванні системи знань, способів діяльності та творчих здібностей з основних теоретичних положень про системний підхід 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 теплогідрравлічних 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.

Після опанування дисципліни здобувач набуде наступні **компетентності**:

- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- 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 теплогідрравлічних процесів та оптимізації складних теплоенергетичних систем.

Очікується, що після опанування дисципліни здобувачем будуть досягнуті наступні **результати навчання** і він буде:

- 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, 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. Предмет і метод дисципліни та її значення для формування спеціалістів зі спеціальності «Теплоенергетика».

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2-4 години.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2-5 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Що таке система забезпечення теплового режиму (СЗТР)? Призначення і сфери застосування СЗТР. Приклади СЗТР. Цілі вивчення дисципліни. Задачі, що вирішуються СЗТР. Способи забезпечення теплових режимів. Класифікація СЗТР. Класифікація за функціональною ознакою; за способом терморегулювання; за принципом дії; за особливостям технічної та схемної реалізації елементів і підсистем.

Тема 2. Проектувальний розрахунок, розрахунок характеристик СЗТР

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-5 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 15-20 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Технічні вимоги, що висуваються до СЗТР. Загальні вимоги. Функціональні вимоги. Фізико-технічні вимоги. Експлуатаційні вимоги. Критерії і показники ефективності СЗТР. Формалізовані показники ефективності. Неформалізовані та важкоформалізовані показники ефективності. Згортка показників ефективності. Задачі проектувального розрахунку і розрахунку характеристик СЗТР. Статичні та динамічні характеристики СЗТР.

Тема 3. СЗТР та навколишнє середовище.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-5 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 15-20 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Структура СЗТР. СЗТР і навколишнє середовище. Засоби регулювання теплового режиму. Внутрішні і зовнішні джерела (стік) тепла на космічних апаратах. Променева енергія від Сонця. Власне випромінювання планет та Землі. Нагрівання сонячною енергією, віддзеркаленою поверхнею планети. Нагрівання за рахунок переопромінення елементами КА. Нагрівання КА при зіткненні з молекулами і атомами атмосфери. Визначення температури космічних апаратів без внутрішнього тепловиділення. Рівноважна температура. Засоби регулювання температурного режиму. Фізичне та математичне моделювання.

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

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

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-6 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-8 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Основні етапи системного підходу. Підсистеми переносу теплоти. Класифікація підсистем переносу тепла. Показники ефективності підсистем переносу тепла. Кондуктивні ППТ. Теплові мости. Теплоізолятори. Екранно-вакуумна

теплоізоляція. Конвективні підсистеми переносу тепла. Теплоносії конвективних підсистем теплопереносу. Газоподібні теплоносії. Рідкі теплоносії. Двофазні теплоносії.

Тема 5. Конвективні підсистеми переносу теплоти.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-6 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-8 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Конвективні підсистеми перенесення тепла (ППТ) з однофазним теплоносієм. Замкнені конвективні підсистеми перенесення теплоти з рідким теплоносієм. Розірвані конвективні ППТ з рідким і газоподібним теплоносієм. Замкнені контури теплопереносу з двофазним теплоносієм. Підсистеми перенесення тепла із здійсненням прямого термодинамічної циклу. Термоциркуляційна контури. Термосифони. Теплові труби.

Тема 6. Математичне моделювання теплогідравлічних процесів в СЗТР.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6-8 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 20-25 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Загальні принципи і етапи математичного моделювання СЗТР. Ієрархічна структура моделей СЗТР. Вимоги до математичних моделей для системного підходу щодо створення СЗТР. Основне рівняння теплового стану об'єкта. Математичне моделювання розгалужених СЗТР. Система рівнянь для моделювання СЗТР. Ідеалізовані елементи (контрольний об'єм, гілка, тепловий вузол, тепловий провідник). Нодалізаційна схема. Рівняння законів збереження для ідеалізованих елементів. Математичні моделі елементів СЗТР (насос, трубопровід, теплообмінник, тепловий та гідравлічний акумулятор та ін.).

Тема 6. Оптимізація СЗТР

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-6 годин.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 15-20 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Методи оптимізації. Класифікація методів оптимізації. Безградієнтні методи оптимізації. Метод половинного ділення. Метод «золотого» розтину. Метод Пауела. Градієнтні методи оптимізації. Метод Ньютона-Рафсона. Метод січних.

Багатопараметрична оптимізація. Метод спряжених напрямків Пауела. Симплекс метод. Приклади оптимізації.

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

Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів	
Змістовний модуль 1				
Робота на лекціях	0...1	8	0	8
Модульний контроль	30...40	1	30	40
Змістовний модуль 2				
Робота на лекціях	0...1	8	0	8
Модульний контроль	30...44	1	30	44
Усього за семестр:			60	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.

Якісні критерії оцінювання

Для отримання позитивної оцінки студент повинен отримати знання, які дозволять розробляти математичні моделі теплогідрравлічних процесів в теплоенергетичних об'єктах та застосовувати їх при проектуванні.

Студент повинен вміти:

- знати та вміти застосовувати основні етапи системного підходу;
- знати класифікацію СЗТР, основні типи СЗТР, показники та критерії ефективності;
- знати стратегії згортки показників ефективності;
- розраховувати характеристики СЗТР;
- визначати внутрішні і зовнішні джерела (стік) тепла на космічних апаратах;
- розробляти математичні моделі теплогідрравлічних процесів як окремих елементів СЗТР, так і системи в цілому;
- проводити оптимізацію системи як відносно одного, так і декількох параметрів.

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Здати тестування.

Знати 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 теплогідрравлічних процесів в елементах СЗТР та всієї СЗТР в цілому, проводити параметричну оптимізацію відносно одного параметру.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум. Уміти: розробляти математичні моделі теплогідрравлічних процесів для всієї СЗТР. Проводити багатопараметричну оптимізацію з використанням розроблених моделей СЗТР.

Відмінно (90-100). Здати всі модулі з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

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

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_the_mes_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. А. 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.

