

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО
Вченою радою
Інституту технічної теплофізики
НАН України
протокол № 10
від «07» липень 2022 року

Голова вченої ради
Інституту технічної теплофізики
НАН України,
академік НАН України



Ю.Ф. Снежкін
Ю.Ф. Снежкін

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
ПЕРЕНОСУ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОМУ
ОБЛАДНАННІ**

(Шифр за ОП)

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Третій науково-освітній рівень вищої освіти

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

Освітньо-наукова програма 14«Електрична інженерія»

Денна форма навчання

Київ – 2022

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Давиденко Борис Вікторович



Вступ

Програму навчальної дисципліни «**Математичне моделювання процесів переносу в теплоенергетичному обладнанні**» складено відповідно до освітньо-наукової програми 14 «**Електрична інженерія**» третього науково-освітнього рівня вищої освіти спеціальності 144 «Теплоенергетика».

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки.

Статус навчальної дисципліни – вибіркова.

Обсяг навчальної дисципліни 3,0 кредитів ЄКТС.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу базується на таких курсах: «Механіки рідини та газу», «Теплопередача», «Чисельні методи». Курс «**Математичне моделювання процесів переносу в теплоенергетичному обладнанні**» є елементом підготовки спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Основною метою навчальної дисципліни «**Математичне моделювання процесів переносу в теплоенергетичному обладнанні**» є ознайомлення аспірантів третього року навчання з загальними основами чисельного аналізу, методами чисельних досліджень процесів перенесення теплоти, методами розрахунку полів температури в елементах енергетичного обладнання. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно складати скінчено-різницеві рівняння, що моделюють процеси перенесення теплоти в твердих тілах та в потоках теплоносія, будувати розрахункові алгоритми для розв'язання систем скінчено-різницевих рівнянь, аналізувати результати розрахункових досліджень, Аспіранти також повинні навчитися формулювати задачі та проводити чисельні дослідження процесів переносу в теплоенергетичному обладнанні.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗДАТНІСТЬ:

- самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати задачі переносу

теплоти і маси в теплоенергетичному обладнанні;

- самостійно складати скінчено-різницеві рівняння, що моделюють процеси перенесення теплоти в твердих тілах та в потоках теплоносія,
- будувати розрахункові алгоритми для розв'язання систем скінчено-різницевих рівнянь
- обробляти та аналізувати результати розрахункових досліджень.

- Відповідність формування у аспірантів компетентностей:

- ЗК 1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
 - ФК 1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів;
 - ФК 2 Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації одержаних результатів;
 - ФК 5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ЗНАННЯ:

- теоретичних основ чисельних методів дослідження гідродинаміки та процесів перенесення теплоти в теплоенергетичному обладнанні;
- методів чисельного моделювання динаміки рідини та процесів тепломасообміну в теплоенергетичному обладнанні.

УМІННЯ:

- самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі перенесення теплоти в елементах енергетичного устаткування.
- ПРН 9 Вміння застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів, нових матеріалів, речовин і наукоємних технологій.
- ПРН 11 Вміння знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій;
- ПРН 12 Вміння класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики;
- ПРН 13 Вміння організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.

2.Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Особливості чисельного дослідження процесів теплоперенесення і динаміки рідини в теплоенергетичному обладнанні.

Основні поняття методів чисельного аналізу. Загальні характеристики чисельних методів. Означення наближеного розв'язання нелінійного або трансцендентного рівняння. Метод дотичних та метод хорд.

Розділ 1. Чисельні методи математичного аналізу

Тема 1.1. Методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій

Метод скінчених різниць для наближеного визначення похідної. Наближені методи інтегрування функцій.

Тема 1.2. Чисельні методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь

Метод Ейлера та метод Рунге-Кутта для чисельного розв'язання звичайних диференціальних рівнянь. Оцінка точності розв'язання диференціальних рівнянь першого порядку методами Ейлера та Рунге-Кутта.

Розділ 2. Методи чисельного розв'язання рівняння теплопровідності.

Тема 2.1. Скінчено - різницеві схеми апроксимації рівняння теплопровідності

Сіткова модель розрахункової області. Скінчено-різницева апроксимація частинних похідних за часом та за координатами. Похибки апроксимації. Збіжність і стійкість різницевих схем.

Тема 2.2. Чисельне розв'язання рівняння теплопровідності за явною схемою апроксимації

Означення явної схеми апроксимації похідних за координатами. Збіжність і стійкість різницевих схем, що складені за явною схемою. Апроксимація граничних умов.

Тема 2.3. Неявні методи чисельного розв'язання рівняння теплопровідності

Неявні схеми апроксимації похідних за координатами. Метод прогонки для розв'язання системи алгебраїчних рівнянь з тридіагональною матрицею. Чисельне розв'язання одновимірного рівняння теплопровідності методом прогонки.

Розділ 3. Чисельне розв'язання задач гідродинаміки і конвекційного теплообміну

Тема 3.1. Різницеві методи розв'язання рівняння енергії для теплоносія

Апроксимація перших похідних від температури по координатах. Схема апроксимації «проти потоку». Апроксимація других похідних від температури по координатах. Порядок точності апроксимації.

Тема 3.2. Методи розв'язання системи рівнянь Навьє-Стокса

Скінчено-різницева апроксимація рівняння нерозривності та рівнянь переносу імпульсу. Рознесена різницева сітка. Порядок застосування алгоритмів SIMPLE та SIMPLER

3. Заплановані види навчальної діяльності та методи навчання

Заплановані види навчальних занять: лекції, а також консультації.

Під час навчання враховуються фактори, які впливають на навчання аспірантів (наприклад, модель ЗР Джона Біггса), принципи ефективного навчання (наприклад, принципи Чікерінга та Гемпсона) тощо. Навчання здійснюється на основі стратегії взаємодії викладача та аспіранта з метою засвоєння аспірантами матеріалу та розвитку у них практичних навичок. Особлива увага приділяється принципу заохочення аспірантів до активного навчання, у відповідності з яким аспіранти мають працювати над практичними тематичними завданнями, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання.

Під час навчання застосовуються:

- стратегії активного і колективного навчання;
- евристичні методи (методи створення ідей, методи вирішення творчих завдань, методи активізації творчого мислення);
- метод проблемно-орієнтованого навчання;
- системи реагування аудиторії (audience response system).

Під час навчання та для взаємодії з аспірантами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань, а також обладнання (проектор та електронні презентації для лекційних та семінарських занять).

4. Оцінювання результатів навчання

Семестрова атестація проводиться у вигляді диференційного заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система .

5. Рекомендована література

Базова

1. Данилина Н.И., Дубровская Н.С., Кваша О.П., Смирнов Г.Л., Феклисов Г.И. Численные методы. М. Высшая школа. 1976 г. 368. С.
2. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. М.: Физматгиз. 1963. 400 с.
3. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука. 1978. 512 с.
4. Пасконов В. М., Полежаев В. И., Чудов Л. А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена – М. : Наука, 1984. 288 с.
5. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М. : Энергоатомиздат, 1984. 152 с.
6. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен.– М. : "Мир", 1990. Т.2. 392 с.

Допоміжна

1. Крайнов А.Ю., Рыжих Ю.Н., Тимохин А.М. Численные методы в задачах теплопереноса. Томск: Том. ун-т. 2009. 114 с.
2. Бахвалов Н.С. Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения) т.1. М.: «Наука», 1973. 632 с.
3. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики– М. : Наука, 1977. 456 с.