

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Інституту технічної теплофізики

НАН України

протокол № 8

від «31» 05 2022 року

Голова вченої ради

Інституту технічної теплофізики

НАН України,

академік НАН України


Ю.Ф. Снежкін



Теплообмін в елементах енергоустановок

(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

Вступ

Програму навчальної дисципліни «**Теплообмін в елементах енергоустановок**» 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

Халатов Артем Артемович

Статус навчальної дисципліни – вибіркова.

Обсяг навчальної дисципліни 6,0 кредитів ЄКТС.

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

Термодинаміка газового потоку», «Фізика», «Основи конвективного теплообміну», «Газодинаміка». Курс «Теплообмін в елементах енергоустановок» 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 «Теплообмін в елементах енергоустановок» є отримання аспірантами знань в області методів розрахунку складних теплофізичних процесах. Курс «Теплообмін в елементах енергоустановок» складається з двох розділів: «Теплоенергетика» та «Термогазодинаміка систем охолодження газових турбін». В першому розділі розглядається структура світової енергетики та енергетики України, зокрема, стан та перспективи використання газових турбін в енергетиці та державна організація в цій царині наукових досліджень. У другому розділі наведені засади та перспективи застосування газотурбінних двигунів в енергетиці, внутрішні та зовнішні системи охолодження лопаток високотемпературних газових турбін, аналіз сучасних і експериментальних систем охолодження лопаткового апарату газових турбін. Прослухавши курс

аспіранти повинні вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати 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 організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.

2.Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Системи охолодження газових турбін.

Тема 0. Вступ.

Тема 1.1.Газові турбіни та тенденції їх розвитку. .

Тема 1.2.Системи охолодження високотемпературних газотурбінних двигунів і газотурбінних установок. .

Розділ 2 Внутрішнє охолодження лопаток газових турбін

Тема 2.1 Технології внутрішнього охолодження.

Тема 2.2 Зовнішній теплообмін. .

Тема 2.3. Циклонне та вихрове охолодження. .

Розділ 3 Зовнішнє охолодження лопаток газових турбін

Тема 3.1. Зовнішнє плівкове охолодження. .

Тема 3.2. Розрахунок плівкового охолодження.

Тема 3.3. Профільовані отвори.

Тема 3.4. Антивихорові отвори. .

Тема 3.5. Отвори в поверхневих заглибленнях. .

Тема 3.6. Всерединістіночне охолодження. .

Тема 3.7. Узагальнення проблематики.

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 3Р 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. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. [Текст] /А.А. Иноземцев, М.А. Нехамкин, В.Л. Сандрацкий. — М.: Машиностроение, 2008. — Т. 2. — 366 с.
2. Теорія теплових двигунів. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл./ Терещенко Ю. М. [та ін.] ; за ред. проф. Ю. М. Терещенка. - К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту "НАУ-друк", 2009. - 327 с.
3. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2.
4. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .– Киев: НТУУ «КПИ», Изд-во «Политехника», 2016. Т. 10 Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с.– ISBN 978-966-622-785-3.
5. Теплообмен и гидродинамика при циклонном охлаждении лопаток газовых турбин / А.А. Халатов, В.В. Романов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Д. Северин / Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, 2010. Т. 9. – 317 с.– ISBN 978-966-02-5694-1.

Допоміжна

1. Han Je-Chin. Gas turbine heat transfer and cooling technology. Second Edition/ Je-Chin Han, Sandip Dutta, Srinath Ekkad // CRC Press/Taylor & Francis, 2013. – 869 pages. ISBN 9781439855683
2. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов/ В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. – М.: Машиностроение, 1985. – 216 с.
3. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей [Текст] / Под ред. С.М. Шляхтенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1987. — 568 с.
4. Репухов В.М. Тепловая защита стенки вдувом газа [Текст] / В.М. Репухов. — Киев: Наукова Думка, 1977. — 216 с.
5. Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы [Текст] / Э.П. Волчков. — Новосибирск : Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983. — 240с.