



СПЕЦГЛАВИ ТЕОРІЇ ТЕПЛООБМІНУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна) /дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекції (36 годин) кожний тиждень, практичні (18 годин) раз на 2 тижні</i>
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, http://phes.ipt.kpi.ua/halatov- artem-artemovich Практичні: к.т.н., Панченко Надія Анатоліївна, napanchenko-ipt@lll.kpi.ua, http://phes.ipt.kpi.ua/panchenko-nadiya-anatoliyivna</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс Moodle https://do.ipو.kpi.ua/course/view.php?id=1819</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Основною метою навчальної дисципліни «Спецглави теорії теплообміну» є отримання студентами знань закономірностей теплообміну в складних термогазодинамічних процесах. Прослухавши курс студенти 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 студентів 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 студенти 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 9 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 «Спецглави теорії теплообміну» базується на таких курсах: «Термодинаміка газового потоку», «Фізика», «Фізика суцільних середовищ», «Основи теорії пограничного шару», «Основи конвективного теплообміну», «Газодинаміка».

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Спецглави теорії теплообміну» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу студентів в рамках магістерських робіт та ін.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Тепловіддача в хімічно реагуючих потоках.

Тема 1.1. Вступ. Тепловіддача в хімічно реагуючих потоках. *Вступ. Особливості тепловіддачі в хімічно реагуючому газі. Рівняння для розрахунку теплового потоку та коефіцієнта тепловіддачі на непроникній стінці. Хімічно рівноважний примежовий шар, хімічно нерівноважна течія на каталітичній стінці. Система диференціальних рівнянь та додаткова умова фізичної подоби.*

Тема 1.2. Розрахунок тепловіддачі в хімічно реагуючій течії. *Розрахунок тепловіддачі в хімічно реагуючій течії. Ефективні характеристики переносу. Розрахунок тепловіддачі на каталітичній стінці.*

Розділ 2. Тепловіддача в криволінійних течіях.

Тема 2.1. Особливості криволінійних течій. Характеристика криволінійних течій. Фізична подоба. Перехід до турбулентної течії. Особливості математичного опису. Профілі швидкості та турбулентна структура в примежовому шарі.

Тема 2.2. Теплообмін на криволінійній стінці. Вихори Гертлера. Теплообмін та поверхневе тертя на ввігнутій та опуклій стінці. Відцентрова нестійкість Гертлера. Вихори Гертлера. Адаптація та релаксація примежового шару.

Тема 2.3. Особливості гідродинаміки та теплообміну в криволінійних каналах. Напівобмежена струя на ввігнутій та опуклій поверхні. Плівкове та пористе охолодження на криволінійній поверхні. Особливості гідродинаміки та теплообміну в криволінійних каналах.

Розділ 3. Теплообмін в закручених потоках.

Тема 3.1. Характеристика закрученого потоку. Характеристика закрученого потоку. Фактори інтенсифікації теплообміну. Способи закрутки течії. Фізична подоба течій з початковою закруткою. Гідродинаміка закрученої течії в трубах. Вплив граничних умов. Теплообмін закрученої течії в трубах. Вплив граничних умов.

Тема 3.2. Теплообмін та гідродинаміка закручених потоків. Теплообмін та гідродинаміка біля завихрювачів. Стабільність течії. Теплообмін та гідравлічний опір всередині скручених труб та зміювиків. Теплообмін та гідравлічний опір в пучках скручених труб.

Тема 3.3. Циклонне охолодження лопаток ГТД. Теплообмін в надзвукових соплах Лаваля. Циклонне охолодження лопаток ГТД. Вихрова матриця в системі охолодження лопаток ГТД.

Розділ 4. Теплообмін в каналах, що обертаються.

Тема 4.1. Структура течії в каналах, що обертаються навколо своєї осі. Структура течії, стабільність та фізична подоба в каналах, що обертаються навколо своєї осі. Режими течії. Теплообмін та гідравлічний опір в трубах, що обертаються навколо своєї осі. Особливості структури течії в трубі, що обертається радіально. Режими течії. Фізична подоба.

Тема 4.2. Теплообмін та гідравлічний опір в трубі, що обертається радіально. Теплообмін та гідравлічний опір в трубі, що обертається радіально. Структура течії в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються. Фізична подоба та стабільність в зазорі між циліндрами, що обертаються.

Тема 4.3. Теплообмін в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються.

Теплообмін в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються.

Розділ 5. Теплообмін в системах з заглибленнями на поверхні.

Тема 5.1. Одиночне сферичне заглиблення. Класифікація поверхневих заглиблень. Одиночне сферичне заглиблення. Структура течії. Режими течії в заглибленні. Перехід до турбулентності за заглибленням. Теплообмін та гідравлічний опір за одиночним сферичним та циліндричним заглибленням.

Тема 5.2. Одно- та дворядна система сферичних заглиблень. Одно- та дворядна система сферичних заглиблень: особливості структури течії та перехід до турбулентності за заглибленням. Одно- та дворядна система сферичних заглиблень: теплообмін та гідравлічний опір, вплив форми заглиблення.

Тема 5.3. Канали з багаторядними поверхневими заглибленнями. Теплообмін та гідравлічний опір в каналах з багаторядними поверхневими заглибленнями. Теплообмін поперечному обтіканні труб з поверхневими заглибленнями. Пучки труб. Вихрові технології аеротермодинаміки: плівкове охолодження, керування відривом потоку, внутрішнє охолодження лопаток ГТД.

Розділ 6. Теплообмін в каналах енергетичних установок.

Тема 6.1. Кипіння рідини в трубах. Кипіння рідини в трубах. Криза кипіння в трубах та керування кризою. Підведення газу та рідини в примезовий шар. Ламінарно-турбулентний перехід. Тепловіддача на шорсткій поверхні.

Тема 6.2. Тепловіддача у відривних зонах. Тепловіддача у відривних зонах.

Плівкове охолодження на пласкій поверхні. Пористі вставки в каналах.

Тема 6.3. Мікрооребрення в каналах ГТД. Двофазна течія (газ-тверді частинки) в соплах Лаваля. Мікрооребрення в каналах ГТД. Двофазна течія (газ-тверді частинки) в соплах Лаваля.

Тема 6.4. Теплові труби та їх використання в системах охолодження. Теплові труби та їх використання в системах охолодження.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. 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 сторінки, 151 рисунок, 117 джерела (бібліотека кпі , кафедра та на гугл-диску викладача)
2. 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 сторінка, 181 рисунок, 52 джерела. (бібліотека кпі , кафедра та на гугл-диску викладача)

Допоміжна

1. Мукачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1991 – 470 с. (бібліотека та на гугл-диску викладача)
2. Халатов А.А., Авраменко А.А., Шевчук И.В. Теплообмен и гидродинамика около криволинейных поверхностей. К.; Наукова Думка, 1992, 135 с. (бібліотека та на кафедрі)
3. Ануров Ю.М., Коваль В.А., Халатов А.А. и др. Обеспечение показателей надежности и ресурса ГТД стационарного применения ч.2. Харьков, Изд. Монограф, 2011, 318 с.
4. Халатов А.А. и др. Термогазодинамика сложных потоков около криволинейных поверхностей. К.; Изд ИТТФ НАНУ, 1999, 300 с. (бібліотека та на кафедрі)
5. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков. К.: Наукова Думка, 1989, 200 с (бібліотека та на кафедрі)
6. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М.: Машиностроение, 1982, 240 с.
7. Щукин В.К. Теплообмен и гидродинамика вихревых потоков в полях массовых сил. М.:Машиностроение, 1980, 240 с.
8. Авдеевский В.С. и др. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. М.: Машиностроение, 1975 – 623 с.
9. Данилов Ю.И., Дзюбенко Б.В., Дрейцер Г.А., Ашмантас Л.А. Теплообмен и гидродинамика в каналах сложной формы. М.: Машиностроение, 1986, 199 с.

10. 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.
11. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 7: Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 2008, 292 с.
12. 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.
13. Доник Т.В., Письменный Д.Н. Теплообмен и гидродинамика закрученных и вихревых потоков в каналах. К.: Наукова Думка, 2014, 188 с.
14. Волчков Э.П. Пристенные газове завесы. М.: Наука, 1983, 239 с.
15. Попов И.А. Гидродинамика и теплообмен в пористых теплообменных элементах и аппаратах. Казань: Центр индустриальных технологий, 2007, 239 с.
16. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепло- массообмен и трение в турбулентном пограничном слое. М.: Энергия, 1972, 341 с.
17. 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
18. 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).
19. 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.

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	Особливості тепловіддачі в хімічно реагуючому газі. Рівняння для розрахунку теплового потоку та коефіцієнта тепловіддачі на непроникній стінці. Хімічно рівноважний примезовий шар, хімічно нерівноважна течія на каталітичній стінці. Система диференціальних рівнянь та додаткова умова фізичної подоби
	Література: 1. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1991 – с.318-361 2. Авдуевский В.С. и др. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. М.: Машиностроение, 1975 – с. 448-450.
	Завдання на СРС: Рівноважні та нерівноважні процеси. Особливості тепловіддачі при хімічних реакціях в потоці.
2	Розрахунок тепловіддачі в хімічно реагуючій течії. Ефективні характеристики переносу. Розрахунок тепловіддачі на каталітичній стінці.
	Література: 1. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1991 – с.361-363 2. Авдуевский В.С. и др. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. М.: Машиностроение, 1975 – с. 451-457.
	Завдання на СРС: Теплофізичні властивості при дисоціації. Ефективне число Прандтля.
3	Характеристика криволінійних течій. Фізична подоба. Перехід до турбулентної течії. Особливості математичного опису. Профілі швидкості та турбулентна структура в

	<i>примежовому шарі.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Халатов А.А., Авраменко А.А., Шевчук И.В. Теплообмен и гидродинамика около криволинейных поверхностей. К.: Наукова Думка, 1992, с. 8-57. 2. Ануров Ю.М., Коваль В.А., Халатов А.А. и др. Обеспечение показателей надежности и ресурса ГТД стационарного применения ч.2. Харьков, Изд. Монограф, 2011, с. 192-197.
Завдання на СРС:	Розподіл дотичних напружень тертя та «від'ємна» густина потоку.
4	<i>Теплообмін та поверхневе тертя на ввігнутій та опуклій стінці. Відцентрова нестійкість Гертлера. Вихори Гертлера. Адаптація та релаксація примежового шару.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Халатов А.А., Авраменко А.А., Шевчук И.В. Теплообмен и гидродинамика около криволинейных поверхностей. К.: Наукова Думка, 1992, с. 57-61. 2. Ануров Ю.М., Коваль В.А., Халатов А.А. и др. Обеспечение показателей надежности и ресурса ГТД стационарного применения ч.2. Харьков, Изд. Монограф, 2011, с. 197-213 3. Халатов А.А. и др. Термогазодинамика сложных потоков около криволинейных поверхностей. Киев, Изд ИТТФ НАНУ, 1999, с. 129-270.
Завдання на СРС:	Застосування законів тертя та теплообміну для розрахунку тепловіддачі на випуклій та вогнутій поверхні.
5	<i>Напівобмежена струя на ввігнутій та опуклій поверхні. Плівкове та пористе охолодження на криволінійній поверхні. Особливості гідродинаміки та теплообміну в криволінійних каналах.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Халатов А.А., Авраменко А.А., Шевчук И.В. Теплообмен и гидродинамика около криволинейных поверхностей. К.: Наукова Думка, 1992, с. 101-103. 2. Ануров Ю.М., Коваль В.А., Халатов А.А. и др. Обеспечение показателей надежности и ресурса ГТД стационарного применения ч.2. Харьков, Изд. Монограф, 2011, с. 205-211. 3. Халатов А.А. и др. Термогазодинамика сложных потоков около криволинейных поверхностей. К.: Изд ИТТФ НАНУ, 1999, с. 159-237. 4. Щукин В.К. Теплообмен и гидродинамика потоков в полях массовых сил. М.:Машиностроение, 1980, с. 33-67.
Завдання на СРС:	Стабільність напівобмеженої струї біля випуклої та ввігнутої стінки. Формування вихорів Гертлера та Тейлора в криволінійних каналах.
6	<i>Характеристика закрученого потоку. Фактори інтенсифікації теплообміну. Способи закрутки течії. Фізична подоба течій з початковою закруткою. Гідродинаміка закрученої течії в трубах. Вплив граничних умов. Теплообмін закрученої течії в трубах. Вплив граничних умов.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М.: Машиностроение, 1982, с. 6-73. 2. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков. К.: Наукова Думка, 1989, с. 6-50. 3. Щукин В.К. Теплообмен и гидродинамика потоков в полях массовых сил. М.: Машиностроение, 1980, с. 118-142.
Завдання на СРС:	Локальне та інтегральне числа подоби. Зв'язок між ними. Затухання закрутки в трубі.
7	<i>Теплообмін та гідродинаміка біля завихрювачів. Стабільність течії. Теплообмін та гідравлічний опір всередині скручених труб та зміювиків. Теплообмін та гідравлічний опір в пучках скручених труб.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М.: Машиностроение, 1982, с. 32-38.

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков. К.: Наукова Думка, 1989, с. 117-121. 3. Щукин В.К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил. М.: Машиностроение, 1980, с. 63-66. 4. Данилов Ю.И., Дзюбенко Б.В., Дрейцер Г.А., Ашмантас Л.А. Теплообмен и гидродинамика в каналах сложной формы. М.: Машиностроение, 1986, с. 149-170.
Завдання на СРС:	Заглушення турбулентності біля завихрювача. Фізична структура потоку в пучках скручених труб.
8	<i>Теплообмін в надзвукових соплах Лавалья. Циклонне охолодження лопаток ГТД. Вихрова матриця в системі охолодження лопаток ГТД.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков. К.: Наукова Думка, 1989, с. 129-132. 2. 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, с. 67-83. 3. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 7: Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 2008, с. 53-167. 4. Ануров Ю.М., Коваль В.А., Халатов А.А. и др. Обеспечение показателей надежности и ресурса ГТД стационарного применения ч.2. Харьков, Изд. Монограф, 2011, с. 137-172.
Завдання на СРС:	Структура «звукової» лінії в соплах з закрутою потоку. Можливість регулювання тяги сопла за рахунок закрутки.
9	<i>Структура течії, стабільність та фізична подоба в каналах, що обертаються навколо своєї осі. Режимы течії. Теплообмін та гідравлічний опір в трубах, що обертаються навколо своєї осі. Особливості структури течії в трубі, що обертається радіально. Режимы течії. Фізична подоба.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Щукин В.К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил. М.: Машиностроение, 1980, с. 168-180.
Завдання на СРС:	Стабільність потоку в трубі, що обертається навколо своєї осі. Кориолісові сили та їх вплив на теплообмін.
10	<i>Теплообмін та гідравлічний опір в трубі, що обертається радіально. Структура течії в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються. Фізична подоба та стабільність в зазорі між циліндрами, що обертаються.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Щукин В.К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил. М.: Машиностроение, 1980, с. 180-197.
Завдання на СРС:	Стабільність потоку, вплив осьової течії на вихрову структуру потоку в зазорі між циліндрами, що обертаються. Карта режимів.
11	<i>Теплообмін в зазорі між коаксіальними циліндрами, що обертаються.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Щукин В.К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил. М.: Машиностроение, 1980, с. 197-210.
Завдання на СРС:	Режими течії та рівняння для розрахунку теплообміну в зазорі між циліндрами, що обертаються.
12	<i>Класифікація поверхневих заглиблень. Одиночне сферичне заглиблення. Структура течії. Режимы течії в заглибленні. Перехід до турбулентності за заглибленням. Теплообмін та гідравлічний опір за одиночним сферичним та циліндричним заглибленням.</i>
Література:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Халатов А.А., Борисов И.И., Шевцов С.В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 5: Тепломассообмен гидравлическая эффективность вихревых и закрученных потоков. К.: изд. ИТТФ НАНУ, 2005, с. 216-268.

Завдання на СРС:	Карта режимів в одиночному заглибленні, форма вихорів. Перехід до турбулентності.
13	<i>Одно- та дворядна система сферичних заглиблень: особливості структури течії та перехід до турбулентності за заглибленням. Одно- та дворядна система сферичних заглиблень: теплообмін та гідравлічний опір, вплив форми заглиблення.</i>
Література:	1. Халатов А.А., Борисов И.И., Шевцов С.В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 5: Тепломассообмен гидравлическая эффективность вихревых и закрученных потоков. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 2005, с. 257-309. 2. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 7: Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 2008, с.237-246.
Завдання на СРС:	Особливості структури потоку та теплообміну в одно- та дворядних системах.
14	<i>Теплообмін та гідравлічний опір в каналах з багаторядними поверхневими заглибленнями. Теплообмін поперечному обтіканні труб з поверхневими заглибленнями. Пучки труб. Вихрові технології аеротермодинаміки: плівкове охолодження, керування відривом потоку, внутрішнє охолодження лопаток ГТД.</i>
Література:	1. Халатов А.А., Борисов И.И., Шевцов С.В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 5: Тепломассообмен гидравлическая эффективность вихревых и закрученных потоков. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 2005, с. 377-380. 2. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил. Том 7: Вихревые технологии аэротермодинамики в энергетическом газотурбостроении. К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 2008, с. 100-130.
Завдання на СРС:	Особливості течії та теплообміну при обтіканні одиночної труби з заглибленнями. Плівкове охолодження пластини за системою дворядних напівсферичних заглиблень.
15	<i>Кипіння рідини в трубах. Криза кипіння в трубах та керування кризою. Підведення газу та рідини в примежовий шар. Ламінарно-турбулентний перехід. Тепловіддача на шорсткій поверхні.</i>
Література:	1. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Машиностроение, 1975, с. 332-403. 2. Доник Т.В., Письменный Д.Н. Теплообмен и гидродинамика закрученных и вихревых потоков в каналах. К.: Наукова Думка, 2014, с. 148-203.
Завдання на СРС:	Фізична структура потоку при підведенні газу в примежовий шар. Критична умова вдуву.
16	<i>Тепловіддача у відривних зонах. Плівкове охолодження на пласкій поверхні. Пористі вставки в каналах.</i>
Література:	1. Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы. Н.: Наука, 1983, с. 8-33. 2. Попов И.А. Гидродинамика и теплообмен в пористых теплообменных элементах и аппаратах. Казань: Центр промышленных технологий, 2007, с. 90-110.
Завдання на СРС:	Причини інтенсифікації теплообміну в відривних зонах. Способи плівкового охолодження.
17	<i>Мікрооребріння в каналах ГТД. Двофазна течія (газ-тверді частинки) в соплах Лавалля.</i>
Література:	1. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Машиностроение, 1975, с. 378-382. 2. Доник Т.В., Письменный Д.Н. Теплообмен и гидродинамика закрученных и вихревых потоков в каналах. К.: Наукова Думка, 2014, с. 87-103.
Завдання на СРС:	Інерційне осадження частинок. Особливості теплообміну в соплах Лавалля з двофазним потоком.

18	<i>Теплові труби та їх використання в системах охолодження.</i>
Література:	1. Мухачев Г.А., Шукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Машиностроение, 1975, с. 437-442.
Завдання на СРС:	Принцип роботи теплової труби. Умови її ефективної роботи.

№ з/п	Назва теми практичних занять
1.	Тепловіддача в хімічно реагуючих потоках.
2.	Тепловіддача в криволінійних течіях.
3	Теплообмін в закручених потоках.
4	Циклонне охолодження лопаток ГТД.
5	Теплообмін в каналах, що обертаються.
6	Теплообмін в системах з заглибленнями на поверхні.
7	Багаторядні поверхневі заглибленнями.
8	Теплообмін в каналах енергетичних установок.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота, а саме певна частка навчального матеріалу, на який виділено лише години СРС не передбачена.

Завданням самостійної роботи студентів є навчити студентів 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;
- виконання підготовчої роботи до практичних занять та до написання МКР;
- підготовка до складання заліку.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття (як лекцій, так і практичних);
- активність на практичних та лекційних заняттях, підготовка коротких доповідей на практичні заняття, використання засобів зв'язку – дистанційний ресурс Moodle та інші інтернет ресурси, що надає викладач тощо);
- заохочувальні бали за конспект лекційних занять (Мають бути законспектовані всі лекції власноруч, після перевірки конспекту лекційних занять конспект позначається для запобігання його передачі іншим студентам) – 2 б., участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни) – до 5 б. Штрафні бали за порушення термінів виконання завдань (за кожну роботу) – 2 б. ;

- *результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається;*
- *дотримання стандартів академічної доброчесності.*

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

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю:

Поточний контроль: опитування за темою заняття. Максимальна кількість балів – 36.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Передбачається модульна контрольна робота, що проводиться в два етапи: МКР1 (Розділ1-2) на 8-ому тижні та МКР2 (Розділ3-4) на 16-ому тижні. Максимальна кількість балів – 24.

Семестровий контроль: екзамен – 40 балів.

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

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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, надається у вигляді додатка до силабусу.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

В.о. завідувача кафедри, доктор технічних наук, професор, Халатов Артем Артемович

Старший викладач, кандидат технічних наук, Панченко Надія Анатоліївна

Ухвалено кафедрою Фізики енергетичних систем (протокол № 2 від 4 вересня 2020 р.)

Затверджено Вченою радою ФТІ (протокол № 7/1 від 7 вересня 2020 р.)