



НАЗВА КУРСУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Парові та водогрійні котли – 1

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>Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем</i> |
| Статус дисципліни | <i>Нормативна</i> |
| Форма навчання | <i>очна(денна)</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>3 курс, осінній семестр</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>4,5 кредитів, 135 годин</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>Екзамен/контрольна робота</i> |
| Розклад занять | |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: <i>к.т.н, Воробйов Микита Валерійович, vorobiov.nikv@gmail.com</i> Практичні: <i>к.т.н, Воробйов Микита Валерійович, vorobiov.nikv@gmail.com</i> |
| Розміщення курсу | Посилання на дистанційний ресурс: https://www.youtube.com/channel/UCfXYSpl_ZnE2pN5y6ioZyfg/videos |

Програма навчальної дисципліни

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

При вивченні курсу «Парові та водогрійні котли – 1» студент має: 1) опанувати основні поняття щодо будови та принципу роботи котлів; 2) отримати навички розрахунку котельних установок; 3) аналізувати та визначати можливості використання на практиці різних типів палив при їх використанні в котельних установках; 5) вирішувати різноманітні проблеми щодо роботи котельних установок, які зустрічаються на практиці.

В наслідок вивчення курсу «Парові та водогрійні котли-1» студенти набувають наступних результатів у навчанні:

- Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі енергетичного машинобудування (ФК-1).

- Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності (ФК-3).

- Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання (ФК-5).

- Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів (ФК-8).

- Здатність виконувати роботи з розрахунку й проектування об'єктів і систем у області енергомашинобудування відповідно до технічних завдань з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем (ФК-13).

- Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень (ПРН-4).

- Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно до спеціалізацій спеціальності 142 Енергетичне машинобудування (ПРН 11)

- Управляти професійною діяльністю, приймати участь у роботі над проектами відповідно до спеціалізацій спеціальності 142 Енергетичне машинобудування, беручи на себе відповідальність за прийняття рішень (ПРН-17).

- Розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя (ПРН-20).

- Аналізувати розвиток науки і техніки (ПРН-21).

- Класифікувати теплообмінне обладнання за різними ознаками і відповідно до заданих умов роботи теплообмінного обладнання, вибирати паливо і теплоносії, використовувати стандартні методики для виконання конструкторських і повіркових розрахунків тепло- і парогенеруючих установок і теплоенергетичного обладнання (ПРН-22).

- Визначати та аналізувати теплогідравлічні та аеродинамічні характеристики роботи енергетичного і технологічного обладнання в умовах зміни режимних та експлуатаційних параметрів (ПРН-23).

- Розуміти принципи технологічних процесів виробництва, які мають негативний вплив на довкілля та застосовувати заходи, щодо зменшення цього впливу (ПРН-24).

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

Вивчення дисципліни базується на знанні студентами «Тепломасообміну», «Технічної термодинаміки», «Гідрогазодинаміки».

Курс є базовим для вивчення студентами освітньої «Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем» програми таких дисциплін, як «Виробнича практика», «Парогенератори і теплообмінники АЕС».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Паровий котел. Класифікація і типи парових котлів.

Тема 1.1. Паровий котел в технологічній схемі генерації пари.

Вступ. Паровий котел. Предмет і задачі курсу. Взаємозв'язок з іншими дисциплінами. Розвиток котлобудування в історичному аспекті. Сучасний паровий котел. Основні терміни і поняття. Технологічна схема котельної установки. Цикл паротурбінної установки. Визначення ККД паротурбінних установок, методи його підвищення.

Тема 1.2. Класифікація парових котлів.

Класифікація парових котлів: за призначенням, продуктивності, параметрам робочого тіла, по виду циркуляції. Основні параметри і маркування парових котлів. Властивості води як робочого тіла. Агрегатний стан, характерні значення температури і тиску.

Тема 1.3. Конструктивні схеми парових котлів.

Конструктивні схеми парових котлів з природною циркуляцією. Жаротрубні та димогарні котли. Еволюція розвитку водотрубних котлів. Конструктивні схеми прямотокових парових котлів. Схема пароводяного тракту котла системи Бенсона. Схема пароводяного тракту котла системи Зульцера. Схема пароводяного тракту котла системи Рамзіна. Конструктивні схеми парових котлів з багатократною примусовою циркуляцією. Властивості пари у докритичному та надкритичному стані. Зона великих теплоємностей.

Тема 1.4. Поверхні нагріву парових котлів.

Призначення поверхонь нагріву парового котла. Економайзери, розміщення в газоходах котла. Конструктивні рішення, організація руху робочого тіла. Випаровувальні поверхні нагріву котла. Топкові екрани, різновид теплообміну, запальний пояс. Котельні пучки, фестони. Пароперегрівники, призначення, вид теплообміну. Конструктивні особливості радіаційних, ширмових та конвективних пароперегрівників. Повітропідігрівники, призначення, вид теплообміну. Конструктивні особливості рекуперативних та регенеративних повітропідігрівників.

Розділ 2. Енергетичне паливо. Методи спалювання органічного палива.

Тема 2.1. Енергетичне паливо. Елементарний склад палива.

Органічне паливо, види палива. Тверде паливо, кам'яне вугілля, сланці. Рідке паливо, мазут і його властивості. Газоподібне паливо, природній газ, промисловий газ. Елементарний склад палива, горюча складова, баласт. Властивості горючої складової палива. Властивості золи. Вплив хімічних елементів на екологічність і надійність роботи котла.

Тема 2.2. Характеристика палива. Класифікація енергетичних палив.

Характеристика палива: робоча, аналітична, суха маса. Теплота згоряння палива, вища і низька теплота згоряння. Приведені характеристики палива. Вихід летких газів і коксу. Твердість палива та коефіцієнт розмолоздатності. Особливості та класифікація енергетичних палив. Властивості кам'яного, бурого вугілля, торфу. Розподіл за основними характеристиками. Мазут сірчастий та високосірчастий, його властивості.

Тема 2.3. Продукти згоряння органічного палива.

Теоретична витрата повітря на процес горіння палива. Стехіометричні рівняння процесу горіння складових горючої маси палива. Теоретичні об'єми продуктів згоряння (трьохатомних газів, азоту, водяної пари). Лекція супроводжується показом відповідних таблиць та рисунків за допомогою проектора. Дійсні об'єми продуктів згоряння. Коефіцієнт надлишку повітря і методи його визначення. Присмоки повітря по газовому тракту парового котла. Ентальпія продуктів згоряння і сухого повітря. $I-d$ діаграма.

Тема 2.4. Тепловий баланс і ККД парового котла.

Рівняння теплового балансу парового котла. Наявна теплота, внесена в топкову камеру. Використана теплота в паровому котлі. Теплові втрати. Втрати теплоти з відпрацьованими газами. Втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння палива. Втрати теплоти від механічної неповноти згоряння палива. Втрати теплоти в оточуюче середовище. Втрати теплоти з фізичною теплою шлаку. ККД парового котла і витрати палива.

Тема 2.5. Шарове спалювання твердого палива.

Схеми організації шарового топкового процесу. Робочі процеси у шарових топках. Конструктивні елементи шарових топкок. Механічні шарові топки, стадії підготовки палива і розподіл повітря по зонах. Ступеневе згоряння на ланцюговій решітці. Шахти топки, особливості конструкції при роботі на твердих паливах з підвищеною вологістю. Основні характеристики шарових топкок.

Тема 2.6. Камери спалювання органічного палива.

Особливості факельного спалювання палива, переваги і недоліки. Камерні топки і їх характеристики. Теплове напруження топкового об'єму і дзеркала горіння.

Тема 2.7. Спалювання твердого палива у киплячому шарі.

Умови виникнення псевдорозріженого шару. Переваги і недоліки котлів з псевдозрідженим шаром. Високотемпературні та низькотемпературні топки, умови роботи топкових екранів. Екологічні характеристики топок з псевдозрідженим шаром.

Тема 2.9. Камерні топки.

Камерні топки для спалювання газу. Світимість газового факелу. Стабілізація фронту запалювання. Методи суміші приготування, від гомогенного до гетерогенного. Втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння та коефіцієнти надлишку повітря. Пальники для спалювання газу. Камерні топки для спалювання рідкого палива. Методи отримання необхідної якості розпалювання. Конструкція форсунок. Пальникові пристрої газомазутних парових котлів. Високотемпературна і низькотемпературна корозія. Камерні топки спалювання твердого палива. Пальникові пристрої котлів, які працюють на твердому паливі. Компонівка пальникових пристроїв. Фактори, які впливають на топковий процес. Аеродинаміка камерних топок, основні вимоги. Камерні топки з рідким шлаковидаленням. Камерні топки з твердим шлаковидаленням. Циклонні та вихрові камерні топки.

Розділ 3. Гідродинаміка парових котлів.

Тема 3.1. Гідродинаміка однорідного та двофазного робочого тіла в трубах. Гідравлічний опір.

Рух нагріваемого робочого тіла в трубах. Характеристики рідини та рівняння руху, коефіцієнт тертя. Гідравлічний опір. Характеристики двофазного потоку рідини. Структура пароводяної суміші. Швидкість та паровміст пароводяної суміші. Розрахунок втрат тиску при русі пароводяної суміші в трубах.

Тема 3.2. Гідродинаміка пароводяної суміші в парових котлах з природною циркуляцією.

Контур природної циркуляції. Рушійний напір циркуляції. Гідравлічна характеристика контуру природної циркуляції. Кратність циркуляції.

Тема 3.3. Надійність роботи контурів природної циркуляції.

Умови роботи контура циркуляції. Гідродинамічна криза руху пароводяної суміші в вертикальних, нахилених і горизонтальних трубах. Причини виникнення застою та перевертання циркуляції. Надійність роботи опускних труб.

Тема 3.4. Примусовий рух води і пари в трубах котлів. Теплогідравлічні розвірки.

Прямотокові елементи пароводяного тракту котлів з природною циркуляцією та прямотокових котлів. Гідравлічна характеристика теплообмінної поверхні при примусовому русі робочого тіла. Вплив теплових і гідравлічних розвірок та нерівномірностей трубних елементів на масові швидкості.

Тема 3.5. Гідравлічні схеми пароперегрівників. Вплив теплових розвірок на роботу ПП.

Призначення пароперегрівників, умови експлуатації. Гідравлічні схеми пароперегрівачів, П-образні, Z-образні, Ш (радіальні) – образні варіанти підключення. Теплові розвірки в пароперегрівачах. Схеми парового тракту прямотокового і котла з природною циркуляцією.

Тема 3.6. Регулювання температури перегрітої пари.

Статичні характеристики пароперегрівників. Вплив експлуатаційних факторів на температуру перегріву. Методи і пристрої для регулювання температури перегріву. Методи газового і парового регулювання.

Розділ 4. Теплова схема і компоновка парового котла та його елементів.

Тема 4.1. Теплова схема парового котла.

Загальні уявлення про теплову схему. Теплова схема прямотокових та котлів з природною циркуляцією. Вибір теплової схеми і розміщення поверхонь нагріву в газовому тракті котла. Вплив параметрів пари, якості палива на конструкцію і теплову схему котла.

Тема 4.2. Основні типи компоновок парових котлів. Компонівка топкових пристроїв.

Типи компоновок парових котлів, переваги і недоліки. Компоновка топкової камери, вплив виду палива і параметрів робочого тіла. Вибір типу топкової камери, вимоги експлуатації. Двосвітні екрани, переваги і недоліки.

Тема 4.3. Компоновка поверхонь нагріву. Екрани, фестони, ширми, змієвикові поверхні нагріву, повітропідігрівники.

Топкові екрани і їх характеристики. Топкові екрани прямотокових і котлів з природною циркуляцією, газоцільні і футеровані екрани. Компенсація температурних розширень. Фестони та ширми. Особливість конструкції первинного і проміжного пароперегрівника, компенсація температурних розширень. Водяний економайзер, класифікація, особливості конструкції. Рекуперативні і регенеративні повітропідігрівники. Конструктивні варіанти одержання високої температури підігріву повітря.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

1. Парогенераторы : учебник для вузов /А.П. Ковалев, Н.С. Лелеев, Т.В. Виленский; под общ. ред. А.П. Ковалева. – М.: Энергоиздат, 1985. – 376 с., ил.

2. Резников М.И., Липов Ю.М. Паровые котлы тепловых электростанций: Учебник для вузов. – Энергоиздат, 1981. – 140 с., ил.

3. Стырикович М.А., Катковская К.Я., Серов Е.П. Парогенераторы электростанций, М. –Л., Энергия, 1966. – 384 с. ил.

4. Тепловой расчет котлов. Нормативный метод. С. – П., 1998. – 258 с.

Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекція 1. Вступ. Паровий котел. Предмет і задачі курсу. Взаємозв'язок з іншими дисциплінами. Розвиток котлобудування в історичному аспекті. Сучасний паровий котел. Основні терміни і поняття. Технологічна схема котельної установки.

Лекція 2. Класифікація парових котлів: за призначенням, продуктивності, параметрам робочого тіла, по виду циркуляції. Основні параметри і маркування парових котлів.

Лекція 3. Конструктивні схеми парових котлів з природньою циркуляцією. Жаротрубні та димогарні котли. Еволюція розвитку водотрубних котлів. Конструктивні схеми прямотокових парових котлів. Схема пароводяного тракту котла системи Бенсона. Схема пароводяного тракту котла системи Зульцера. Схема пароводяного тракту котла системи Рамзіна. Конструктивні схеми парових котлів з багатократною примусовою циркуляцією.

Лекція 4. Призначення поверхонь нагріву парового котла. Економайзери, розміщення в газоходах котла. Конструктивні рішення, організація руху робочого тіла. Випарувальні поверхні нагріву котла. Топкові екрани, різновид теплообміну, запальний пояс. Котельні пучки, фестони.

Лекція 5. Пароперегрівники, призначення, вид теплообміну. Конструктивні особливості радіційних, ширмових та конвективних пароперегрівників. Повітропідігрівники, призначення, вид теплообміну. Конструктивні особливості рекуперативних та регенеративних повітропідігрівників.

Лекція 6. Органічне паливо, види палива. Тверде паливо, кам'яне вугілля, сланці. Рідке паливо, мазут і його властивості. Газоподібне паливо, природній газ, промисловий газ. Елементарний склад палива, горюча складова, баласт. Властивості горючої складової палива. Властивості золи. Вплив хімічних елементів на екологічність і надійність роботи котла.

Лекція 7. Теоретична витрата повітря на процес горіння палива. Стехіометричні рівняння процесу горіння складових горючої маси палива. Теоретичні об'єми продуктів згорання (трьохатомних газів, азоту, водяної пари).

Лекція 8. Дійсні об'єми продуктів згоряння. Крефіцієнт надлишку повітря і методи його визначення. Присмоки повітря по газовому тракту парового котла. Ентальпія продуктів згоряння і сухого повітря. I–d діаграма.

Лекція 9. Рівняння теплового балансу парового котла. Наявна теплота, внесена в топкову камеру. Використана теплота в паровому котлі. Теплові втрати. Втрати теплоти з відпрацьованими газами. Втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння палива. Втрати теплоти від механічної неповноти згоряння палива. Втрати теплоти в оточуєче середовище. Втрати теплоти з фізичною теплотою шлака. ККД парового котла і витрати палива.

Лекція 10. Модульна контрольна робота, частина I. Схеми організації шарового топкового процесу. Робочі процеси у шарових топках. Конструктивні елементи шарових топок.

Лекція 11. Механічні шарові топки, стадії підготовки палива і розподіл повітря по зонах. Ступеневе згоряння на ланцюговій решітці. Шахти топки, особливості конструкції при роботі на твердих паливах з підвищеною вологістю. Основні характеристики шарових топок.

Лекція 12. Особливості факельного спалювання палива, переваги і недоліки. Камерні топки і їх характеристики. Теплове напруження топкового об'єму і дзеркала горіння.

Лекція 13. Умови виникнення псевдорозріженого шару. Переваги і недоліки котлів з псевдозрідженим шаром. Високотемпературні та низкотемпературні топки, умови роботи топкових екранів. Екологічні характеристики топок з псевдозрідженим шаром.

Лекція 14. Камерні топки для спалювання газу. Світимість газового факелу. Стабілізація фронту запалювання. Методи сумішеприготування, від гомогенного до гетерогенного. Втрати теплоти від хімічної неповноти згоряння та коефіцієнти надлишку повітря. Пальники для спалювання газу.

Лекція 15. Камерні топки для спалювання рідкого палива. Методи отримання необхідної якості розпалювання. Конструкція форсунок. Пальникові пристрої газомазутних парових котлів. Високотемпературна і низькотемпературна корозія.

Лекція 16. Камерні топки спалювання твердого палива. Пальникові пристрої котлів, які працюють на твердому паливі. Компоновка пальникових пристроїв. Фактори, які впливають на топковий процес.

Лекція 17. Аеродинаміка камерних топок, основні вимоги. Камерні топки з рідким шлаковидаленням. Камерні топки з твердим шлаковидаленням. Циклонні та вихрові камерні топки.

Лекція 18. Рух нагріваємого робочого тіла в трубах. Характеристики рідини та рівняння руху, коефіцієнт тертя. Гідралічний опір. Характеристики двофазного потоку рідини. Структура пароводяної суміші. Швидкість та паровміст пароводяної суміші. Розрахунок втрат тиску при русі пароводяної суміші в трубах.

Лекція 19. Контур природньої циркуляції. Рушійний напір циркуляції. Гідралічна характеристика контура природньої циркуляції. Кратність циркуляції.

Лекція 20. Умови роботи контура циркуляції. Гідродинамічна криза руху пароводяної суміші в вертикальних, нахилених і горизонтальних трубах. Причини виникнення застою та перевертання циркуляції. Надійність роботи опускних труб.

Лекція 21. Прямотоккові елементи пароводяного тракту котлів з природньою циркуляцією та прямотопкових котлів. Гідралічна характеристика теплообмінної поверхні при примусовому русі робочого тіла. Вплив теплових і гідралічних розвірок та нерівномірностей трубних елементів на масові швидкості.

Лекція 22. Призначення пароперегрівників, умови експлуатації. Гідралічні схеми пароперегрівачів, П-образні, Z-образні, Ш (радіальні) – образні варіанти підключення. Теплові розвірки в пароперегрівачах. Схеми парового тракту прямотопкового і котла з природньою циркуляцією.

Лекція 23. Статичні характеристики пароперегрівників. Вплив експлуатаційних факторів на температуру перегріву. Методи і пристрої для регулювання температури перегріву. Методи газового і парового регулювання.

Лекція 24. Модульна контрольна робота, частина II.

Загальні уявлення про теплову схему. Теплова схема прямотопкових та котлів з природньою циркуляцією. Вибір теплової схеми і розміщення поверхонь нагріву в газовому тракту котла. Вплив параметрів пари, якості палива на конструкцію і теплову схему котла.

Лекція 25. Типи компоновок парових котлів, переваги і недоліки. Компоновка топкової камери, вплив виду палива і параметрів робочого тіла. Вибір типу топкової камери, вимоги експлуатації. Двосвітні екрани, переваги і недоліки.

Лекція 26. Топкові екрани і їх характеристики. Топкові екрани прямотопкових і котлів з природньою циркуляцією, газощільні і футеровані екрани. Компенсація температурних розширень. Фестони та ширми.

Лекція 27. Особливість конструкції первинного і проміжного пароперегрівника, компенсація температурних розширень. Водяний економайзер, класифікація, особливості конструкції. Рекуперативні і регенеративні повітропідігрівники. Конструктивні варіанти одержання високої температури підігріву повітря.

Практичні заняття

Практика 1. Види органічного палива. Якісна характеристика твердого палива.

Практика 2. Горюча складова, баласт.

Практика 3. Якісна характеристика рідкого палива. Якісна характеристика газового палива. Горюча складова.

Практика 4. Якісна характеристика рідкого палива. Якісна характеристика газового палива. Горюча складова.

Практика 5. Ентальпія сухого повітря.

Практика 6. Визначення присмоків повітря по газовому тракту парового котла.

Практика 7. Визначення складу продуктів згоряння при стехіометричному співвідношенні.

Практика 8. Ентальпія продуктів згоряння в газовому тракту парового котла.

Практика 9. Визначення втрат з відпрацьованими газами q_2

Практика 10. Визначення втрат з хімічним недожогом q_3, q_4 .

Практика 11. Визначення втрат з зовнішнім охолодженням q_5 . Визначення втрат з теплою шлаків q_6 .

Практика 12. Визначення ККД парового котла.

Практика 13. Визначення витрати палива V і V_p .

Практика 14. Рівняння матеріального балансу поверхонь нагріву. Рівняння теплового балансу поверхонь нагріву. Приріст ентальпії робочого тіла в елементах пароводяного тракту котла. Розрахунок теплової схеми котла.

5. Самостійна робота студента

Теми до самостійної роботи до лекційних занять:

1. Цикл паротурбінної установки. Визначення ККД паротурбінних установок, методи його підвищення (2 год.).

2. Властивості води як робочого тіла. Агрегатний стан, характерні значення температури і тиску (1 год.).

3. Властивості пари у докритичному та надкритичному стані. Зона великих теплоємностей (1 год.).

4. Вуглецеві сталі та чавуни, які використовуються в котлобудуванні (1 год.).

5. Низьколеговані та високолеговані сталі, які використовуються в котлобудуванні (1 год.).

6. Технологія переробки нафти і газу, отримання мазуту, його властивості, технологія збагачення вугілля, флотація, напрямки використання вугілля (1 год.).

7. Властивості вуглеводних газів, ізомеризація. Вплив домішок на властивості органічного палива (2 год.).

8. Хімічні властивості горючої складової палива. Властивості повітря (1 год.).

9. Особливості теплообміну при вільній конвекції. Визначення кількості теплоти, яка переноситься під час руху теплоносія (1 год.).
10. Особливості процесу горіння твердого палива при недостатній кількості кисню (1 год.).
11. Вплив кількості вологи палива на процес згорання в шаровій топці (1 год.).
12. Вплив розмірів частки твердого палива і краплі рідкого палива на термін підготовки до початку горіння (1 год.).
13. Методи зменшення кількості шкідливих викидів парових котлів (1 год.).
14. Особливості горіння газоподібного палива (2 год.).
15. Особливості горіння краплі рідкого палива (1 год.).
16. Особливості горіння частки твердого палива в факелі (2 год.).
17. Методи інтенсифікації процесів тепло- і масообміну при згоранні твердого органічного палива (1 год.).
18. Особливості теплообміну при фазових переходах. Кризові явища в процесі генерації водяної пари (1 год.).
19. Гідравлічний розрахунок трубопроводів (2 год.).
20. Гідродинаміка пароводяної суміші в нахилених і горизонтальних трубах (1 год.).
21. Визначення падіння тиску в системах паралельноз'єднаних трубних елементах в залежності від їх конструкції (2 год.).
22. Фізичні властивості насиченої та перегрітої пари, критична точка (1 год.).
23. Теплообмін в шахових та коридорних пакетах, вплив режимних параметрів та конструктивних характеристик на теплообмін (1 год.).
24. Методика розрахунку теплового балансу складних термодинамічних систем (1 год.).
25. Економічні показники теплотехнічного обладнання, механізм утворення шкідливих викидів при згоранні органічного палива (1 год.).
26. Особливості променевого теплообміну в умовах топкової камери (1 год.).
27. Інтенсифікація конвективного теплообміну в елементах пароводяного тракту котлів (1 год.).

На підготовку до екзамену передбачено 30 годин СРС.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Викладачі курсу очікують від студентів активного залучення та безпосередньої участі у опануванні дисципліни, зокрема:

- відвідування занять (лекцій, практичних та лабораторних);
- дотримання правил поведінки на заняттях (активність, уникнення телефонних розмов під час аудиторних занять, зосередженість на матеріалі заняття, відключення телефонів, використання відповідних засобів для оперативного пошуку інформації);
- регулярний перегляд повідомлень та виконання призначених завдань; регулярний перегляд та обробка повідомлень на електронну пошту у корпоративному домені @kpi.ua;
- оперативне реагування на запити та питання викладача;
- самостійне виконання необхідних розрахунків на практичних заняттях, побудова графіків та написання висновків; отримання узгоджених з викладачем правил підготовки, та подальшого виправлення (у разі необхідності) завдань.
- вчасною здачею завдань практичних занять на протязі 1 заняття з моменту заняття згідно розкладу.
- розуміння та дотримання рейтингової системи оцінювання (PCO);
- дотримання політики дедлайнів та перескладань;

- дотримання політики щодо академічної доброчесності;
- інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам університету.

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

роботу на практичних заняттях (14 занять);
виконання СРС щодо лекційних занять (6 робіт);

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

активна творча робота – 2 бали;

плідна робота – 1 бал;

відсутність на занятті без поважних причин – штрафний –1 бал.

2.2. Виконання СРС щодо лекційних занять

бездоганна робота – 2 бали;

є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 1 бал;

відсутність на занятті без поважних причин – штрафний –1 бал.

За кожний тиждень запізнення з поданням СРС на перевірку нараховується штрафний –1 бал (усього не менше –5 балів).

2.3. Виконання МКР:

творча робота –10 балів;

роботу виконано з незначними недоліками –8 балів;

роботу виконано з певними помилками –4...5 балів;

роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

3. Умовою першої атестації є отримання не менше 8 балів та виконання всіх СРС (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 22 балів, виконання всіх СРС (на час атестації) та зарахування МКР.

4. Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх СРС, МКР та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

5. На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних запитання (завдання). Перелік запитань наведений у Рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Кожне запитання (завдання) оцінюється у 13...14 балів з загальною сумою у 40 балів за такими критеріями:

«відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 13-14 балів;

«добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 8-10 балів;

«задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 7-9 балів;

«незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

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

| <i>Бали: практичні заняття + МКР + + екзаменаційна контрольна робота</i> | <i>Оцінка</i> |
|--|---------------------|
| <i>100...95</i> | <i>Відмінно</i> |
| <i>94...85</i> | <i>Дуже добре</i> |
| <i>84...75</i> | <i>Добре</i> |
| <i>74...65</i> | <i>Задовільно</i> |
| <i>64...60</i> | <i>Достатньо</i> |
| <i>Менше 60</i> | <i>Незадовільно</i> |
| <i>Не зарахована СРС або стартовий рейтинг менше 30 балів</i> | <i>Не допущено</i> |

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік екзаменаційних питань

- 1. Паровий котел в технологічній схемі генерації пари.*
- 2. Класифікація парових котлів.*
- 3. Конструктивні схеми парових котлів.*
- 4. Поверхні нагріву парових котлів.*
- 5. Енергетичне паливо. Елементарний склад палива.*
- 6. Характеристика палива. Класифікація енергетичних палив.*
- 7. Продукти згоряння органічного палива.*
- 8. Тепловий баланс і ККД парового котла.*
- 9. Шарове спалювання твердого палива. Шарові та шахтні топки.*
- 10. Камерне спалювання органічного палива.*
- 11. Спалювання в киплячому шарі.*
- 12. Камерні топки. Спалювання газового, рідкого і твердого палива. Пальникові пристрої і їх компоновки. Аеродинаміка камерних топок*
- 13. Гідродинаміка однофазного та двофазного робочого тіла в трубах. Гідрравлічний опір.*
- 14. Гідродинаміка пароводяної суміші в парових котлах з природньою циркуляцією.*
- 15. Надійність роботи контурів природньої циркуляції.*
- 16. Примусовий рух води і пари в трубах котлів. Теплогідравлічні розвірки.*
- 17. Гідрравлічні схеми пароперегрівників. Вплив теплових розвірок на роботу ПП.*
- 18. Регулювання температури перегретої пари.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем каф. АЕС і ІТФ, к.т.н., Воробйовим Микитою Валерійовичем

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 19 від 09.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету I (протокол № __ від _____)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.