



Теплообмін в енергоустановках Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Третій (освітньо-науковий)

Галузь знань	14 Електрична інженерія ¹
Спеціальність	144 Теплоенергетика
Освітня програма	Теплообмін в елементах енергоустановок
Статус дисципліни	Професійна
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній, весняний
Обсяг дисципліни	4 кредити-120 годин лекційні заняття :32 години семінарські заняття: 28 годин самостійна робота аспіранта: 60 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	2 заліки 1 іспит
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: ² 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
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)

Програма навчальної дисципліни

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

Основною метою навчальної дисципліни «Теплообмін в енергоустановках» є отримання аспірантами знань в області методів розрахунку складних теплофізичних процесів. 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

Відповідність формування у аспірантів компетентностей:

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.

ЗДАТНІСТЬ:

- *Формулювати, аналізувати і вирішувати задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування;*
- *Розраховувати теплові процеси в сучасних та перспективних енергетичних установках;*
- *ІК 1 Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики;*
- *ЗК 1 Здатність працювати в міжнародному контексті;*
- *ЗК 3 Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної ;*
- *СК 1 Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках;*
- *СК 3 Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті з теплоенергетики ;*
- *СК 5 Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.*

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.*
- *ПРН01 Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримання нових знань та/або здійснення інновацій;*
- *ПРН02 Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми теплоенергетики державною та іноземною мовами, кваліфіковано відобразити результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях;*
- *ПРН06 Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів;*
- *ПРН07 Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи;*
- *ПРН08 Створювати методичне забезпечення, організовувати та проводити викладання професійно-орієнтованих дисциплін теплоенергетики на рівні, що відповідає вимогам вищої школи;*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення курсу «Теплообмін в енергоустановках» 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. Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.

2. Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.

3. Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:.– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитриєва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.

Допоміжна:

1. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: монография / А.А. Халатов, И.И. Борисов, Ю.Я. Дашевский, С.Б. Резник .– Київ: НТУУ «КПИ», Изд-во

«Политехника», 2016. Т. 10: Перспективные схемы пленочного охлаждения. – 238 с.– ISBN 978-966-622-785-3.

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. 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.

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><i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)). 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>Завдання СР: 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><i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)). 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>Завдання СРС: Динаміка зростання температури газу попереду турбіни по рокам. Динаміка річного зростання температури газу поереду турбіни</p> <p>Завдання СР Обмеження за температурою газу для неохлоджувальних турбін. Газотурбинні компанії України.</p>
3.	<p>Системи охолодження високотемпературних газотурбінних двигунів і газотурбінних установок.</p> <p>Відкриті та закриті схеми охолодження. Охолоджувальні елементи газової турбіни.</p> <p>Література:</p> <p>1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)). 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>2. Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч.</p>

	<p>закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.</p> <p>Завдання СР 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>Розвиток систем конвективного та конвективно-плівкового охолодження. Вплив охолодження на ККД газової турбіни.</p> <p>Література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i> 2. <i>Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.</i> 3. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:.– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</i> <p>Завдання СР: Конвективне, плівкове та конвективно-плівкове охолодження лопаток газових турбін. Втрати при охолодженні елементів газової турбіни.</p>
5	<p>Технології внутрішнього охолодження.</p> <p>Методи охолодження різних ділянок лопатки. Схема руху охолоджувача в лопатках з внутрішнім охолодженням. Конструкції лопаток з внутрішньою системою охолодження. Мікрооребріння каналів внутрішнього охолодження</p> <p>Література</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i> 2. <i>Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.</i> 3. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:.– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</i> <p>Завдання СР: Розвиток систем внутрішнього охолодження. Сучасна лопатка з внутрішнім охолодженням. Конструкції мікрооребріння, витрати та теплообмін.</p>
6.	<p>Зовнішній теплообмін.</p> <p>Розподіл коефіцієнта тепловіддачі по контуру лопатки. Найбільш напружені точки. Зовнішня тепловіддача. Середня тепловіддача. Вхідна кромка лопатки. Вихідна кромка лопатки. Торцева поверхня соплового апарату.</p> <p>Література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)».</i>

	<p>2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</p> <p>2. Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.</p> <p>3. Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:.– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</p> <p>Завдання СР: Рівняння подібності для середнього та локального теплообміну лопатки. Проблеми охолодження торцевої поверхні соплового апарату.</p>
<p>7.</p>	<p>Циклонне та вихрове охолодження.</p> <p>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.</p> <p>Література:</p> <p>1. Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.</p> <p>2. Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:.– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</p> <p>Завдання СР: Сила Кориоліса при циклонному охолодженні лопатки. Вплив напряму обертання на теплообмін усередині лопатки. Технологічні проблеми виготовлення.</p>
<p>8.</p>	<p>Зовнішнє охолодження лопаток газових турбін.</p> <p>Плівкове охолодження та його ефективність, коефіцієнт тепловіддачі. Традиційні схеми плівкового охолодження, їх переваги та недоліки. Розрахунок плівкового охолодження (щілина та дискретні отвори).</p> <p>Література:</p> <p>1. Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.</p> <p>2. Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:.– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</p> <p>Завдання СРС: Ефективність та коефіцієнт тепловіддачі при плівковому охолодженні, щілинне плівкове охолодження, основні рівняння.</p>
<p>9.</p>	<p>Зовнішнє плівкове охолодження.</p> <p>Способи підвищення ефективності охолодження за рахунок зміни геометрії вдуву. Перехід до щілини. Фактори, що мають вплив на ефективність плівкового охолодження. Перспективні схеми плівкового охолодження.</p> <p>Література:</p> <p>1. Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського»,</p>

	<p>2020. -248 с.</p> <p>2. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</i></p> <p>Завдання СР: Вплив різних факторів на ефективність плівкового охолодження. Вплив обертання.</p>
10.	<p>Розрахунок плівкового охолодження.</p> <p><i>Вхідна кромка лопатки. Вихідна кромка лопатки. Торцева поверхня соплового апарату.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <p>1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>2. <i>Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.</i></p> <p>3. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</i></p> <p>Завдання СР: Експериментальні та теоретичні методи розрахунку плівкового охолодження. Багаторядна вхідна кромка. Конструкції охолоджуваної вихідної кромки.</p>
11.	<p>Розрахунок плівкового охолодження.</p> <p><i>Робоча лопатка з плівковим охолодженням. Багатощіливе плівкового охолодження.</i></p> <p><i>Література:</i></p> <p>1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>2. <i>Термодинаміка газового потоку [Текст]: – посібник для студ. вищ. навч. закл. / Гільчук А.В., Халатов А.А. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2020. -248 с.</i></p> <p>3. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</i></p> <p>Завдання СР: Конструкція сучасної лопатки з плівковим охолодженням. Конструкція та розрахунок багатощілинного охолодження</p>
12.	<p>Профільовані отвори.</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> <p>1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>2. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид.</i></p>

	<p>НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</p> <p>Завдання СР: Конструкції профільованих отворів. Технологічні проблеми виготовлення отворів. Порівняння з традиційними отворами</p>
13.	<p>Антивихорові отвори.</p> <p>Антивихорові отвори. Геометричні параметри систем парних отворів. Використання додаткових антивихорових отворів. Нові схеми антивихорових отворів.</p> <p>Література:</p> <p>1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>2. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</i></p> <p>Завдання СР Формування антивихорової структури. Метод розрахунку систем парних отворів.</p>
14.	<p>Отвори в поверхневих заглибленнях.</p> <p>Отвори в поверхневих заглибленнях. Подача охолоджувача у траншею, кратери різної форми та заглиблення напівсферичної форми.</p> <p>Література:</p> <p>1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>2. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</i></p> <p>Завдання СР: Самоорганізовані вихрові структури у поверхневих заглибленнях сферичної форми. Парний вихор за поперечною траншеєю. Трикутні заглиблення.</p>
15.	<p>Всерединістіночне охолодження.</p> <p>Всерединістіночне охолодження. Лопатка з охолодженням всередині стінки.</p> <p>Література</p> <p>1. <i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>2. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Текст]:– посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мочалін Е.В., Халатов А.А., Димитрієва Н.Ф. -Київ: Вид. НТУУ «КПІ ім. І. Сикорського», 2017. -121 с.</i></p> <p>Завдання СР: Мікроканальне охолодження. Конструкції внутрішньостінкового охолодження лопаток</p>
16.	<p>Узагальнення проблематики.</p> <p>Порівняння перспективних схем плівкового охолодження. Підсумки.</p> <p>Література:</p>

<p><i>Gas Turbine Theory (textbook) / Saravanamuttoo H., Rogers G., Cohen H., Straznisky P., Nix A. London, Publishing house «Longman» (Pearson Education)». 2017. – 723 p. ISBN 9781292093093.</i></p> <p>Завдання СР: Аналіз перспективних схем плівкового охолодження лопаток. Основні напрямки розвитку систем охолодження лопаток.</p>
--

Назва теми практичних занять

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.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- відвідування лекцій та семінарських занять. Заняття проводяться згідно з розкладом, за допомогою додатку Zoom (за умови дистанційного навчання)
- активність на семінарських та лекційних заняттях, регулярна самостійна робота
- дотримання стандартів академічної доброчесності. <http://itf.kiev.ua/wp-content/uploads/2022/08/polozhennja-pro-akademichnu-dobrochesnist-ta-etiku.pdf>
- 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)

Поточний контроль: експрес-опитування, робота на практичних заняттях.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів.

Загальна рейтингова оцінка аспіранта після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- роботу на практичних заняттях;
- написання екзамену.

Робота на лекційних заняттях	Робота на практичних заняттях	Rc	Рекз	R
25	35	60	40	100

1. Рейтинг аспіранта розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що аспірант отримує за:

- експрес-контролі на лекційних заняттях;
- роботу на практичних заняттях (7 занять).

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Експрес-контролі на лекційних заняттях оцінюються в 5 балів кожний. Максимальна кількість балів за експрес-контролі – 5 балів * 5 експрес-контролів = 25 балів.

Експрес-контроль проводиться у вигляді усного опитування аспірантів безпосередньо на лекційному занятті. Необхідно дати відповідь на одне запитання. Правильна відповідь оцінюється в 5 балів.

2.2. Практичне заняття оцінюється в 5 балів:

- активна творча робота – 4-5 балів;
- плідна робота – 2-3 бали;
- пасивна робота – 0-1 бали.

3. Умовою допуску до екзамену є рейтинг не менше 30 балів.

4. На екзамені аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне теоретичне запитання (завдання) оцінюється у 10 балів, а практичне у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 9-10; 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 7-8; 16-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 4-6; 10-15 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

5. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

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)

• перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Практичне використання газових турбін. Тенденції їхнього розвитку.
2. Основні елементи газової турбіни
3. Зростання температури газу перед турбіною за роками. Система охолодження
4. Вимоги до матеріалів газових турбін.
5. Охолоджувані елементи газової турбіни.
6. Конвективне та конвективно-плівкове охолодження лопаток.
7. Вплив охолодження на ККД лопатки.
8. Схема руху охолоджувача всередині сучасної лопатки. Технології охолодження.
9. Мікроробрування як спосіб внутрішнього охолодження. Приклад конструкції лопатки.
10. Концепція циклонного охолодження лопатки. Дво- та тривимірні схеми.
11. Плівкове охолодження. Недоліки та проблеми.
12. Ефективність плівкового охолодження та її розрахунок.
13. Вхідна та вихідна кромка лопатки: плівкове охолодження.
14. Плівкове охолодження торцевої поверхні лопатки.
15. Вплив обертання лопатки на зовнішній теплообмін та плівкове охолодження.
16. Багатошліпне плівкове охолодження.
17. Профільовані отвори плівкового охолодження. Вторинний вихор та боротьба з ним.
18. Антивихрові отвори плівкового охолодження. Схеми та проблеми практичного використання.
19. Плівкове охолодження з подачею охолоджувача до траншеї.
20. Внутрішньостеневе охолодження. Переваги та проблеми.
21. Порівняльний аналіз різних схем охолодження лопаток. Перспективні схеми.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

Академік НАНУ, професор, доктор технічних наук

Артем Халатов

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

