



ТЕПЛООБМІН В ГАЗОВОМУ ТРАКТІ ПАРОВИХ КОТЛІВ - 2

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>142 Енергетичне машинобудування</i>
Освітня програма	<i>ОПП Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Загальна</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3,5 кредити ЕКТС (105 годин), 45 годин лекцій, практичні заняття – не передбачені, 60 годин – самостійна робота</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Письмово-усний екзамен, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>2,5 години лекційних занять згідно з розкладом http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор, практичні заняття: к.т.н. Семеняко Олександр Володимирович, тел. 066-756-34-25, e-mail: in.fin.in.tum@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Основною задачею, яка стоїть перед теплоенергетикою в світі є розробка паливовикористовуючого вогнетехнічного обладнання, яке з одного боку має високі техніко-економічні показники, а з іншого - допустимий вплив на навколишнє середовище. Рішення цієї задачі пов'язано з розробкою певної конструкції парового котла, яка розв'язує проблеми тепломасообміну, гідро- і аеродинаміки та міцності його елементів. Для створення такого обладнання необхідно мати знання, уміння і компетентності в області теплообміну і гідродинаміки складних систем.

Предмет навчальної дисципліни – особливості радіаційного конвективного та складного теплообміну в вогнетехнічних установках і пристроях в цілому та в газовому тракті парових котлів в залежності від типу органічного палива, яке спалюється в топковій камері. Методики позонного і зонального розрахунку теплообміну в газовому тракті парових котлів.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей.

Загальні:

- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК1).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК4).

- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК6).
- Прагнення до збереження навколишнього середовища (ЗК7).

Фахові спеціальності:

- Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі енергетичного машинобудування (ФК1).
- Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії (ФК2).
- Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності (ФК3).
- Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання (ФК5).
- Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів (ФК8).
- Здатність виконувати роботи зі стандартизації, уніфікації та технічної підготовки до сертифікації технічних засобів, систем, процесів, устаткування й матеріалів, організувати метрологічне забезпечення теплотехнологічних процесів з використанням типових методів контролю якості продукції у галузі енергетичного машинобудування (ФК9).
- Здатність забезпечувати моделювання об'єктів і процесів з використанням стандартних і спеціальних пакетів програм та засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів (ФК10).
- Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи методи дослідницької діяльності (ФК12).
- Здатність продемонструвати знання характеристик і властивостей матеріалів, обладнання, процесів в галузі енергетичного машинобудування (ФК13).
- Здатність застосовувати методи оцінки теплогідравлічної надійності теплоенергетичного устаткування (ФК15).

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання:

- Знання і розуміння інженерних дисциплін на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки (ЗН2).

Уміння:

- Розуміння складних інженерних технологій, процесів, систем і обладнання; уміння обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; уміння правильно інтерпретувати результати таких досліджень (УМ1).
- Уміння виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень (УМ2).
- Уміння здійснювати пошук необхідної інформації в технічній літературі, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань (УМ5).

- Уміння планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки (УМ7).
- Уміння демонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій в галузі енергетичного машинобудування, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії (УМ8).
- Уміння застосовувати методику проектування і дослідження для відомих і нових зразків теплоенергетичного обладнання (УМ9).
- Уміння вирішувати практичні завдання, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень (УМ10).
- Уміння обирати та застосовувати сучасні матеріали, обладнання та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміти їх обмеження при проектуванні теплоенергетичного обладнання (УМ11).
- Уміння застосовувати норми інженерної практики при виконанні інженерної діяльності (УМ12).
- Уміння ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень з інженерним співтовариством і суспільством загалом (УМ15)
- Уміння ефективно працювати в національному та міжнародному контексті, як особистість і як член команди, і ефективно співпрацювати з інженерами та не інженерами (УМ16).
- Уміння розпізнавати необхідність і самостійно навчатися протягом життя (УМ17).
- Уміння відстежувати розвиток науки і техніки (УМ18).

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

Пререквізити: ПО7 Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні; ПО13 Конструкційні матеріали в енергомашинобудуванні; Освітній компонент 5. К-каталог.

Постреквізити: Освітній компонент 6. К-каталог.

3. Зміст навчальної дисципліни

Частина 2. Теплообмін в газовому тракці парових котлів - 2

Розділ 5. Розрахунок теплообміну в поверхнях нагріву.

Тема 5.1. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі.

Тема 5.2. Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі при повздовжньому і поперечному русі теплоносія в трубчатих поверхнях нагріву.

Тема 5.3. Визначення коефіцієнтів забруднення, використання і теплової ефективності поверхонь нагріву.

Тема 5.4. Розрахунок температурного напору в поверхнях нагріву.

Розділ 6. Тепловий розрахунок радіаційних та напіврадіаційних поверхонь нагріву парового котла.

Тема 6.1. Розрахунок радіаційного пароперегрівника.

Тема 6.2. Розрахунок ширмового пароперегрівника, фестона і підвісних труб.

Розділ 7. Тепловий розрахунок конвективних поверхонь нагріву парового котла.

Тема 7.1. Розрахунок конвективного пароперегрівника.

Тема 7.2. Розрахунок водяного економайзера.

Тема 7.3. Розрахунок рекуперативних та регенеративних повітропідігрівників. Повітропідігрівники з проміжним теплоносієм.

Тема 7.4. Одержання високого рівня підігріву повітря в регенеративних повітропідігрівниках. Повне розділення газоходів як засіб регулювання температури пром. перегріву. Конструктивні рішення утилізаційних схем.

Тема 7.5. Формування теплової нерівномірності у конвективних поверхнях нагріву парового котла і розрахунок теплової розвірки.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література

1. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). – С-П: НПО ЦКТИ – ВТИ, 1998, 256 с.
2. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф., Модель З.Г. Компонировка и тепловой расчет парогенератора. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергия, 1975, 176 с.
3. Методические указания по проектированию топочных устройств энергетических котлов. – С-П.: АООТ “НПО ЦКТИ”, 1996, 270 с.
4. Блох А.Г. Теплообмен в топках паровых котлов. Л., Энергоатомиздат, 1984, 240 с.
5. Орнатский А.П., Дашкиев Ю.Г., Перков В.Г. Парогенераторы сверхкритического давления. – Киев: Вища школа, 1980, 288 с.
6. Крель Л.Б., Розенгауз И.Н. Конвективные элементы мощных котельных агрегатов. М.: Энергия. 1976, 248 с.

Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література

1. Хзмалян Д.М., Качан Я.А. Теория горения и топочные устройства. Под ред. Д.М. Хзмаляна. Учсб. Пособие для студентов высш. учеб. заведений. – М.: Энергия, 1976, 488 с.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1981, 434 с.
3. Вукалович. Техническая термодинамика.
4. Идельчик И.Е. Аэродинамика технологических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983, 351 с.
5. Орбренные поверхности нагрева паровых котлов /Г.И. Левченко, И.Д. Лисейкин, А.М. Копелиович и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986, 168 с.
6. Ковалев А.П. и др. Парогенераторы: Учебник для вузов /А.П. Ковалев, Н.С. Лелеев, Т.В. Виленский: Под общ. ред. А.П. Ковалева. – М.: Энергоиздат, 1985, 376 с.
7. Бычковский А.Л. Утепляющие экраны парогенераторов. – М.: Машиностроение, 1976, 112 с.
8. Кузнецов Н.В. Рабочие процессы и вопросы усовершенствования конвективных поверхностей котельных агрегатов. – М.-Л: Госэнергоиздат, 1958, 172 с.
9. Эксплуатационная надежность пароперегревателей котлов и методы ее прогнозирования: Учебное пособие /Ю.Г. Дашкиев, Е.Е. Никитин, Г.П. Полупан. – К.: УМК ВО, 1989, 92 с.
10. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты /А.П. Волков и др. – М.: Энергоиздат, 1989. – 272 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 5. Розрахунок теплообміну в поверхнях нагріву	
1.	<p style="text-align: center;"><u>Тема 5.1. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі</u></p> <p>Лекція 1. Фактори, що впливають на процес переносу теплоти через стінку. Теплообмін через багаточастину плоску стінку. Особливості фізичних властивостей димових газів і сухого та волого повітря. Радіаційно-конвективний теплообмін в ширмових поверхнях нагріву. Конвективний теплообмін в водяних економайзерах і повітропідігрівниках. Лекція супроводжується показом слайдів за допомогою проектора.</p>

	<p>Література: основна – [2, с. 78 - 80] додаткова – [8]. СРС: Математичний опис процесу теплопередачі через плоску стінку. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
2.	<p><u>Тема 5.2. Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі при повздовжньому і поперечному русі теплоносія в трубчатих поверхнях нагріву</u></p> <p>Лекція 2. Тепловіддача від газів до циліндра при повздовжньому русі теплоносія. Розрахункова температура і живий переріз для теплоносія. Тепловіддача від газів до циліндра при поперечному русі теплоносія. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 80 - 83], додаткова – [8]. СРС: Середня і локальна тепловіддача при повздовжньому русі теплоносія для циліндричної поверхні. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p> <p>Лекція 3. Тепловіддача при поперечному омиванні коридорних пучків. Тепловіддача при поперечному омиванні шахових пучків труб. Тепловіддача від газів при складному русі в трубчатих поверхнях нагріву. Променевий теплообмін в поверхнях нагріву парових котлів. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 83 - 102], додаткова – [8]. СРС: Особливості теплопередачі через одношарову циліндричну стінку. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
3.	<p><u>Тема 5.3. Визначення коефіцієнтів забруднення, використання і теплової ефективності поверхонь нагріву</u></p> <p>Лекція 4. Коефіцієнт забруднення для ширмових поверхонь і шахматних та коридорних пучків. Коефіцієнт використання для ширмових поверхонь і рекуперативних та регенеративних поверхонь нагріву парових котлів. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 103 - 107], додаткова – [3]. СРС: Теплофізичні властивості забруднень поверхонь нагріву при роботі на твердому паливі. Література: основна – [1] додаткова – [8]</p> <p>Лекція 5. Коефіцієнт використання для ширмових поверхонь і рекуперативних та регенеративних поверхонь нагріву парових котлів. Коефіцієнт теплової ефективності поверхонь нагріву. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 103 - 107], додаткова – [3]. СРС: Теплофізичні властивості забруднень поверхонь нагріву при роботі на газовому паливі. Література: основна – [1] додаткова – [8]</p>
4.	<p><u>Тема 5.4. Розрахунок температурного напору в поверхнях нагріву</u></p> <p>Лекція 6. Температурний напір при прямотоковому і протитоковому русі теплоносія і робочого тіла. Схеми з паралельно-змішаним рухом. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 107 - 112], додаткова – [9]. СРС: Теплофізичні властивості золених відкладень при згорянні мазуту. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p> <p>Лекція 7. Температурний напір при перехресному русі теплоносія і робочого тіла. Вплив зміни теплофізичних властивостей робочого тіла і агрегатного стану на температурний напір. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 107 - 112], додаткова – [9]. СРС: Теплофізичні властивості води і пари на лінії насичення. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
<p>Розділ 6. Тепловий розрахунок радіаційних та напіврадіаційних поверхонь нагріву парового</p>	

котла	
5.	<p style="text-align: center;"><u>Тема 6.1. Розрахунок радіаційного пароперегрівника</u></p> <p>Лекція 8. Особливості конструкції і розташування радіаційних пароперегрівників. Розподіл теплосприйняття в радіаційних пароперегрівниках. Тепловий потік і коефіцієнт тепловіддачі в радіаційних пароперегрівниках від димових газів. Параметри робочого тіла на виході з пароперегрівника. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 113 - 117] додаткова – [15]. СРС: Особливості радіаційного теплообміну для гладкотрубних та газощільних екранів. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
6.	<p><u>Тема 6.2. Розрахунок ширмового пароперегрівника, фестона і підвісних труб</u></p> <p>Лекція 9. Особливості конструкції ширмового пароперегрівника і місце його розташування. Вимоги безшлакової роботи ширм. Особливості теплообміну в вертикальних і горизонтальних ширмах. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 117 - 121], [15] додаткова – [3]. СРС: Підготовка до МКР.</p> <p>Лекція 10. Тепловий баланс в напіврадіаційних пароперегрівниках. Конструктивні особливості одно- і багаторядного фестонів. Призначення підвісних труб. Особливості теплообміну в фестоні і підвісних трубах. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 117 - 123], [15] додаткова – [3].</p> <p>Модульна контрольна робота, частина I СРС: Особливості теплообміну коридорних пучків з кількістю рядів $Z_2 < 10$. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
Розділ 7. Тепловий розрахунок конвективних поверхонь нагріву парового котла	
7.	<p style="text-align: center;"><u>Тема 7.1. Розрахунок конвективного пароперегрівника</u></p> <p>Лекція 11. Приріст ентальпії і масові швидкості в пакетах конвективних пароперегрівників. Тепловий розрахунок гарячого та холодного пакетів. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 123 - 128], [14] додаткова – [8]. СРС: Особливості теплообміну шахових пучків з кількістю рядів $Z_2 < 10$. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p> <p>Лекція 12. Проміжний пароперегрівник, особливості конструкції та розрахунків. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 123 - 128], [14] додаткова – [8]. СРС: Особливості теплообміну коридорних пучків з кількістю рядів $Z_2 > 10$. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
8.	<p style="text-align: center;"><u>Тема 7.2. Розрахунок водяного економайзера</u></p> <p>Лекція 13. Призначення, особливості конструкції і розташування водяних економайзерів. Киплячі і некиплячі водяні економайзери, діапазон масових швидкостей. Розрахункове теплосприйняття водяного економайзера як замикаючої поверхні нагріву. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 128 - 131], [14] додаткова – [8]. СРС: Особливості теплообміну шахових пучків з кількістю рядів $Z_2 > 10$. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p> <p>Лекція 14. Одно- та двоступеневі схеми водяного економайзера. Розрахунок теплообміну в пакеті водяного економайзера. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 128 - 131], [14] додаткова – [8]. СРС: Теплообмін при ламінарній течії теплоносія в трубах, в'язкістний та в'язкістно-</p>

	<p>гравітаційні режими. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
9.	<p><u>Тема 7.3. Розрахунок рекуперативних та регенеративних повітропідігрівників. Повітропідігрівники з проміжним теплоносієм</u></p> <p>Лекція 15. Конструктивні характеристики трубчастих повітропідігрівників. Вплив геометрії поверхні нагріву на інтенсивність теплообміну. Визначення компоновочних рішень по розміщенню повітропідігрівників. Розрахунок одно- та двоступеневого повітропідігрівника. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 131 - 135], [6] додаткова – [8].</p> <p>Лекція 16. Типи поверхонь нагріву рекуперативних повітропідігрівників. Типорозміри регенеративних повітропідігрівників. Точка роси димових газів при згоранні сірчаних палив і корозійно-небезпечний діапазон температури металу стінки. Тепловий розрахунок регенеративного повітропідігрівника. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 135 - 141], [6] додаткова – [8]. СРС: Теплофізичні властивості неорганічних та органічних теплоносіїв (спиртів, фреонів, дифінільної суміші, нафталіну). Література: основна – [1] додаткова – [8].</p> <p>Лекція 17. Методи підвищення надійності роботи “холодних” пакетів повітропідігрівників. Конструктивні особливості повітропідігрівників виготовлених з теплових труб або термосифонів. Температурний діапазон роботи теплових труб і вибір теплоносія. Тепловий розрахунок повітропідігрівника з проміжним теплоносієм. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [2, с. 141 - 144] додаткова – [8]. СРС: Теплофізичні і термодинамічні властивості димових газів. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
10.	<p><u>Тема 7.4. Одержання високого рівня підігріву повітря в регенеративних повітропідігрівниках. Повне розділення газоходів як засіб регулювання температури пром. перегріву. Конструктивні рішення утилізаційних схем</u></p> <p>Лекція 18. Необхідність отримання високих значень температури гарячого повітря. Шляхи вдосконалення конструкцій регенеративних повітропідігрівників, нові типи поверхонь теплообміну. Про недоцільність двоступінчатої компоновки регенеративних повітропідігрівників. Схеми з розподілом газоходу у зоні повітропідігрівника – засіб одержання високих температур підігріву повітря. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [6, с. 67 - 78], [6] додаткова – [8]. СРС: Температура конденсації водяної пари. Точка роси. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p> <p>Лекція 19. Повне розділення конвективних газоходів як засіб регулювання температури пром. перегріву. Загальна характеристика роботи схеми і підтримання параметрів пром. перегріву, температури гарячого повітря і відпрацьованих газів в процесі експлуатації. Низькотемпературні водяні економайзери. Економічна ефективність запропонованих рішень. Лекція супроводжується показом слайдів. Література: основна – [6, с. 91 - 102, 115 - 119], [6] додаткова – [9]. СРС: Гідродинаміка руху рідини в каналах складної форми. Література: основна – [1] додаткова – [8].</p>
11.	<p><u>Тема 7.5. Формування теплової нерівномірності у конвективних поверхнях нагріву парового котла і розрахунок теплової розвірки</u></p> <p>Лекція 20. Аеродинаміка поворотного газоходу і характер руху газового потоку в ньому. Епюри розподілу швидкостей газів в поворотному газоході і нерівномірність швидкості по</p>

<p>перерізах.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів.</p> <p>Література: основна – [5, с. 248 - 250, с. 56 - 58] додаткова – [10].</p> <p>СРС: Гідродинаміка руху рідини в каналах складної форми.</p> <p>Література: основна – [1] додаткова – [8].</p> <p>СРС: Температурний режим метала стінки в залежності від умов теплообміну.</p> <p>Література: основна – [1] додаткова – [8].</p> <p>Лекція 21. Аеродинаміка опускного газоходу і характер руху газового потоку в ньому. Теплова розвірка, її складові і основні джерела виникнення. Основні джерела формування теплової нерівномірності і засоби її розрахункового визначення у конвективних і ширмових пароперегрівниках.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів.</p> <p>Література: основна – [5, с. 248 - 250, с. 56 - 58] додаткова – [10].</p> <p>СРС: Підготовка до МКР.</p> <p>Лекція 22. Методи визначення теплової розвірки в пароперегрівниках і її шкідливі наслідки. Основні шляхи підвищення експлуатаційної надійності високотемпературних поверхонь нагріву парових котлів.</p> <p>Лекція супроводжується показом слайдів.</p> <p>Література: основна – [5, с. 250 - 264] додаткова – [8].</p> <p>Модульна контрольна робота, частина II</p>

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання
1.	Математичний опис процесу теплопередачі через плоску стінку. Література: основна – [1] додаткова – [8].
2.	Середня і локальна тепловіддача при повздовжньому русі теплоносія для циліндричної поверхні. Література: основна – [1] додаткова – [8].
3.	Особливості теплопередачі через одношарову циліндричну стінку. Література: основна – [1] додаткова – [8].
4.	Теплофізичні властивості забруднень поверхонь нагріву при роботі на твердому паливі. Література: основна – [1] додаткова – [8].
5.	Теплофізичні властивості забруднень поверхонь нагріву при роботі на газовому паливі. Література: основна – [1] додаткова – [8].
6.	Теплофізичні властивості золених відкладень при згорянні мазуту. Література: основна – [1] додаткова – [8].
7.	Теплофізичні властивості води і пари на лінії насичення. Література: основна – [1] додаткова – [8].
8.	Особливості радіаційного теплообміну для гладкотрубних та газощільних екранів. Література: основна – [1] додаткова – [8].
9.	Особливості теплообміну коридорних пучків з кількістю рядів $Z_2 < 10$. Література: основна – [1] додаткова – [8].
10.	Особливості теплообміну шахових пучків з кількістю рядів $Z_2 < 10$. Література: основна – [1] додаткова – [8].
11.	Особливості теплообміну коридорних пучків з кількістю рядів $Z_2 > 10$. Література: основна – [1] додаткова – [8].
12.	Особливості теплообміну шахових пучків з кількістю рядів $Z_2 > 10$. Література: основна – [1] додаткова – [8].
13.	Теплообмін при ламінарній течії теплоносія в трубах, в'язкістний та в'язкістно-гравітаційні режими.

	Література: основна – [1] додаткова – [8].
14.	Теплофізичні властивості неорганічних та органічних теплоносіїв (спиртів, фреонів, дифінільної суміші, нафталіну). Література: основна – [1] додаткова – [8].
15.	Теплофізичні і термодинамічні властивості димових газів. Література: основна – [1] додаткова – [8].
16.	Температура конденсації водяної пари. Точка роси. Література: основна – [1] додаткова – [8].
17.	Гідродинаміка руху рідини в каналах складної форми. Література: основна – [1] додаткова – [8].
18.	Температурний режим метала стінки в залежності від умов теплообміну. Література: основна – [1] додаткова – [8].

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *відвідування занять є обов'язковим;*
- *в разі пропущення заняття воно повинно бути відпрацьоване за індивідуальних графіком;*
- *готовність відповідей при опитуванні за матеріалами СРС та попередньо пройденого матеріалу;*
- *в разі виявлення академічної недобросовісності у виконанні модульної контрольної роботи – результати контрольного заходу не враховуються. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.*

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

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

1. *активну участь (відповіді, дискусії) у роботі на заняттях;*
2. *виконання завдань СРС по лекційному курсу;*
3. *виконання 2-х частин модульної контрольної роботи;*
4. *відповіді на екзамені – максимально 40 балів.*

Система рейтингових балів

1. Відповіді на заняттях

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів: $r_1 = 3 \text{ бали} \times 4 = 12 \text{ балів}$. Критерії оцінювання: 3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; 2 бали — відповідь має несуттєві похибки; 1 бал — неповна відповідь; 0 балів — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Виконання завдань СРС

Ваговий бал — 1,5. Максимальна кількість балів - 27 (завдання СРС видаються після кожної лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень): $r_2 = 1,5 \text{ бали} \times 18 = 27 \text{ балів}$. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове. Критерії оцінювання: 1,5 бал — в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; 0 балів — не вчасно надана відповідь.

Штрафні бали – несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) — 1 бал.

Додатково 1 бал отримує студент, котрий своєчасно і в повному обсязі виконав завдання СРС.

3. Модульна контрольна робота (МКР)

Протягом семестру проводиться дві частини МКР. Ваговий бал кожної частини — 10. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_3 = 10 \times 2 = 20 \text{ балів}$. Критерії оцінювання: 10 - 9 балів — повна вірна відповідь на завдання (не менше 90 % потрібної інформації); 7 - 8 балів —

достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями; 3 – 6 балів — неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки; 0 – 2 балів — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

Поточний контроль

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 26 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 13 балів. За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 40 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів.

4. Відповіді на екзамені

Екзамен проводиться у письмово–усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 15 балів, а третє – 10 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання $15 + 15 + 10 = 40$ балів.

Критерії оцінювання

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 13...15 (9...10) балів;
- достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 10...12 (7...8) балів;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 7...9 (5...6) балів;
- незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та значні помилки) – менше 6 (5) балів.

Штрафні бали: додаткове питання з тем лекційного курсу отримують студенти, які не брали участі у роботі певного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 3 бали.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D)

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає

$$R_c = r_1 + r_2 + r_3,$$

де r_i – рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 15 + 25 + 20 = 60$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС та стартовий рейтинг не менше $0,5 \times R_c = 30$ балів.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 30 балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова шкали дорівнює $R_e = 40$ балів. Таким чином, максимальна кількість балів за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_c + R_e = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Додаток 1

Перелік питань до модульної контрольної роботи

№ з/п	Назва теми , яка виноситься на контрольну роботу
Модульна контрольна. Частина I	
1.	Розрахунок коефіцієнта теплопередачі.
2.	Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі при повздовжньому і поперечному русі теплоносія в трубчатих поверхнях нагріву.
3.	Визначення коефіцієнтів забруднення, використання і теплової ефективності поверхонь нагріву.
4.	Розрахунок температурного напору в поверхнях нагріву.
5.	Розрахунок радіаційного пароперегрівника.
6.	Розрахунок ширмового пароперегрівника, фестона і підвісних труб.
Модульна контрольна. Частина II	
1.	Розрахунок конвективного пароперегрівника.
2.	Розрахунок водяного економайзера.
3.	Розрахунок рекуперативних та регенеративних повітропідігрівників. Повітропідігрівники з проміжним теплоносієм.
4.	Одержання високого рівня підігріву в регенеративних повітропідігрівниках. Повне розділення конвективних газоходів як засіб регулювання температури промперегріву. Конструктивні рішення утилізаційних схем.
5.	Формування теплової нерівномірності у конвективних поверхнях нагріву парового котла і розрахунок теплової розвірки.

Перелік питань на екзамен

1. Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до робочого тіла, фактори, які впливають на його величину.
2. Фактори, що впливають на конструкцію конвективних ПП.
3. Фактори, що впливають на конструкцію напіврадіаційних ПП.
4. Визначення радіаційної тепловіддачі в конвективних ПП.
5. Методика розрахунку і особливості конструкції регенеративного повітропідігрівача.
6. Фактори, які впливають на теплообмін в гладкотрубних поверхнях, що поперечно омиваються.
7. Методика визначення геометричних характеристик поворотного газоходу.
8. Методика визначення геометричних характеристик конвективної шахти.
9. Методика розрахунку і особливості конструкції трубчатого повітропідігрівача.
10. Розподіл теплосприйняття між елементами пароперегрівного тракту і особливості його конструкції.
11. Вибір температури гарячого повітря і методи її отримання.
12. Теплосприйняття в вихідних ПП при протитоковому русі.
13. Теплосприйняття в вихідних ПП при змішаному русі.
14. Отримання високих температур гарячого повітря шляхом розділу газоходу.
15. Методика визначення вихідної температури робочого тіла з КПП.
16. Методика визначення параметрів робочого тіла з ВЕ.
17. Особливості конструкції повітропідігрівачів ПК, які працюють на паливах з підвищеним вмістом сірки.
18. Методика розрахунку теплообміну при поперечному русі теплоносія в оребрених поверхнях нагріву.
19. Методика розрахунку точки роси димових газів при згоранні сірчаних палив і корозійно-небезпечний діапазон температури металу стінки.
20. Температурний напір в конвективних елементах ПК при чистому прямотоці.
21. Температурний напір в конвективних елементах ПК при чистому протитоці.
22. Методика розробка теплової і конструктивної схем конвективного ПП.
23. Тепловіддача зі сторони теплоносія в конвективних ПП.
24. Тепловіддача зі сторони теплоносія в ВЕ.
25. Тепловіддача зі сторони теплоносія в повітропідігрівачах.
26. Методика розрахунку котельного пучка.
27. Методика розрахунку фестонона.
28. Методика розрахунку ШПП.
29. Коефіцієнти забруднення і теплової ефективності.
30. Визначення променистої складової в загальній тепловіддачі.
31. Методика розрахунку ВЕ. Тепловий баланс ПК
32. Характеристика температурного режиму поверхонь нагріву ПК з природною циркуляцією.
33. Характеристика температурного режиму поверхонь нагріву прямотокових ПК.
34. Рівняння теплового балансу конвективних поверхонь нагріву ПК.
35. Особливості конструктивних схем пароперегрівного тракту прямотокових котлів.
36. Особливості конструктивних схем пароперегрівного тракту котлів з природною циркуляцією.
37. Визначення температури забрудненої стінки.
38. Особливості конструкції повітропідігрівача на теплових трубах.
39. Одно і двоступенева компоновка хвостових поверхонь нагріву. Визначальні фактори.

40. Інтенсивність променистого теплообміну в конвективних поверхнях нагріву.
41. Паралельне включення конвективних газоходів ПК.
42. Визначення конструктивної схеми пароперегрівних поверхонь нагріву.
43. Вибір компоновки і особливості розрахунку теплообміну конвективних поверхонь нагріву.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викл. каф. АЕС і ІТФ, к.т.н. Семеняко О.В.

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № ___ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № __ від _____)