

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

Кафедра аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми



(підпис)

Гакал П.Г.

(ініціали та прізвище)

« 1 » вересня 2024 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Обчислювальна гідромеханіка**

(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)**

**Вводиться в дію з «01» вересня 2024 р.**

**Харків – 2024 р.**

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 2024 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: студент групи 268



Ярмак Д.

## 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.
- 

Напрями наукових досліджень:

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

---

## 1. Опис навчальної дисципліни

**Форма навчання** – денна.

**Семестр, в якому викладається дисципліна** – 1.

**Дисципліна обов'язкова.**

**Загальна кількість годин за навчальним планом** – 120 годин/ 4 кредити ЄКТС. **Кількість годин аудиторної роботи** – 40, **самостійної** – 80 години.

**Види занять** – лекції, практичні.

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

**Мова викладання** – українська.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** формування системи знань і розумінь абстрактного мислення, аналізу та синтезу, застосування релевантних математичних методів для розв'язання складних задач в теплоенергетиці, моделювання теплових, гідродинамічних процесів в енергетичних системах з використанням сучасних обчислювальних методів.

**Завдання:** навчитися аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові методи розв'язання складних задач теплоенергетики, розробляти і досліджувати математичні і комп'ютерні моделі, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними і оцінювати їх точність і надійність, вирішувати практичні задачі з тепломасообміну з використанням сучасних обчислювальних методів та прикладного комп'ютерного забезпечення.

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

- 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 моделювати теплові, гідродинамічні процеси в енергетичних системах, у тому числі з використанням сучасних обчислювальних методів.

**Програмні результати навчання:**

- 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;
- вирішувати практичні задачі з тепло- масообміну, теплонапруженого стану з використанням сучасних обчислювальних методів та прикладного комп'ютерного забезпечення.

**Пререквізити:** вища математика, гідрогазодинаміка, технічна термодинаміка, тепломасообмін.

**Кореквізити:** комп'ютерні технології моделювання задач теплофізики, системи забезпечення теплового режиму.

**Постреквізити:** дипломна робота.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1.

#### Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Обчислювальна гідромеханіка»

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

Застосування обчислювальної гідромеханіки та математичного моделювання в сучасному світі. Зміст поняття «обчислювальна гідромеханіка», «математичне моделювання». Інформаційне середовище технічних систем. Роль і місце математичного моделювання в інформаційних технологіях.

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

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

#### Тема 2. Методи моделювання технічних систем

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

Класифікаційні ознаки методів моделювання технічних систем. Математичне моделювання технічних систем. Імітаційне моделювання технічних систем. Інші види моделювання технічних систем.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3-8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 3. Методи розв'язання системи рівнянь Ейлера**

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-6 години.*

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

Панельний метод. Нев'язкі нестисливі течії. Обтікання профілю з піднімальною силою. Нев'язкі стисливі течії рідини. Метод сіток. Одновимірний несталий рух невязкої стисливої рідини. Метод сіток. Неявні схеми для рівнянь Ейлера. Багатосіткові методи розв'язання рівнянь Ейлера.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3-8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 4. Методи розв'язання системи рівнянь примежового шару**

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6-8 години.*

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

Простий явний метод. Метод Дюффорта–Франкела. Метод Кранка–Нікольсона та чисто неявний метод. Метод запізнених коефіцієнтів. Проста ітераційна заміна коефіцієнтів. Екстраполяція коефіцієнтів. Загальні зауваження відносно стійкості неявних методів. Метод Девіса. Перетворення Леві–Ліза. Зв'язана схема Девіса. Блочний метод Келлера та його модифікації. Приклад розрахунку примежового шару. Особливості розрахунків внутрішніх течій.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10-20 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 5. Методи побудови розрахункових сіток**

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 5-6 годин.*

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

Методи теорії функції комплексної змінної. Однокрокове конформне відображення. Алгебраїчні відображення. Найпростіші алгебраїчні відображення. Метод багатьох поверхонь. Методи, що засновані на розв'язанні диференціальних рівнянь. Адаптивні сітки. Варіаційний метод. Методи із заданням швидкості вузлів сітки.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-14 годин.*

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 6. Комп'ютерне моделювання теплогідравлічних процесів**

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-6 годин.*

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

Аналіз сучасних пакетів прикладних програм математичного моделювання. Аналіз сучасних САЕ-систем комп'ютерного моделювання. Типові задачі комп'ютерного моделювання в гідромеханіці. Функціональні можливості сучасних інформаційних систем комп'ютерного моделювання.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 7. Моделі турбулентності**

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-6 годин.*

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

Рівняння Рейнольдса. Деякі відомості про внутрішню структуру турбулентних потоків. Перенос імпульсу, тепла й домішок у турбулентних потоках. Гіпотеза Бусинеска. Теорія “шляху змішування” Прандтля. “Вільна”

турбулентність. Плоскі турбулентні примежові шари. Моделі першого порядку. Тривимірні турбулентні примежові шари. Моделі першого порядку. Моделі другого порядку для плоских турбулентних примежових шарів. “k-w” – модель турбулентності. “k-ε” – модель турбулентності

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 8. Диференціальні рівняння в частинних похідних і їх математична класифікація**

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

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

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

Природа коректно поставленої задачі. Критерії Адамара. Математична класифікація лінійних диференціальних рівнянь другого порядку. Математична класифікація систем лінійних диференціальних рівнянь першого порядку.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5-12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 9. Методи розв'язання систем лінійних і нелінійних алгебраїчних рівнянь**

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-6 години.*

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

Метод Ньютона. Квазіньютонівські методи. Прямі методи розв'язання лінійних систем. Методи прогонки. Ітераційні методи. Загальна структура ітераційних методів. Збіжність ітераційних методів. Особливості розв'язання систем нелінійних рівнянь. Багатосіткові методи.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-12 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

### **Тема 10. Використання методу сіток для розв'язання лінійних модельних рівнянь у частинних похідних**

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4-5 годин.*

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



Найпростіші схеми апроксимації стаціонарного рівняння конвекції–дифузії. Поняття сіткового числа Рейнольдса. Схеми з різницями проти течії підвищеного порядку точності. Нестаціонарне рівняння конвекції–дифузії. Явні схеми. Неявні схеми.

*Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6-14 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.

## **4. Індивідуальні завдання**

«CFD-моделювання теплогідравлічних процесів при русі рідини в каналі».

Згідно з поставленими кожному студенту окремо вихідними даними, розробити математичну модель процесу, побудувати геометрію, створити розрахункову сітку, задати граничні та початкові умови, встановити необхідні параметри чисельної схеми, провести теплогідравлічний розрахунок, проаналізувати результати та оформити звіт.

## **5. Методи навчання**

Словесні, наочні, практичні.

## **6. Методи контролю**

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

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

7.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<i>Модуль 1</i>			
Виконання і захист	0...5	4	0...20

практичних робіт			
Модульний контроль	0...20	1	0...20
<i>Модуль 2</i>			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Виконання Індивідуального завдання	0...20	1	0...20
Модульний контроль	0...20	1	0...20
<b>За семестр</b>			<b>0...100</b>

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

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

## 7.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки: орієнтуватися в матеріалі курсу, знати основні види моделей турбулентності, види сіток, методи розв'язку диференційних рівнянь.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки: вміти будувати розрахункові сітки, використовувати моделі турбулентності.

### **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 основні теми дисципліни. Достатньо знати основні методи моделювання технічних систем, методи розв'язання системи рівнянь Ейлера, моделі турбулентності. Виконати індивідуальне завдання.

*Відмінно (90-100)* – мати знання, що дозволять самостійно, вільно та обґрунтовано відповідати на питання щодо математичного моделювання теплогідравлічних процесів в енергетичних системах, методів розв'язання різних систем рівнянь, методів побудови розрахункових сіток. Виконати індивідуальне завдання та відпрацювати усі практичні заняття.

### **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

## 8. 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.

## 9. 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)

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:  
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2860>

## 10. Рекомендована література

### Базова

1. Обчислювальна гідромеханіка. Примежовий шар та нев'язкі течії: навчальний посібник / В. А. Каліон . – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. – 210 с.
2. Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.
3. Каліон, В. А. Обчислювальна гідромеханіка. Модельні задачі : навчальний посібник / В. А. Каліон . – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2011. – 175 с.

**Допоміжна**

1. Victor Udoewal and Vinod Kumar. Computational Fluid Dynamics. George Washington University, USAID Development Engineer, AAAS Science & Technology Policy Fellow, AAAS, 2009-2011, Mechanical Engineering, University of Texas at El Paso, USA. 2012.

2. Chung T. J. Computational fluid dynamics. University of Alabama in Huntsville. Cambridge University Press 2002. ISBN 0-521-59416-2. P.1012.