



ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ НАН УКРАЇНИ

ТЕРМОГАЗОДИНАМІКА ВИХРОВИХ ТА ЗАКРУЧЕНИХ ПОТОКІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія¹</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>Термогазодинаміка вихрових та закручених потоків в елементах енергетичного обладнання</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин лекційні заняття :16 години семінарські заняття: 14 годин самостійна робота аспіранта: 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</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 «Термогазодинаміка вихрових та закручених потоків» 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 енергетичного обладнання. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні теплових процесів в енергетичних системах і нових джерелах енергії з вихровими та закрученими потоками.

Відповідність формування у аспірантів компетентностей:

ЗДАТНІСТЬ:

- Формулювати, аналізувати і вирішувати задачі теплообміну в елементах

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.

енергетичного устаткування;

– Розраховувати теплові процеси в сучасних та перспективних енергетичних установках;

– ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

– 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 виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

– СК 4 Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті з теплоенергетики

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 04 Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у теплоенергетиці та дотичних міждисциплінарних напрямках

– ПРН 05 Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

– ПРН 06 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.

– ПРН 08 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 «Термогазодинаміка вихрових та закручених потоків» базується на таких курсах:

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

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

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Теплообмін в закручених потоках.

Тема 1.1. Характеристика закрученого потоку.

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

Тема 1.2. Теплообмін та гідродинаміка закручених потоків. Теплообмін та гідродинаміка біля завихрювача. Квазітурбулентний режим теплообміну. Енергія закрученого потоку та гідравлічний опір в трубах. Гідравлічний опір завихрювача.

Розділ 2. Теплообмін в каналах, що обертаються.

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

Особливості структури потоку. Стійкість та фізична подоба 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 подоба. 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. Фізична подоба. Теплообмін та гідравлічний опір.

Розділ 3. Теплообмін в каналах енергетичних установок

Тема 3.1. Тепловіддача у відривних зонах. 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.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

- 1 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 191 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878>
- 2 Халатов, А. А. Термодинаміка газового потоку [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / А. А. Халатов, А. В. Гільчук, Л. М. Кохтич; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 252 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43411>
- 3 Буданов, Василь Олексійович. Нагнітачі та теплові двигуни : підручник / В.О. Буданов, В.І. Мілованов ; Міністерство освіти і науки України, Одеська національна академія харчових технологій. – Одеса : Бондаренко М.О., 2018. – 342 с. Замовити в бібліотеці КПІ: https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000598811&local_base=KPI01
- 4 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 191 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878>
- 5 Ємець В. В. Термодинаміка і теплообмін. Частина I. Основи термодинаміки : навч. посіб. / В. В. Ємець, В. Г. Тягній ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 128 с.
Режим доступу: <https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/2671184b-6562-4f49-a75c-afe9896b5422/download>
- 6 Ємець В. В. Термодинаміка і теплообмін. Частина II. Основи теорії теплообміну : навч. посіб. / В. В. Ємець, О. В. Павленко ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 98 с.
Режим доступу: <https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/1e421be7-62ba-4241-8e37->

Допоміжна:

1. Мейріс, Антон Жанович. Теплообмін та теплогідрравлічна ефективність пучків труб з поверхневими заглибленнями : монографія / А.Ж. Мейріс, Т.В. Доник ; Національна академія наук України, Інститут технічної теплофізики. – Київ : Наукова думка, 2021. – 94 с.
Замовити в бібліотеці КПІ: [101](#)
2. Дреус, Андрій Юлійович. Збірник задач з тепломасообміну : навчальний посібник / А.Ю. Дреус, К.Є. Лисенко, В.О. Сясев ; Міністерство освіти науки України, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара. – Дніпропетровськ : Літограф, 2016. –123 с.
Замовити в бібліотеці КПІ:
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000500701&local_base=KPI01
3. Лабай, Володимир Йосифович. Приклади і задачі з курсу тепломасообміну :навчальний посібник /В.Й. Лабай ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". – Львів :Видавництво Львівської політехніки,2017. – 226 с.
Замовити в бібліотеці КПІ:
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000639586&local_base=KPI01
4. Теплові та газодинамічні процеси в складних вихрових і закручених потоках : звіт про науково-дослідну роботу (заключний) / Мін-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ" ; кер. роб. А. Халатов. – Київ, 2015. –164 с.
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000566979&local_base=KPI01
5. Теплообмін та газодинаміка поверхнево-вихорових систем плівкового охолодження лопаток високотемпературних газотурбінних двигунів : звіт про науково-дослідну роботу (остаточний) / Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" ; керівник НДР А.А. Халатов. – Київ, 2017. – 221 л.
6. Дубровська, В. В. Термодинаміка та теплообмін [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ., які навчаються за спеціальністю «Екологія» / В. В. Дубровська, В. І. Шкляр ; НТУУ «КПІ».–Електронні текстові дані (1 файл: 3,64 Мбайт). –Київ : Політехніка, 2016. –152с.
Режим доступу:<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/28252>
7. Панченко, Н. А. Спецглави теорії теплообміну. Навчально-методичний комплекс до курсу [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / Н. А. Панченко, А. А. Халатов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 240,6 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 17 с.
Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38795>
8. Основи конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Основи конвективного теплообміну» для студентів напряму підготовки 6.040204 «Прикладна фізика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Н. А. Панченко, А. А. Халатов. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,07 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 32 с.Режим доступу:
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/22710>
9. Турик, В. М. Основи газодинаміки [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Автоматизовані та роботизовані механічні системи» спеціальності 131 Прикладна механіка / Турик В. М. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,82 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 139 с.
Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48479>
10. Димо Б. В. Конспект лекцій з дисципліни Технічна термодинаміка та теплопередача / Б. В. Димо, П. А. Пацурковський, О. А. Спіфанов, О. К.Чередніченко. – Миколаїв : НУК, 2022. – 169 с. Режим доступу:
<https://rep.nuos.edu.ua/server/api/core/bitstreams/eda6f9d7-8575-4b61-b2fa-bcf8bac459b3/content>
11. Ємець В. В. Термодинаміка і теплообмін. Частина II. Основи теорії теплообміну : навч. посіб. / В. В. Ємець, О. В. Павленко ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ,

Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 98 с.

Режим доступу: <https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/1e421be7-62ba-4241-8e37-7248dfb09340/download>

12. Клименко, В. В., В. І. Кравченко, В. І. Кравченко. Технічна термодинаміка та тепломасообмін. 2018. – 63 с. Режим доступу: <http://195.230.140.114/jspui/bitstream/123456789/8076/1/%D0%A2%D0%A2%D0%A2.pdf>
13. Теоретичні основи теплотехніки : конспект лекцій / укладач Р. В. Закусило. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 145 с. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/324245648.pdf>
14. Баранюк, Олександр Володимирович, Артур Юрійович Рачинський. Розрахункові залежності теплообміну і аеродинамічного опору гвинтоподібних труб. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2018. – С. 111-115. Режим доступу: <https://stmkyb.vntu.edu.ua/index.php/stmkyb/article/download/565/545>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРА з посиланням на літературу)
1	<p>Вступ. Теплові процеси в енергетичних установках. Характеристика закрученого потоку. Особливості закрученого потоку. Способи закрутки течії. Фізична подоба течій з початковою закруткою. Локальний та інтегральний параметри закрутки потоку.</p> <p>Література</p> <ol style="list-style-type: none">1 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ;). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові <p>ЗАВДАННЯ НА СРА</p> <p>Локальні та інтегральні числа подоби, зв'язок між ними. Затухання закрутки в трубі. Теплообмін та гідродинаміка в скручених трубах.</p>
2	<p>Теплообмін та гідродинаміка закручених потоків. Теплообмін та гідродинаміка біля завихрювача. Квазітурбулентний режим. Енергія закрученого потоку та гідравлічний опір в трубах.</p> <p>Література</p> <ol style="list-style-type: none">1. Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ; НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбайт). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 191 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/198782 Халатов, А. А. Термодинаміка газового потоку [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / А. А. Халатов, А. В. Гільчук, Л. М. Кохтич; НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,6 Мбайт). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 252 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/434113 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ; НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878 <p>ЗАВДАННЯ НА СРА:</p> <p>Затухання турбулентності біля завихрювача. Рівняння подібності в квазі-турбулентному режимі. Фізична структура потоку в пучках скручених труб. Фактори інтенсифікації теплообміну. Віхрове перемішування потоку.</p>
3	Структура течії в каналах, що обертаються навколо своєї осі.

	<p>Особливості структури потоку. Стійкість та фізична подоба в каналах, що обертаються навколо своєї осі.</p> <p>Література</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Халатов, А. А. <i>Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ;). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбайт). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 191 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878</i> 2 Ємець В. В. <i>Термодинаміка і теплообмін. Частина II. Основи теорії теплообміну : навч. посіб. / В. В. Ємець, О. В. Павленко ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 98 с. Режим доступу: https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/1e421be7-62ba-4241-8e37-7248dfb09340/download</i> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА: Стійкість потоку в трубі, що обертається навколо своєї осі. Режими течій, рівняння подібності, границі режимів.</p>
4	<p>Структура течії в каналах, що обертаються навколо своєї осі. Теплообмін та гідравлічний опір в трубах, що обертаються навколо своєї осі. Диск, що обертається, режимі течії, рівняння подібності.</p> <p>Література</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Халатов, А. А. <i>Термодинаміка газового потоку [Електронний ресурс]: підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / А. А. Халатов, А. В. Гільчук, Л. М. Кохтич; НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,6 Мбт). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 252 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43411КПІ: https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000598811&local_base=KPI01</i> 2 Ємець В. В. <i>Термодинаміка і теплообмін. Частина I. Основи термодинаміки : навч. посіб. / В. В. Ємець, В. Г. Тягній ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 128 с. Режим доступу: https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/2671184b-6562-4f49-a75c-afe9896b5422/download</i> 3 Ємець В. В. <i>Термодинаміка і теплообмін. Частина II. Основи теорії теплообміну : навч. посіб. / В. В. Ємець, О. В. Павленко ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 98 с. Режим доступу: https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/1e421be7-62ba-4241-8e37-7248dfb09340/download</i> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА: Труба, що обертається радіально. Сила Коріолісу.</p>
5	<p>Теплообмін та гідравлічний опір в трубі, що обертається радіально. Особливості структури течії в трубі, що обертається радіально. Сила Коріолісу, фізична подоба. Теплообмін та гідравлічний опір в трубі, що обертається радіально.</p> <p>Література</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Халатов, А. А. <i>Термодинаміка газового потоку [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / А. А. Халатов, А. В. Гільчук, Л. М. Кохтич;). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 252 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43411</i>

	<p>2 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ;). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878</p> <p>3 Ємець В. В. Термодинаміка і теплообмін. Частина II. Основи теорії теплообміну : навч. посіб. / В. В. Ємець, О. В. Павленко ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 98 с. Режим доступу: https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/1e421be7-62ba-4241-8e37-7248dfb09340/download</p> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА Структура потоку в трубі з закруткою, що радіально обертається. Кутовий розподіл теплообміну. Лівостороннє та правостороннє обертання каналу. Вплив сили Кориолісу</p>
6	<p>Теплообмін в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються. Стійкість потоку в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються. Структура потоку. Фізична подоба. Теплообмін та гідравлічний опір.</p> <p>Література</p> <p>1 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін;). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбт). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 191 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878</p> <p>2 Халатов, А. А. Термодинаміка газового потоку [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / А. А. Халатов, А. В. Гільчук, Л. М. Кохтич; НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,6 Мбайт). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 252 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43411</p> <p>3 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ; НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові: Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878</p> <p>4 Ємець В. В. Термодинаміка і теплообмін. Частина I. Основи термодинаміки : навч. посіб. / В. В. Ємець, В. Г. Тягній ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023. – 128 с. Режим доступу: https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/2671184b-6562-4f49-a75cafe9896b5422/download</p> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА: Мапа режимів течій. Вплив осьового потоку на теплообмін та гідравлічний опір. Рівняння подібності. Індуковані вихори.</p>
7	<p>Тепловіддача у відривних зонах. Відрив потоку за уступом. Тепловіддача у відривних зонах. Плівкове охолодження на плоскій поверхні. Пористе охолодження. Одно- та двофазна (газ-тверді частинки) течії в соплах Лавалля.</p> <p>Література</p> <p>1 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін;). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбайт). – Київ: НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 191 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878</p> <p>2 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ;). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові: Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878</p>

	<p>Режим доступу: https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/1e421be7-62ba-4241-8e37-7248dfb09340/download</p> <p>ЗАВДАННЯ НА СРА: Фізика відриву потоку перед уступом та за ним. Вторинна течія. Вплив кривизни поверхні та неізотермічності на ефективність плівкового охолодження.</p>
8	<p>Сопло Лавалля. Тяга сопла с двофазним потоком. Тяга сопла з закруткою потоку.</p> <p>Література</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ; НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,54 Мбайт). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 191 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878 2 Халатов, А. А. Основи теорії конвективного теплообміну [Електронний ресурс] : навчальний посібник / А. А. Халатов, Є. В. Мочалін ;). – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові: Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19878 Режим доступу: https://dspace.univd.edu.ua/bitstreams/1e421be7-62ba-4241-8e37-7248dfb09340/download <p>ЗАВДАННЯ НА СРА. Використання закрутки потоку для регулювання тяги сопла Лавалля.</p>
9.	Заключне заняття

Назва теми практичних занять (теми семінарів)

1.	Теплообмін в закручених потоках - 1
2.	Теплообмін в закручених потоках - 2
3.	Теплообмін в каналах, що обертаються - 1.
4.	Теплообмін в каналах, що обертаються - 2.
5	Теплообмін в каналах енергетичних установок - 1
6.	Теплообмін в каналах енергетичних установок - 2
7.	Заклучний семінар

5. Самостійна робота аспіранта

Завданням самостійної роботи аспірантів 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

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- Відвідування лекцій та семінарських занять. Заняття проводяться згідно з розкладом, та за допомогою додатку Zoot (за умови дистанційного навчання)
- Активність на семінарських та лекційних заняттях, регулярна самостійна робота

- Дотримання стандартів академічної доброчесності. <http://itff.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

7. 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	R _c	R _{екз}	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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль;*

1. Способи закрутки течії. Фізична подоба потоку з початковою закруткою. Локальний та інтегральний параметри закрутки. Зв'язок між ними.

2. Затухання закрутки в трубі. Теплообмін та гідродинаміка в скручених трубах.

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

4. Затухання теплообміну біля завихрювача. Рівняння подібності в квазі-турбулентному режимі. Фізична структура потоку в пучках скручених труб. Фактори інтенсифікації теплообміну.

5. Особливості структури потоку в трубах, що обертаються навколо своєї осі. Стійкість потоку та фізична подоба.

6. Режими течій в трубах, що обертаються навколо своєї осі, рівняння подібності, границі режимів.

7. Диск, що обертається навколо своєї осі, сила Коріолісу. Теплообмін, рівняння подібності.

8. Особливості структури потоку в трубі, що обертається радіально. Сила Коріолісу. Фізична подоба. Теплообмін та гідравлічний опір.

9. Структура потоку в трубі що обертається радіально з закруткою потоку. Кутовий розподіл теплообміну. Лівостороннє та правостороннє обертання каналу.

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

11. Мапа режимів течій. Вплив осьового потоку на теплообмін та гідравлічний опір в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються. Рівняння подібності.

12. Відрив потоку за уступом. Фізика відриву потоку перед уступом та за ним. Тепловіддача у відривних зонах.

13. Плівкове охолодження на пласкій поверхні. Вплив кривизни поверхні на ефективність плівкового охолодження.

14. Одно- та двофазна (газ-тверді частинки) течії в соплах Лавалля. Тяга сопла з одно- та двофазним потоком.

15. Тяга сопла з закруткою потоку. Коефіцієнт витрати сопла. Використання закрутки потоку для регулювання тяги сопла Лавалля.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

Академік НАНУ, професор, доктор технічних наук Артем Халатов

Ухвалено: Вченою радою ІТТФ НАН України протокол № від