

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

Кафедра «Аерокосмічної теплотехніки» (№ 205)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

Павло ГАКАЛ
(ініціали та прізвище)

« 29 » _____ 08 _____ 2025 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

(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)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 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 «20» серпня 2025 р.

В. о. зав. кафедри канд. техн. наук, доцент
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Костянтин ЄПІФАНОВ
(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

здобувач


(підпис)

Микола ГУМАНОВ
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Гакал Павло Григорович.

Посада: професор каф. аерокосмічної теплотехніки.

Науковий ступінь: д-р техн. наук.

Вчене звання: доцент.

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	2
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС/120 годин (48 аудиторних, з яких: лекції – 24, практичні – 24; СРЗ – 72).
Види навчальної діяльності	Лекції та практичні заняття, самостійна робота.
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит.
Пререквізити	Гідрогазодинаміка, тепловий захист енергоустановок та літальних апаратів, системи забезпечення теплового режиму
Кореквізити	Системи забезпечення теплового режиму (КП)
Постреквізити	Дипломне проектування.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни.

Мета – формування системи знань, способів діяльності та творчих здібностей з математичних методів моделювання процесів в двофазному середовищі, створення та удосконалення математичних моделей теплогідравлічних процесів в енергетичних системах, а також засвоєння вмінь які б дозволяли на практиці реалізувати ці знання.

Завдання – вивчити основні положення багатофазного середовища, теплогідравлічних процесів в багатофазному середовищі, вміти використовувати їх для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності

Після закінчення цієї програми здобувач буде здатен:

- До розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- До абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Спеціальні компетентності

Після закінчення цієї програми здобувач буде здатен:

- 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.
- Застосовувати релевантні математичні методи для розв'язання складних задач в теплоенергетиці.
- Моделювати теплові, гідродинамічні процеси в енергетичних системах у тому числі з використанням сучасних обчислювальних методів.

Програмні результати навчання:

Після закінчення цієї програми здобувач буде здатен:

- Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові методи розв'язання складних задач теплоенергетики.
- Розробляти і досліджувати, математичні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність.
- Вирішувати практичні задачі з тепло- масообміну, теплонапруженого стану з використанням сучасних обчислювальних методів та прикладного комп'ютерного забезпечення.
- Застосовувати моделі теплогідравлічних процесів в багатофазному середовищі для вирішення інженерних задач.

4. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Багатофазні потоки.

Змістовний модуль 1. Основні поняття багатофазного середовища. Рівняння механіки багатофазного середовища.

Тема 1.

- *Предмет і метод дисципліни та її значення для формування фахівців зі спеціальності «Теплоенергетика».*
- *Приклади застосування двофазних середовищ. Терміни та визначення.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує лекційні матеріали.*

Тема 2. Режимы течії.

- *Основні поняття багатофазного середовища.*
- *Класифікація режимів течії.*
- *Карти режимів течії для горизонтальної течії, вертикальної підйомної та вертикальної опускної течії.*
- *Фазові перетворення та рівновага фаз.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує лекційні матеріали. На практичних заняттях розв'язує задачі з визначення режимів течії двофазного середовища.*

Тема 3. Рівняння механіки суцільного багатофазного середовища

- *Рівняння збереження для складових гетерогенного середовища.*
- *Дифузійне наближення для гомогенних сумішей.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує лекційні матеріали.*

Тема 4. Математичний опис багатофазного середовища.

- *Особливості математичного опису багатофазного середовища.*
- *Міжфазний обмін імпульсом і енергією.*
- *Термодинамічні рівняння стану фаз.*
- *Схема силової взаємодії та спільного деформування фаз.*
- *Робота внутрішніх сил.*
- *Система рівнянь руху багатофазної суміші в'язких стислих фаз з загальним тиском.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує лекційні матеріали. На практичних заняттях розв'язує задачі з формування системи рівнянь багатофазного середовища, готується до модульного контролю.*

Модульний король 1.

Змістовний модуль 2. Моделі теплогідравлічних процесів. Емпіричні методи розрахунку втрат тиску.

Тема 5. Корелюючи параметри.

- *Параметр двофазності.*
- *Параметр Локарта-Мартініеллі.*
- *Параметр Барокші.*
- *Параметр Чізхольма і Сазерленда.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує лекційні матеріали. На практичних заняттях розв'язує задачі з розрахунку корелюючих параметрів.*

Тема 6. Модель гомогенної течія.

- *Коефіцієнт тертя для гомогенної течії.*
- *Місцеві втрати тиску.*
- *Співвідношення для істинного об'ємного паровмісту.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує лекційні матеріали. На практичних заняттях розв'язує задачі з визначення коефіцієнтів тертя, об'ємного паровмісту.*

Тема 7. Модель роздільної течія.

- *Модель роздільних циліндрів.*
- *Співвідношення Локкарта-Мартініеллі.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує лекційні матеріали. На практичних заняттях розв'язує задачі з визначення коефіцієнтів тертя, об'ємного паровмісту.*

Тема 8. Модель змішаної течії.

- *Кореляція Барокші.*
- *Співвідношення Чізхольма і Сазерленда.*
- *Співвідношення для істинного об'ємного паровмісту.*
- *Під час самостійної роботи здобувач опрацьовує лекційні матеріали. На практичних заняттях розв'язує задачі з визначення коефіцієнтів тертя, об'ємного паровмісту, готується до модульного контролю.*

Модульний король 2.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачені

6. Методи навчання

Навчання проводиться в аудиторній формі (лекції) та самостійно.

7. Методи контролю

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

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

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			
Робота на лекціях	0...0.5	10	0...5
Модульний контроль	0...42	1	0...42
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0.5	6	0...3
Робота на практичних заняттях	0...1	6	0...6
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 і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Знати емпіричні методи розрахунку втрат тиску в двофазному середовищі. Знати рівняння законів збереження для двофазного середовища. Уміти: застосовувати емпіричні методи для розрахунку втрат тиску у двофазному середовищі.

Добре (75-89) – мати знання і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Додатково до вимог, які визначено для отримання задовільної оцінки уміти самостійно формувати системи рівнянь течії двофазного середовища.

Відмінно (90-100) – мати знання і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Самостійно, вільно та обґрунтовано відповідати на будь яке запитання щодо формування та використання моделей двофазного середовища.

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 недоброочесності. Виявлення ознак академічної недоброочесності 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=&discipline_search=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=1222>

11.Рекомендована література

Базова

1. Основи теплогідрравліки ядерних енергетичних установок. Навч. посібник [Елект. ресурс]/ І.М. Каденко, О.М. Харитонов, Р.В. Єрмоленко. – 420 с.

Допоміжна

1. Шляхові втрати тиску в двофазному потоці [Текст]/ Г. О. Горбенко, П. Г. Гакал. – Навч. посіб. – Харків: Держ. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2007. – 22 с.