



Теплообмін в елементах енергоустановок
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Третій (освітньо-науковий)

Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія¹</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>Теплообмін в елементах енергоустановок</i>
Статус дисципліни	<i>Професійна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній, весняний</i>
Обсяг дисципліни	<i>180 годин лекційні заняття :32 години семінарські заняття: 28 годин самостійна робота аспіранта: 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>2 заліки 1 іспит</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор, академік НАН України, Халатов Артем Артемович, Artem.Khalatov1942@gmail.com, Семінарські: д.т.н., професор, академік НАН України, Халатов Артем Артемович, Artem.Khalatov1942@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

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

¹ В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану. Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

² Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

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
Відповідність формування у аспірантів компетентностей:

ЗДАТНІСТЬ:

- Формулювати, аналізувати і вирішувати задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування;
- Розраховувати теплові процеси в сучасних та перспективних енергетичних установках;
- 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 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. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення курсу «Теплообмін в елементах енергоустановок» базується на таких курсах:

«Термодинаміка газового потоку», «Фізика», «Основи конвективного теплообміну», «Газодинаміка».

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Теплообмін в елементах енергоустановок» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Системи охолодження газових турбін.

Тема 0. Вступ. (2 год)

Тема 1.1. Газові турбіни та тенденції їх розвитку. . (2 год)

Тема 1.2. Системи охолодження високотемпературних газотурбінних двигунів і газотурбінних установок. . (2 год)

Розділ 2 Внутрішнє охолодження лопаток газових турбін

Тема 2.1 Технології внутрішнього охолодження. . (4 год)

Тема 2.2 Зовнішній теплообмін. . (2 год)

Тема 2.3. Циклонне та вихрове охолодження. . (2 год)

Розділ 3 Зовнішнє охолодження лопаток газових турбін

Тема 3.1. Зовнішнє плівкове охолодження. . (4 год)

Тема 3.2. Розрахунок плівкового охолодження. . (4 год)

Тема 3.3. Профільовані отвори. . (2 год)

Тема 3.4. Антивихорові отвори. . (2 год)

Тема 3.5. Отвори в поверхневих заглибленнях. . (2 год)

Тема 3.6. Всерединістіночне охолодження. . (2 год)

Тема 3.7. Узагальнення проблематики. . (2 год)

4. Навчальні матеріали та ресурси

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.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1.	<p>Системи охолодження газових турбін.</p> <p>Вступ. Місце курсу в системі підготовки магістра. План і зміст курсу. Газові турбіни в енергетиці та авіації.</p> <p>Література</p> <p>1. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. [Текст] / А.А. Иноземцев, М.А. Нехамкин, В.И. Сандрацкий. — М.: Машиностроение, 2008. — Т. 2.</p> <p>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.</p> <p>Завдання СРС: Основні типи газових турбін. Практичне використання газових турбін.</p>
2.	<p>Газові турбіни та тенденції їх розвитку.</p> <p>Цикл Брайтона (ККД та робота циклу). Основні елементи газової турбіни. Тенденції розвитку газових турбін. Зростання температури та ступеня стискання. Вимоги до матеріалів (високотемпературні сплави, обмеження за температурою). Газотурбобудування в Україні.</p> <p>Література:</p> <p>1. 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.</p> <p>2. 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</p> <p>Завдання СРС: Динаміка зростання температури газу попереду турбіни по рокам. Динаміка річного зростання температури газу попереду турбіни</p> <p>Обмеження за температурою газу для неохлоджувальних турбін. Газотурбінні компанії України.</p>
3.	<p>Системи охолодження високотемпературних газотурбінних двигунів і газотурбінних установок.</p> <p>Відкриті та закриті схеми охолодження. Охолоджувальні елементи</p>

	<p>газової турбіни.</p> <p><i>Література:</i></p> <p>1. 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.</p> <p>2. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей [Текст] / Под ред. С.М. Шляхтенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1987.</p> <p><i>Завдання СРС:</i> Ефективність системи охолодження, глибина охолодження лопатки. Відбір охолоджувача з компресора. Витрати охолоджувача в сучасних газотурбінних двигунах.</p>
4.	<p>Внутрішнє і зовнішнє охолодження лопаток газотурбінних установок.</p> <p><i>Розвиток систем конвективного та конвективно-плівкового охолодження. Вплив охолодження на ККД газової турбіни.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <p>1. 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.</p> <p>2. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев. – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2.</p> <p><i>Завдання СРС:</i> Конвективне, плівкове та конвективно-плівкове охолодження лопаток газових турбін. Втрати при охолодженні елементів газової турбіни.</p>
5	<p>Технології внутрішнього охолодження.</p> <p><i>Методи охолодження різних ділянок лопатки. Схема руху охолоджувача в лопатках з внутрішнім охолодженням. Конструкції лопаток з внутрішньою системою охолодження. Мікрооребріння каналів внутрішнього охолодження</i></p> <p><i>Література</i></p> <p>1. 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</p> <p>2. 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 p. ISBN 9781439855683</p> <p><i>Завдання СРС:</i> Розвиток систем внутрішнього охолодження. Сучасна лопатка з внутрішнім охолодженням. Конструкції мікрооребріння, витрати та теплообмін.</p>
6.	<p>Зовнішній теплообмін.</p> <p><i>Розподіл коефіцієнта тепловіддачі по контуру лопатки. Найбільш</i></p>

	<p><i>напружені точки. Зовнішня тепловіддача. Середня тепловіддача. Вхідна кромка лопатки. Вихідна кромка лопатки. Торцева поверхня соплового апарату.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. [Текст] / А.А. Иноземцев, М.А. Нехамкин, В.Л. Сандрацкий. — М.: Машиностроение, 2008. — Т. 2. 2. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов / В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. — М.: Машиностроение, 1985. <p><i>Завдання СРС: Рівняння подібності для середнього та локального теплообміну лопатки. Проблеми охолодження торцевої поверхні соплового апарату.</i></p>
7.	<p><i>Циклонне та вихрове охолодження.</i></p> <p><i>Циклонне та вихрове охолодження. Концепція закрутки потоку. Двовимірна схема циклонного охолодження. Тривимірна схема циклонного охолодження. Лопатка з циклонним охолодженням. Вихрові матриці при внутрішнього охолодження лопаток газових турбін.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 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. 2. 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 <p><i>Завдання СРС: Сила Кориоліса при циклонному охолодженні лопатки. Вплив напряму обертання на теплообмін усередині лопатки. Технологічні проблеми виготовлення.</i></p>
8.	<p><i>Зовнішнє охолодження лопаток газових турбін.</i></p> <p><i>Плівкове охолодження та його ефективність, коефіцієнт тепловіддачі. Традиційні схеми плівкового охолодження, їх переваги та недоліки. Розрахунок плівкового охолодження (щілина та дискретні отвори).</i></p> <p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 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. 2. Репухов В.М. Тепловая защита стенки вдувом газа [Текст] / В.М. Репухов. — Киев: Наукова Думка, 1977. <p><i>Завдання СРС: Ефективність та коефіцієнт тепловіддачі при плівковому охолодженні, щілинне плівкове охолодження, основні рівняння.</i></p>
9.	<p><i>Зовнішнє плівкове охолодження.</i></p>

	<p><i>Способи підвищення ефективності охолодження за рахунок зміни геометрії вдуву. Перехід до щілини. Фактори, що мають вплив на ефективність плівкового охолодження. Перспективні схеми плівкового охолодження.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы [Текст] / Э.П. Волчков. — Новосибирск : Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983. 2. 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 3. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов / В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. – М.: Машиностроение, 1985. <p><i>Завдання СРС: Вплив різних факторів на ефективність плівкового охолодження. Вплив обертання.</i></p>
10.	<p><i>Розрахунок плівкового охолодження.</i></p> <p><i>Вхідна кромка лопатки. Вихідна кромка лопатки. Торцева поверхня соплового апарату.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 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. Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы [Текст] / Э.П. Волчков. — Новосибирск : Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983. 3. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов / В.И. Локай, М.Н. Бодунов, В.В. Жуйков, А.В. Щукин. – М.: Машиностроение, 1985. <p><i>Завдання СРС: Експериментальні та теоретичні методи розрахунку плівкового охолодження. Багаторядна вхідна кромка. Конструкції охолоджуваної вихідної кромки.</i></p>
11.	<p><i>Розрахунок плівкового охолодження.</i></p> <p><i>Робоча лопатка з плівковим охолодженням. Багатощіливе плівкового охолодження.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Репухов В.М. Тепловая защита стенки вдувом газа [Текст] / В.М. Репухов. — Киев: Наукова Думка, 1977. 2. Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы [Текст] / Э.П. Волчков. — Новосибирск : Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1983. <p><i>Завдання СРС: Конструкція сучасної лопатки з плівковим охолодженням. Конструкція та розрахунок багатощілинного охолодження</i></p>
12.	<p><i>Профільовані отвори.</i></p> <p><i>Профільовані отвори. Геометрична форма отворів. Переваги та недоліки таких схем. Фізична структура потоку за профільованими отворами.</i></p>

	<p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2. 2. 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. <p><i>Завдання СРС: Конструкції профільованих отворів. Технологічні проблеми виготовлення отворів. Порівняння з традиційними отворами</i></p>
<p>13.</p>	<p>Антивихорові отвори.</p> <p><i>Антивихорові отвори. Геометричні параметри систем парних отворів. Використання додаткових антивихорових отворів. Нові схеми антивихорових отворів.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 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. <p><i>Завдання СРС: Формування антивихрової структури. Метод розрахунку систем парних отворів.</i></p>
<p>14.</p>	<p>Отвори в поверхневих заглибленнях.</p> <p><i>Отвори в поверхневих заглибленнях. Подача охолоджувача у траншею, кратери різної форми та заглиблення напівсферичної форми.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2. 2. 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. <p><i>Завдання СРС: Самоорганізовані вихрові структури у поверхневих заглибленнях сферичної форми. Парний вихор за поперечною траншеєю. Трикутні заглиблення.</i></p>
<p>15.</p>	<p>Всерединістіночне охолодження.</p> <p><i>Всерединістіночне охолодження. Лопатка з охолодженням всередині стінки.</i></p> <p><i>Література</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом

	<p>газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2.</p> <p>2. 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.</p> <p><i>Завдання СРС: Мікроканальне охолодження. Конструкції внутрішньостінкового охолодження лопаток</i></p>
16.	<p>Узагальнення проблематики.</p> <p><i>Порівняння перспективних схем плівкового охолодження. Підсумки.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <p>1. Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении / Халатов А.А./ Институт технической теплофизики НАН Украины.– Киев, – 2008. – 292 с.– ISBN 978-966-02-4917-2.</p> <p><i>Завдання СРС: Аналіз перспективних схем плівкового охолодження лопаток. Основні напрямки розвитку систем охолодження лопаток.</i></p>

Назва теми практичних занять (Теми семінарів)

Основні завдання циклу практичних занять направлені на закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях і прищеплюють навички їх використання при вирішенні практичних завдань.

№ з/п	Назва теми заняття
1.	Газові турбіни та тенденції їх розвитку. (4 год)
2.	Системи охолодження ГТД та ГТУ. (4 год)
3.	Внутрішнє охолодження лопаток газових турбін. (4 год)
4.	Циклонне та вихрове охолодження. (4 год)
5.	Зовнішнє плівкове охолодження. (4 год)
6.	Розрахунок плівкового охолодження. (4 год)
7.	Перспективні схеми плівкового охолодження. (4 год)

6. Самостійна робота аспіранта

Завданням самостійної роботи є навчити аспірантів самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- підготовка до складання екзамену.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- відвідування лекцій та семінарських занять
- активність на семінарських та лекційних заняттях, регулярна самостійна робота
- дотримання стандартів академічної доброчесності.
- відвідування лекцій та семінарських занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, аспірантам рекомендується відвідувати усі види занять (як лекцій, так і семінарів);
- Moodle та інші інтернет ресурси, що надає викладач тощо).

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання семестровий рейтинг більше 30 балів.

Поточний контроль: опитування за темою лекції. Максимальна кількість балів – 20.

Контроль на семінарських заняттях.

Максимальна кількість балів – 40.

Семестровий контроль.:

Екзамен – 40 балів.

Умови допуску до екзамена - більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Немає

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

Академик НАНУ, професор, доктор технічних наук



А.А. Халатов

Ухвалено Вченою радою ІТТФ НАН України _____ (протокол № 8 від 31.05.2022)