

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ**

ЗАТВЕРДЖЕНО
Вченою радою
Інституту технічної теплофізики
НАН України
протокол № 6
від «25» 03 2021 року



Голова вченої ради
Інституту технічної теплофізики
НАН України,
академик НАН України
Ю.Ф. Снежкін
Ю.Ф. Снежкін

«Спеціальні розділи механіки рідини і газу»

(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 – 2021

Програму навчальної дисципліни «Спеціальні розділи механіки рідин і газу » 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.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, професор

Авраменко Андрій Олександрович

Статус навчальної дисципліни – вибіркова.

Обсяг навчальної дисципліни 3,0 кредитів ЄКТС.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу базується на таких курсах:

Вивчення курсу «Спеціальні розділи механіки рідини і газу» базується на таких курсах: «Механіка рідини і газу», «Фізика», «Турбулентність і нестійкість», «Газодинаміка».

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Спеціальні розділи механіки рідини і газу» можна використовувати в подальшому під час навчання 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 «Спеціальні розділи механіки рідини і газу» є отримання аспірантами знань закономірностей гідродинаміки в складних гідрогазодинамічних процесах. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати задачі гідродинаміки в елементах енергетичного устаткування, робити розрахунки гідродинаміки в елементах перспективних енергетичних установок та сучасного обладнання. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні гідродинамічних процесів в енергетичних системах і нових джерел енергії.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗДАТНІСТЬ

– Самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати задачі гідродинаміки в елементах енергетичного устаткування;

- Самостійно розраховувати гідродинамічні процеси в сучасних та перспективних енергетичних установках;
 - Виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні в гідродинамічних процесах сучасного енергетичного устаткування
 - 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 їхніх результатів;
 - ФК 5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.
- Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- закономірностей в складних гідродинамічних процесах.
- методів розрахунку в складних гідродинамічних процесах.

УМІННЯ:

- самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі гідродинамічних процесів 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

Розділ 1. Базові теореми гідродинаміки та вивід рівнянь Нав'є – Стокса.

Тема 1.1. Базові теореми гідродинаміки.

Перша теорема Гельмгольца. Друга теорема Гельмгольца. Теорема Стокса. Теорема Лагранжа.

Тема 1.2. Вивід рівнянь Нав'є – Стокса. Гипотеза Стокса. Вивід рівнянь Нав'є – Стокса.

Розділ 2. Повзучі течії та методи їх розрахунку.

Тема 2.1. Методи розрахунку повзучих течій. Групи перетворення симетрії (групи Лі). Автомодельні форми та автомодельні рівняння. Метод розділу змінних.

Тема 2.2. Перша та друга задачі Стокса. Перша задача Стокса – отримання автомодельного дифференційного рівняння. Аналітичне рішення. Друга задача Стокса – розділ змінних. Аналітичне рішення.

Тема 2.3. Задача Стокса обтікання сфери. Рівняння Нав'є – Стокса в формі Ламба. Розділ змінних. Аналітичне рішення. Сила Стокса. Вимірювання в'язкості.

Розділ 3. Нестационарні течії та методи їх розрахунку.

Тема 3.1. Методи операційного обчислення. Основи методу операційного обчислення.

Розгінна течія в плоскому каналі. Розгінна течія в круглому каналі.

Тема 3.2. Методи симетрії. *Перехід до автотомодельних форм рівняння руху. Приклади розрахунку течій в каналах різної геометрії.*

Розділ 4. Наближення прикордонного шару та методи розрахунку параболічних течій.

Тема 4.1. Основи теорії прикордонного шару. *Припущення теорії прикордонного шару.*

Вивід рівняння Прандтля.

Тема 4.2. Методи розрахунку параболічних течій. Диференційний метод.

Автотомодельні форми рівняння Прандтля. Інтегральні рівняння прикордонного шару.

Розрахунок прикордонного шару на основі інтегральних рівнянь.

Розділ 5. Течії в каналах і методи їх розрахунку.

Тема 5.1. Основні рівняння руху в каналах. *Рівняння руху в каналах різної геометрії.*

Канали різної геометрії – плоский, круглий, криволінійний, прямокутного перерізу.

Тема 5.2. Методи розрахунку течій в каналі. *Метод рядів Фур'є. Метод операційного обчислення. Метод симетрії. Метод траток Больцмана.*

Розділ 6. Гідродинамічна нестійкість.

Тема 6.1. Форми гідродинамічної нестійкості. *Нестійкість Релея – Бенара. Нестійкість Орра – Зоммерфельда. Відцентрова нестійкість.*

Тема 6.2. Методи дослідження нестійкості. *Метод збурень. Енергетичний метод. Модель Лоренца.*

Розділ 7. Турбулентність.

Тема 7.1. Моделі турбулентності. *Класифікація моделей турбулентності. Побудова ренормалізаційно - групової моделі турбулентності.*

Тема 7.2. Турбулентні течії в пограничному шарі та каналах. *Структура течії. Профілі швидкості. Коефіцієнт тертя та гідравлічного опору.*

Розділ 8. Спеціальні види течій.

Тема 8.1. Пористе середовище. *Закон Дарсі. Закон Форхаймера. Наближення Брінкмана. Профілі швидкості. Коефіцієнт гідравлічного опору.*

Тема 8.2. Нанорідини та мікроканали. *Структура течії. Профілі швидкості. Коефіцієнт тертя та гідравлічного опору.*

3. Заплановані види навчальної діяльності та методи навчання

Заплановані види навчальних занять: лекції, семінарські заняття, 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 студентоцентрованого підходу та стратегії взаємодії викладача та студента з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок. Особлива увага приділяється принципу заохочення студентів 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 екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система .

5. Рекомендована література

Базова

Базова

- 1 Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: Наука, 1974 – 721с.
- 2 Авраменко А.А., Басок Б.И., Дмитренко Н.П., Ковецкая М.М., Тыринов А.И., Давыденко Б.В. Ренормализационно групповой анализ турбулентности. К: ТОВ «Видавничо - поліграфічний центр «Експрес», 2013 – 300с.
- 3 Авраменко А.А., Басок Б.И., Кузнецов А.В. Групповые методы в теплофизике. К: Наукова думка, 2003 – 480с.

Допоміжна

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М: Наука, 1987 – 840с.
2. Рейнольдс А. Дж. Турбулентные течения в инженерных приложениях. – М: Энергия, 1979 – 408с.
3. Хинце И.О. Турбулентность, её механизм и теория. М: Физматгиз, 1963 – 680с.
4. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галёркина. М: Мир, 1088 – 353с.
5. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. М: Наука, 1967 – 720с.
6. McComb W. D. The Physics of Fluid Turbulence. O: Oxford science publications, 1992 – 600p.