

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,
академік НАН України



Ю.Ф. Снежкін
Ю.Ф. Снежкін

**ТЕРМОГАЗОДИНАМІКА ВИХРОВИХ ТА
ЗАКРУЧЕНИХ ПОТОКІВ
В ЕЛЕМЕНТАХ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

(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

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, професор

Халатов Артем Артемович



Вступ

Програму навчальної дисципліни **«Термогазодинаміка вихрових та закручених потоків в елементах енергетичного обладнання»** 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: **«Термодинаміка газового потоку»**, **«Фізика»**, **«Основи конвективного теплообміну»**, **«Газодинаміка»**. Курс **«Термогазодинаміка вихрових та закручених потоків в елементах енергетичного обладнання»** 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 **«Термогазодинаміка вихрових та закручених потоків в елементах енергетичного обладнання»** є отримання аспірантами знань закономірностей теплообміну в складних термогазодинамічних процесах. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі

теплообміну в елементах енергетичного устаткування, робити розрахунки тепловіддачі в елементах перспективних енергетичних установок та сучасного обладнання. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні теплових 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 складні задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування;
- Самостійно робити розрахунки в елементах перспективних енергетичних установок та сучасного обладнання;
- Виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні теплових процесів в енергетичних системах і нових джерел енергії;
- 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 теплообміну в складних термогазодинамічних процесах.
- методів розрахунку теплообміну в складних термогазодинамічних процесах.

УМІННЯ:

- самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі теплообміну 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 організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.

2.Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Теплові процеси в енергетичних установках

Розділ 1. Теплообмін в закручених потоках.

Тема 1.1. Характеристика закрученого потоку.

Особливості закрученого потоку. Способи закрутки течії. Фізична подoba течій з початковою закруткою. Локальний та інтегральний параметри закрутки потоку

Тема 1.2. Теплообмін та гідродинаміка закручених потоків.

Теплообмін та гідродинаміка біля завихрювача. Квазітурбулентний режим. Енергія закрученого потоку та гідравлічний опір в трубах.

Розділ 2. Теплообмін в каналах, що обертаються.

Тема 2.1. Теплообмін течії в каналах, що обертаються навколо своєї осі.

Особливості структури потоку. Стійкість та фізична подoba в каналах, що обертаються навколо своєї осі. Теплообмін та гідравлічний опір в трубах, що обертаються навколо своєї осі.

Тема 2.2. Теплообмін та гідравлічний опір в трубі, що обертається радіально.

Особливості структури течії в трубі, що обертається радіально. Сила Кориоліса. Фізична подoba. Теплообмін та гідравлічний опір в трубі, що обертається радіально

Тема 2.3. Теплообмін в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються.

Стійкість потоку в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються. Структура потоку. Фізична подoba. Теплообмін та гідравлічний опір.

Розділ 3. Теплообмін в каналах енергетичних установок.

Тема 3.1 Теплообмін в каналах енергетичних установок

Відрив потоку за уступом. Тепловіддача у відривних зонах. Плівкове охолодження на пласкій поверхні. Пористе охолодження

Тема 3.2. Сопло Лаваля

Одно- та двофазна течія (газ-тверді частинки) в соплах Лаваля.

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

- 1 Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков. К.: Наукова Думка, 1989, 200с.
1. Халатов А.А., Шевчук И.В., Авраменко А.А. и др. Термогазодинамика сложных потоков около криволинейных поверхностей. К.: Изд.ИТТФ

НАНУ, 1999, 300 с.

2. Халатов А.А., Авраменко А.А., Шевчук И.В. Теплообмен и гидродинамика около криволинейных поверхностей. К.: Наукова Думка, 1992, 135 с.

Допоміжна

1. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М.: Машиностроение, 1982, 240 с.
2. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М.: Машиностроение, 1982, 240 с.
3. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М.: Машиностроение, 1982, 240 с.
4. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М.: Машиностроение, 1982, 240 с.
5. Халатов А.А. и др. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 9: Теплообмен и гидродинамика при циклонном охлаждении лопаток газовых турбин. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 2010, 317 с.
6. Халатов А.А., Борисов И.И., Шевцов С.В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 5: Теплообмен гидравлическая эффективность вихревых и закрученных потоков. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 2005, 500 с.
7. Доник Т.В., Письменный Д.Н. Теплообмен и гидродинамика закрученных и вихревых потоков в каналах. К.: Наукова Думка, 2014, 188 с.
Rao Yu, Biegger C., Weigand B. Flow and heat transfer measurements in swirl tubes with one and multiple tangential inlet jets for internal gas turbine blade. Internal Journal Heat and Mass Transfer, 73, 2018, p.174-187
8. Hamza Fawzy, Qun Zheng, and Naseem Ahmad. Effect of slot area ratio and slot angle on swirl cooling in a gas turbine blade leading edge. Journ. Aerospace Eng., 2020, 33(5): 04020046 (1-13).
9. Gang Lin, Karsten Kusterer, et al. Investigation on heat transfer enhancement and pressure loss of double swirl chambers cooling. Propulsion and Power Research, 2013, 2(3), p.177-187