



Парові та водогрійні котли. Частина 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>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, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,5 кредитів, 165 годин:36 годин лекції, 18 годин практичних занять, 18 годин лабораторних занять, 93 години СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен/модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н, доцент, Новаківський Євген Валерійович, 067 798 10 37, enovakivsky@gmail.com Практичні : к.т.н, доцент, Новаківський Євген Валерійович, 067 798 10 37, enovakivsky@gmail.com Лабораторні: к.т.н, доцент, Рогачев Володимир Андрійович, 0669902112, enovakivsky@gmail.com</i>
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua , https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5672

Програма навчальної дисципліни

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

Котельна установка є базовим елементом будь-якої теплової електричної станції, яка за сукупністю процесів охоплює знання з процесів горіння, тепло- масообміну, металофізики, теорії міцності та автоматичного керування. Тому розвиток енергетики був би неможливий без розвитку конструкцій парових котлів, збільшення їх потужностей та забезпечення відповідних умов міцності і надійності. Сучасний стан світової енергетики показує, що без теплових електричних станції, на яких працюють парові котли, не зможе працювати ні атомна ні альтернативна енергетика, особливо в питаннях покриття пікових потреб в електричних потужностях. Саме парові котли дають змогу працювати енергосистемі у маневровому режимі і забезпечувати всіх споживачів електричною енергією. Також котельні установки виробляють гарячу воду і тепло для потреб промислових і муніципальних споживачів, що робить життя суспільства більш комфортним і сталим.).

Метою кредитного модулю є формування у студентів здатностей (компетентностей):

- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 8).
- 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).
- 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)

Пререквізити: Парові та водогрійні котли. Частина 2.

Постреквізити: Парогенератори і теплообмінники АЕС.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Підготування палив до спалювання

Тема 1.1. Пилоприготування

Тема 1.2. Підготування рідкого палива

Тема 1.3. Підготування газоподібного палива

Розділ 2. Енергетичні та промислові парові котли

Тема 2.1. Промислові котли невеликої паропродуктивності

Тема 2.2. Котли з природною циркуляцією для енергоблоків

Тема 2.3. Прямотечійні котли для енергоблоків

Розділ 3 Системи тепlopостачання

Тема 3.1 Споживачі теплоти

Тема 3.2 Принципові схеми систем тепlopостачання

Розділ 4 Основи проектування котельень.

Тема 4.1 Технічні та економічні вимоги до котельень.

Тема 4.2 Стадії проектування котельень.

Розділ 5 Теплові схеми котельень і їх розрахунок.

Тема 5.1 Класифікація котельень.

Тема 5.2 Загальні положення для розрахунку котельень

Розділ 6 Вибір основного і допоміжного обладнання котельні.

Тема 6.1 Вибір котлоагрегатів.

Розділ 7. Аеродинаміка газоповітряного тракту

Тема 7.1. Методика аеродинамічного розрахунку тракту димових газів КУ

Тема 7.2. Аеродинамічний розрахунок повітряного тракту КУ

Розділ 8. Метали та міцність елементів парових котлів

Тема 8.1. Умови роботи металів ПК

Тема 8.2. Розрахунки на міцність основних елементів ПК

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Є. М. Письменний, Я. В. Яценко. Котли парові та водогрійні : підручник / Є. М. Письменний, Я. В. Яценко ; Мін-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2009. – 236 с.
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000244836&local_base=KPI01

2. Боженко, М.Ф. Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра і магістра за освітніми програмами «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження» і «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій» спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М. Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,06 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 170 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46943>
3. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств.: Навчальний посібник. – Вінниця : Внту, 2011. – 120 с.
4. Волощук В.А., Денісов А.К., Трофимчук І.П. Котельні установки промислових підприємств: навч. посіб. / В.А. Волощук, А.К. Денісов, І.П. Трофимчук. – Рівне: НУВГП, 2013. – 227 с.

Допоміжна література

5. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Издательство НПО ЦКТИ. СПб., 1998.
6. Лебедев А.Н. Подготовка и размол топлива на электростанциях./ А.Н.Лебедев, М., Энергия, 1969. – 520 с.,ил.
7. Александров В.Г. Вопросы проектирования паровых котлов средней и малой производительности./ В.Г.Александров, М. – Л.: Государственное энергетическое издат., 1960. – 232 с., ил.
8. Письменный Е.Н.Тепловой расчет котельного агрегата. Кафедральное учебное пособие (кафедра АЭС и ИТФ, НТУУ «КПИ»)/ Е.Н Письменный., Ю.Г. Дашкиев– 1999.
9. Мейкляр М.В. Современные котельные агрегаты ТКЗ./ М.В. Мейкляр – М.: Энергия, 1978. – 223 с., ил.
10. Трёмбовля В.И., Теплотехнические испытания котельных установок./ В.И.Трёмбовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеева – М.: Энергия, 1977. – 298 с., ил.
11. Авдеева А.А. Контроль топлива на электростанциях./ А.А. Авдеева, Б.С. Белосельский, М.Н. Краснов– М.: Энергия, 1973.
12. Липов Ю.М., . Модель. Компоновка и тепловой расчет парогенератора. Учеб. пособие для вузов./ Ю.М. Липов, Ю.Ф. Самойлов,. – М.: Энергия, 1975.
13. Тепловой расчет промышленных парогенераторов: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. В.М. Частухина – Киев.: Вища школа, 1980. – 184 с., ил.
14. Рабинович О.М. Котельные агрегаты. М. – Л.: Машгиз, 1963. – 460 с., ил.
15. Резников М.И. Котельные установки электростанций./ М.И. Резников, Ю.М. Липов – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 288 с., ил.
16. Бузников Е.Ф.Производственные и отопительные котельные/Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.Я. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 248 с., ил.
17. Скафтымов Н.А. Основы газоснабжения./ Н.А. Скафтымов – Л.: Недра, 1975. – 343 с., ил.
18. Роддатис К.Ф. Котельные установки./ К.Ф. Роддатис – М.: Энергия, 1977. – 432 с., ил.
19. ГОСТ 3619-82. Котлы паровые стационарные.
20. Мейкляр М.В. Паровые котельные агрегаты высокого давления./ М.В. Мейкляр – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 168 с., ил.
21. Проектирование и применение жаротрубных стальных котлов КОЛВИ. Пособие /Под ред. Мирончука О.В. – Киев.: КОЛВИ, 2008. – 63 с., ил.
22. Аппараты отопительные газовые бытовые “Eurotherm Technology”. Рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации/Под ред. Головийчука О.С. – Киев.: КОЛВИ, 2008. – 146 с., ил. Методические указания “При
23. Применение ЭВМ в курсовом проекте парогенератора”. Конвективные поверхности/Составитель В.Р. Шеляг. – Киев.: КПИ, 1980. – 92 с., ил.
24. Конструирование и тепловой расчет фестона и пароперегревателя паровых котлов. Методические указания к курсовой работе №2 по курсу “Паровые котлы”/Составитель Ю.Г. Дашкиев. – Киев.: КПИ, 1985. – 36 с., ил.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Розділ 1. Підготування палив до спалювання

Тема 1.1. Пилоприготування.

Лекція 1. Основні схеми пилоприготування. Сушка палива

Перелік основних питань. Особливості спалювання твердого палива у пиловидному стані. Тракт подачі вугілля та пилоприготування. Центральна та індивідуальна схеми пилоприготування. Замкнута і

розімкнута схеми сушки палива.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [1], [3], [4];
додаткова: [2].

СРС: Дроблення та сушка твердого палива (основна: [3], [4]; додаткова: [2], с. 196 – 211)

Лекція 2. Вугільний пил і його властивості. Вуглерозмельні млини

Перелік основних питань. Тоніна розмелу та зернова характеристика пилу. Коефіцієнт полідисперсності пилу. Витрати енергії на розмелювання вугілля. Оптимальна тоніна розмелу. Вибуховість пилу. Кульовий барабанний млин. Молотковий млин. Середньохідні млини. Млин-вентилятор.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [1], [3];
додаткова: [10].

СРС: Аксіальні і тангенціальні молоткові млини. Молотковий млин з гравітаційною шахтою. (додаткова: [10], с. 150 – 158)

Лекція 3. Вибір розмелювального пристрою і системи пилоприготування. Тепловий розрахунок та визначення сушильної продуктивності вуглерозмельних пристроїв

Перелік основних питань. Вибір розмелювального пристрою. Вибір системи пилоприготування. Тепловий баланс пилоприготувального пристрою. Технічний аналіз твердого палива.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [4];
додаткова: [2]; [6]; [7].

Завдання на СРС. Тепловий розрахунок та визначення сушильної продуктивності вуглерозмельних пристроїв. (додаткова: [2])

Лекція 4. Паливне господарство ТЕС при використанні мазуту

Тема 1.2. Підготування рідкого палива

Перелік основних питань. Приймальні пристрої мазуту. Технологічна схема підготовки мазуту до згоряння.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [1], [4];
додаткова: [11].

Завдання на СРС. Доставка мазуту та підготовка до згоряння. (додаткова: [12])

Лекція 4. Газопостачання котельних установок

Тема 1.3. Підготування газоподібного палива

Перелік основних питань. Газопроводи. Газорегуляторні пункти, газорегуляторні установки. Технологічна схема подачі газового палива. Принципова схема регулятора тиску.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [1], [4];
додаткова: [11]; [12].

СРС: Газопостачання котельних установок. (додаткова: [13])

Розділ 2. Енергетичні та промислові парові котли

Тема 2.1. Промислові котли невеликої паропроодуктивності

Лекція 5. Однобарабанні котли середньої паропроодуктивності

Перелік основних питань. Однобарабанні котли: ТП-35У; БГ-35; ГМ-50-14/250; БКЗ-75-39ФБ. Котел високого тиску ТП-170-1. Теплові розрахунки парових котлів.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [1], [4];
додаткова: [10], [12], [1], [3], [4], [8], [9].

СРС: Однобарабанні котли середньої паропроодуктивності. (додаткова: [9], [14])

Тема 2.2. Котли з природною циркуляцією для енергоблоків.

Лекція 6. Котли з природною циркуляцією для енергоблоків

Перелік основних питань. Парові котли на 640 і 670т/год на 140кгс/см². Перший котел ТКЗ паропроодуктивністю 640т/год на 140кгс/см² (ТП-100). Серія котлів ТКЗ паропроодуктивністю 670т/год на 140кгс/см² (ТГМ-104, ТПЕ-209, ТПЕ-211) для енергоблоків потужністю 200МВт.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [1], [3];

додаткова: [10].

Завдання на СРС. Парові котли на 670т/год, 140кгс/см². (додаткова: [5])

Тема 2.3. Прямотечійні котли для енергоблоків.

Лекція 7. Прямотечійні котли для енергоблоків

Перелік основних питань. Прямотечійний паровий котел ПК-33-83СП для енергоблоку потужністю 200МВт. Особливості котлів ПКТ. Котли енергоблоків 300МВт, 500МВт, 800МВт, 1200МВт.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [1], [3];

додаткова: [10].

Завдання на СРС. Котельні установки ПКТ (ТПП-210А, ТГМП-314А, ТГМП-344). (основна: [5]; додаткова: [5])

Розділ 3 Системи теплопостачання

Тема 3.1 Споживачі теплоти

Лекція 8. Сучасний стан та перспективи розвитку котельень промислових підприємств в Україні.

Споживачі теплоти.

Законодавча база процесу проектування котельних. Оптимізація витрат теплоти на гаряче водопостачання та опалення і вентиляцію. Особливості розрахунку витрат теплоти на технологічні потреби.

[1]; [2];

Лекція забезпечується роздаточним матеріалом у вигляді таблиць, діаграм тощо.

СРС: Норми витрати гарячої води і її розрахунок.

Тема 3.2 Принципові схеми систем теплопостачання

Лекція 9. Принципові схеми систем теплопостачання.

Водяні та парові системи теплопостачання. Проходження реєстрації котельної в органах держнагляду.

Умови та вимоги. Регламентуючі документи.

[1].

Лекція супроводжується показом слайдів принципових схем котельень.

СРС: Вибір теплоносія та його параметрів.

Розділ 4 Основи проектування котельень.

Тема 4.1 Технічні та економічні вимоги до котельень.

Лекція 10. Технічні та економічні вимоги до котельень.

Надійність теплопостачання. Економічність спорудження та експлуатації котельень. Безпека і зручність експлуатації. Вимоги санітарних норм. Економічна доцільність переведення котельної з водяного теплоносія на паровий, та навпаки.

[2]; [1],

СРС: Визначення виду палива.

Тема 4.2 Стадії проектування котельень.

Лекція 10. Стадії проектування.

Обсяг і зміст проектної документації. Проект. Робочий проект. Робоча документація. Використання типових проектів. Зміна проектів котельень.

[1], [4].

СРС: Розроблення проектів і їх затвердження

Розділ 5 Теплові схеми котельень і їх розрахунок.

Тема 5.1 Класифікація котельень.

Лекція 11. Класифікація котельень.

Загальні відомості про теплові схеми котельень. Типові проекти вогорійної котельної. Конструкції котлів.

[1], [2].

СРС: Котельні агрегати українського виробництва

Тема 5.2 Загальні положення для розрахунку котельень

Лекція 12. Принципові теплові схеми котельень.

Теплова схема парової котельні. Теплова схема водогрійної котельні. Відкриті та закриті системи теплопостачання. Теплова схема пароводогрійної котельні.

[1];

Лекція супроводжується показом слайдів теплових схем котельень.

СРС: Типові проекти парової котельної

Лекція 13. Загальні положення і початкові дані для розрахунку теплових схем котельень.

Складання і розрахунок теплової схеми водогрійної та парової котельної установки. Розрахунок теплових процесів. Вибір температури відхідних газів, живильної та оберненої води.

[1], [4]

СРС: Характерні режими опалювання

Лекція 14. Розрахунок теплових схем котельень (алгоритм).

Зразкові розрахунки водогрійної та парової частин теплової схеми котельні.

[1]

СРС: Розрахунок парової та водогрійної частини теплової схеми котельної.

Розділ 6 Вибір основного і допоміжного обладнання котельні.

Тема 6.1 Вибір котлоагрегатів.

Лекція 15. Вибір котлоагрегатів.

Котли, що застосовуються у котельнях. Парові, водогрійні та комбіновані котли. Вибір та визначення кількості котлів у котельнях.

[1].

СРС: Технічні засоби забезпечення безпечних умов праці та роботи котельні.

Розділ 7. Аеродинаміка газоповітряного тракту

Тема 7.1 Методика аеродинамічного розрахунку тракту димових газів котельних установок.

Лекція 16 Системи газоповітряного тракту котлів. Загальні положення руху реального потоку димових газів і повітря в котельній установці. Розрахунок втрат на тертя. Розрахунок втрат тиску в місцевих опорах і в поперечноомиваних пучках труб

Перелік основних питань. Система з природною тягою. Система з подачею повітря та видаленням продуктів згоряння димососом і трубою. Система з подачею повітря вентилятором та видаленням продуктів згоряння димососом і трубою. Система з роздільною подачею повітря в пилоприготувальну установку і топку двома вентиляторами та видаленням продуктів згоряння димососом і трубою. Система з подачею повітря вентилятором і з видаленням продуктів згоряння за рахунок надлишкового тиску в газовому тракті. Рівняння Бернуллі для елементарного струменя ідеального газу.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [4], [1], [2].

додаткова: [11].

Завдання на СРС: Схема газоповітряного тракту пилувугільного котла. Визначення самотяги (основна: [1], [2]; додаткова: [22])

Тема 7.2. Аеродинамічний розрахунок повітряного тракту КУ.

Лекція 17.

Падіння тиску потоку ідеального газу для вертикального елемента тракту. Самотяга елемента тракту. Перепад повних тисків на ділянці тягодутьового тракту. Розподіл тиску в газоповітряному тракті котельної установки при наддуві та урівноваженій тязі. Динамічний тиск потоку. Визначення коефіцієнту опору тертя. Розрахунок опору тертя трубчатого повітропідігрівника. Місцеві опори. Коефіцієнт опору через раптову зміну перерізу. Коефіцієнт опору дифузору. Коефіцієнт опору поворотів без зміни перерізу. Опір поперечноомиваних пучків гладких труб. Коефіцієнт опору гладкотрубного коридорного пучка. Коефіцієнт опору гладкотрубного шахматного пучка.

Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.

Література основна: [4], [1].

додаткова: [8], [11].

Завдання на СРС: Схема газоповітряного тракту пилувугільного котла. Визначення самотяги (основна: [3], [4]; додаткова: [22])

Розділ 8. Метали та міцність елементів парових котлів

Лекція 18. Метали елементів котлів. Леговані сталі для котлобудування. Розрахунок на міцність елементів котлів. Нормативний метод розрахунку. Розрахунок на міцність барабанів та камер (коллекторів), що знаходяться під внутрішнім тиском.

Тема 8.1. Умови роботи металів ПК.

Тема 8.2. Розрахунки на міцність основних елементів ПК.

Перелік основних питань. Метали елементів котлів. Вуглецеві сталі. Вплив легуючих елементів на властивості сталей. Низьколеговані, високолеговані сталі для котлобудування.

Нормативний метод розрахунку. Розрахунок на міцність барабанів та камер (колекторів), що знаходяться під внутрішнім тиском.

Перелік основних питань. Номінальне допустиме напруження. Розрахунковий тиск. Розрахункова температура стінки. Розрахунок товщини стінок барабанів та камер. Розрахунок напружень та допустимого тиску. Розрахункова температура стінки барабану та камер. Коефіцієнти міцності барабанів та камер. Коефіцієнти міцності зварних з'єднань. Коефіцієнти міцності при ослабленні отворами. Коефіцієнти міцності в поздовжньому та поперечному напрямках при коридорному та шаховому розташуванні отворів. Визначення коефіцієнту міцності в косому напрямі.

Література основна: [4],; [1], [2]; додаткова: [10], [11].

Завдання на СРС: Вуглецеві сталі, що використовуються в котлобудуванні. Спеціальні сорти сталей. Сталі для фланцевих з'єднань. (основна: [1])

Практичні заняття

Практичне заняття 1

Задачі конструктивного та повіркового теплових розрахунків парових котлів. Методика теплового розрахунку. Технічні характеристики парових котлів середньої потужності: ТП-35У, БМ-35М, ГМ-50-1, ГМ-50-14/250, БКЗ-75-39ФБ, БКЗ-75-39ГМА. Технічні характеристики котла високого тиску ТП-170-1.

Література основна: [1];

додаткова: [5], [6], [8], [9],; [14], [16].

Завдання на СРС: Вихідні дані для розрахунку конвективних поверхонь нагріву (основна: [1]; додаткова: [8], [9]; [14]; [16]).

Практичне заняття 2

Тепловий розрахунок фєстону. Визначення поверхні теплообміну фєстону. Розрахунок теплового балансу. Розрахунок теплообміну у фєстоні. Розрахунок коефіцієнту тепловіддачі конвекцією та випромінюванням фєстону. Розрахунок коефіцієнту забруднення зовнішньої поверхні труб фєстону. Розрахунок температурного натиску у фєстоні. Визначення температури продуктів згоряння за фєстоном. Тепловий розрахунок випарювального пучка.

Література додаткова: [19],; [20], [21].

Завдання на СРС: Розрахунок фєстону (додаткова: [19], [20], [21],).

Практичне заняття 3

Конструювання та розрахунок конвективного пароперегрівача. Схеми включення пакетів пароперегрівачів котлів: ТП-35У, ГМ-50-1, ГМ-50-14/250, БКЗ-75-39ФБ, ТП-170-1. Розрахунок теплосприйняття пароперегрівача. Конструктивні характеристики першої ступені пароперегрівача. Розрахунок теплового балансу, теплообміну першої ступені пароперегрівача. Визначення температури продуктів згоряння за першою ступінню пароперегрівача. Конструктивні характеристики другої ступені пароперегрівача. Тепловий розрахунок другої ступені пароперегрівача.

Література додаткова: [9], [19], [20].

Завдання на СРС: Розрахунок пароперегрівача (додаткова: [9]; [19]; [20]).

Практичне заняття 4

Розрахунок теплосприйняття повітропідігрівника:

одноступеневого;

двоступеневого.

Розрахунок теплосприйняття водяного економайзеру:

одноступеневого;

двоступеневого.

Нев'язка теплового балансу.

Розрахунок теплообміну у повітропідігрівнику. Визначення поверхні нагріву повітропідігрівника.

Література додаткова: [19].

Завдання на СРС: Розрахунок повітропідігрівника (додаткова: [19]).

Практичне заняття 5

Розрахунок теплообміну у водяному економайзері. Визначення поверхні нагріву водяного економайзеру. Тепловий розрахунок ширмових поверхонь нагріву. Тепловий розрахунок радіаційних

пароперегрівачів.

Література основна: [1]; додаткова: [8], [9], [19].

Завдання на СРС: Розрахунок водяного економайзера (додаткова: [8], [9]; [19]).

Розділ 7. Аеродинаміка газоповітряного тракту

Практичне заняття 6

Система газоповітряного тракту котлів з урівноваженою тягою та дуттям. Методика аеродинамічних розрахунків тракту димових газів. Вихідні данні для аеродинамічного розрахунку КУ. Опір конвективного пароперегрівача.

Література основна: [3].

додаткова: [14].

Завдання на СРС: Вихідні данні для аеродинамічного розрахунку КУ. Розрахунок опору конвективного пароперегрівача. (основна: [2]; додаткова: [14]).

Практичне заняття 7

Опір водяного економайзера. Опір повітропідігрівника. Опір поворотів конвективного газоходу. Сумарний опір газового тракту з урахуванням поправок. Самотяга ПК.

Література основна: [4].

Завдання на СРС: Розрахунок опору водяного економайзера і повітропідігрівника. Розрахунок самотяги ПК. (основна: [4]).

Практичне заняття 8

Вибір димової труби. Опір димової труби. Розрахункова продуктивність димососу. Розрахунковий повний тиск димососу. Вибір димососу. Опір повітряного тракту котла. Розрахункова продуктивність вентилятора. Розрахунковий повний тиск вентилятора. Вибір вентилятора

Література основна: [4]; додаткова: [21].

Завдання на СРС: Розрахунок продуктивності і повного тиску димососу. Вибір

димососу Розрахунок продуктивності і повного тиску вентилятора. Вибір вентилятора (основна: [4]; додаткова: [21]).

Практичне заняття 9

Модульна контрольна робота

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять: одержання навичок з проведення технічного аналізу твердого енергетичного палива, визначення процентного вмісту компонентів в газовій суміші, визначення кратності циркуляції, визначення характеристик двофазного потоку та визначення ККД котлів опалювальних водогрійних теплопродуктивністю до 100 кВт.

№ з/п	Тема лабораторної роботи
1.	Лабораторна робота 1 – виконується 2 години Визначення вологості в паливі. Завдання на СРС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 1 у відповідності до методичних вказівок - Технічний аналіз твердого палива:.
2.	Лабораторна робота 2 – виконується 2 години Визначення зольності палива. Завдання на СРС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 2 у відповідності до методичних вказівок - Технічний аналіз твердого палива:
3	Лабораторна робота 3 - виконується 2 години Визначення виходу летких речовин. Завдання на СРС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 3 у відповідності до методичних вказівок - Технічний аналіз твердого палива:
4.	Лабораторна робота 4 - виконується 2 години Визначення процентного вмісту компонентів в газовій суміші. Завдання на СРС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 4 у відповідності до методичних вказівок - Визначення процентного вмісту компонентів в газовій суміші: Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування», спеціалізації «Тепло- і парогенеруючі установки» /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Новаківський Є.В. –

	Електронні текстові дані (1 файл: 0,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 55 с.
5.	Лабораторна робота 5 - виконується 2 години Визначення гідравлічної характеристики опускних труб контуру природної циркуляції. Завдання на СРС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 5 у відповідності до методичних вказівок - Дослідження природної циркуляції парового котла на лабораторному стенді
6.	Лабораторна робота 6 - виконується 2 години Визначення кратності циркуляції. Завдання на СРС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 6 у відповідності до методичних вказівок - Дослідження природної циркуляції парового котла на лабораторному стенді
7.	Лабораторна робота 7 - виконується 2 години Визначення характеристик двофазного потоку на повітряно-водяному стенді. Завдання на СРС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 7 у відповідності до методичних вказівок - Дослідження природної циркуляції парового котла на лабораторному стенді
8	Лабораторна робота 8 - виконується 2 години Випробування і контроль теплотехнічних показників котлів опалювальних водогрійних теплопродуктивністю до 100 кВт Завдання на СРС: Підготування протоколу виконання лабораторної роботи 8 у відповідності до методичних вказівок - Випробування і контроль теплотехнічних показників котлів опалювальних водогрійних теплопродуктивністю до 100 кВт.
9	Захист звіту з виконання лабораторних робіт – 2-години

6. Самостійна робота студента

Для опанування матеріалу дисципліни передбачено виконання завдань на самостійне опрацювання матеріалу по лекційній частині курсу і практичних завдань. Завдання видаються після кожної лекції і практичного заняття, строк задачі – не пізніше ніж через тиждень після видачі завдання.

1. Дроблення та сушка твердого палива
Література: [3], [4]; додаткова: [2])
2. Аксиальні і тангенціальні молоткові млини. Молотковий млин з гравітаційною шахтою. Література:: [16])
3. Тепловий розрахунок та визначення сушильної продуктивності вуглерозмельних пристроїв.
Література:: [8].
4. Доставка мазуту та підготовка до згорання.
Література: [18]
5. Газопостачання котельних установок.
Література:: [19]
6. Котли парові стаціонарні. ГОСТ 3619-82.
Література:: [21]
7. Основні схеми горизонтально-циліндричних, вертикально-циліндричних та ГВ котлів. Література: [20]
8. Схеми компоновок котлів типу ДКВР з різними топковими пристроями.
Література:: [20]
9. Однобарабанні котли середньої паропроductивності.
Література:: [15], [20].
10. Надійність роботи котлів з природною циркуляцією.
Література:: [1].
11. Прямотокові котли СКТ
Література:: [16].
12. Парові котли на 220т/год, 100кгс/см². Парові котли на 420 і 480т/год, 140кгс/см². Література: [11].
13. Парові котли на 670т/год, 140кгс/см².
Література:: [5],
14. Котельні установки ПКТ (ТПП-210А, ТГМП-314А, ТГМП-344).

Література: [5]; [16])

15. Конструкції сталених водогрійних котлів. Технічні характеристики котлів КОЛВІ. Література: [20], [23])
16. Трубопроводи і арматура котельних.
Література: [1], [18].
17. Пристрої для очистки поверхонь нагріву від зовнішніх забруднень.
Література: [7], [11])
18. Схема газоповітряного тракту пилувугільного котла. Визначення самотяги.
Література: [7], [8], [30]).
19. Визначення еквівалентного діаметру каналу. Коефіцієнт опору гладкотрубного шахового пучка.
Література: [8].
20. Визначення еквівалентного діаметру найбільш стиснутого перерізу пучка. Самотяга газового тракту.
Література: [8].
21. Вибір димососів.
Література: [28], [14].
22. Визначення опору в зовнішніх перепускних коробах. Вибір дуттьового вентилятора. Література: [8], [28].
23. Крихкість металів. Холоднокрихкість, синьоламкість, червоноламкість
Література: [11])
24. Вуглецеві сталі, що використовуються в котлобудуванні. Спеціальні сорти сталей. Сталі для фланцевих з'єднань.
Література: [11].
25. Вибір допустимих напружень. Розрахункові формули для циліндричних посудин. Укріплення отворів.
Література: [3], [11], [12].
26. Розрахунок на міцність плоских донець колекторів (камер). Визначення розрахункової температури стінки труби пароперегрівача.
Література: [9], [11], [12], [30], [31], [16].

На підготовку до екзамену передбачено 30 годин СРС.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Викладачі курсу очікують від студентів активного залучення та безпосередньої участі в 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.

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

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

- 1) три відповіді (кожного студента в середньому) на практичних заняттях
–1 бал x 3 відп. = 3 бали;
- 2) виконання та захист 8 лабораторних робіт – 2 бали x 8 робіт = 16 балів;
- 3) одну модульну контрольну роботу – 28 балів;

4) оформлення та захист робіт що виконувалися на практичних заняттях – 13 балів;

5) відповідь на екзамені – 40 балів.

Виконання СРС по лабораторним заняттям є обов'язковим для допуску до виконання лабораторної роботи.

Практичні роботи що виконуються в аудиторії повинні бути оформлені у вигляді СРС. Під час захисту практичних робіт студент повинен володіти теоретичним матеріалом що надається на лекціях та у вигляді СРС до лекції.

1. Практичні заняття.

Відповідь на питання:

- студент повністю розкрив питання – 1 бал;
- студент не повністю розкрив питання – -0,5 балу;
- студент не дав відповіді на питання – 0 балів.

Одному або двом кращим студентам на кожному практичному занятті може додаватися як заохочування 1 бал.

2. Лабораторна робота.

- за умови гарної роботи, правильно оформленого протоколу, гарного і своєчасного захисту роботи – 2 балу;

- за умови невиконання показника хоча б з однієї позиції –1- 1,5 бала;

- робота виконана менше ніж на половину або не виконана протягом відведеного часу – 0 балів

3. Модульна контрольна робота (всього 30 балів):

- «відмінно»: робота оформлена правильно, студент вільно володіє матеріалом і дає повні відповіді на питання (більше 90% інформації) – 26-28 балів;

- «добре»: робота оформлена із незначними помилками, студент достатньо володіє матеріалом і дає достатньо повні відповіді на питання (75-90% потрібної інформації) – 22- 25 балів;

- «задовільно»: робота оформлена із помилками, студент дає неповні відповіді на питання (60-75% потрібної інформації) – 15-21 балів;

- «незадовільно»: робота оформлена із суттєвими помилками, студент дає незадовільні відповіді на питання – 0 балів.

4. Оформлення та захист робіт що виконувалися на практичних заняттях (всього 13 балів):

- «відмінно», розрахунки проведені повністю і вірно протягом відведеного часу, оформлення розрахунків відповідає вимогам Державних стандартів України, захист проведений на високому рівні – 13 балів;

- «добре», виконані майже всі вимоги до роботи або є несуттєві помилки –12-10 балів;

- «задовільно», є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 9-5 балів;

- «незадовільно», не відповідає вимогам до «задовільно» - 0 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 25 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 50 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 25 балів.

Максимальна сума балів стартової складової складає 60. Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт і стартовий рейтинг не менше 30 балів.

5. Екзамен

На екзамені студенти виконують екзаменаційну роботу. Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Кожне завдання містить три теоретичних питання. Перелік питань наведений у додатку до робочої навчальної програми дисципліни. Перші два питання оцінюються у 15 балів кожне. Третє – 10 балів. **15+15+10 = 40 балів.**

Додаткове питання з тем лекційного курсу та практичних занять отримують студенти, які не брали участі у роботі певного практичного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 4 бали.

Критерії оцінювання:

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- повна відповідь на запитання (не менше 90% потрібної інформації) – **13...15 (9...10) балів**;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – **10...12 (7...8) балів**;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – **7...9 (5...6) балів**;
- незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше **6 (4) балів**.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

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

$$R_c = r_1 + r_2 + r_3 + r_4.$$

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

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 3+14+30+13 = 60$ балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка з виконання та захист лабораторних робіт та завдань що виконувалися на практичних заняттях, та стартовий рейтинг не менше $0,5 \times R_c = 30$ балів.

Студенти, які набрали у семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 35 балів, зобов'язані до початку заліку підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E 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
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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання аспірантом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 45$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100-бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних аспірантом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: https://osvita.kpi.ua/2020_7-170, https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf).

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

1. Дистанційне навчання:

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

2. Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

– передбачає проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

– кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);

– у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

3. Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково–практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

Додаток 1

Перелік екзаменаційних питань

1. Особливості перерозподілу поверхонь нагріву зі збільшення тиску в барабані котла.(TS діаграма , діаграма мольєра)
2. Підготовка твердого палива до розмелу у млинах.
3. Центральна і індивідуальна система пилоприготування.
4. Сушка палива. Схеми сушки. Недоліки використання розімкненої схеми сушки та економічна доцільність її використання.
5. Розмол палива. Зернова характеристика пилу. Визначення оптимальної тонкості помелу вугілля. Коефіцієнт розмелоздібності.
6. Вибір млина та системи пилеприготування.
7. Жаротрубні котли. Димогарні котли. Лококотел.
8. Технологічна схема подачі газового палива.
9. Технологічна схема подачі рідкого палива.
10. Технологічна схема подачі вугілля.
11. Компоновка парових котлів.
12. Горизонтально- водотрубні котли. Історія будови
13. Вертикально- водотрубні котли. Історія будови. (двобарбанні, трьобарбанні, чотиріох барабанні котли)
14. Будова сучасних барабанних котлів малого та середнього тиску.
15. Особливості конструкції та роботи прямоточних котлів.
16. Особливості конструкції та роботи барабанних котлів з примусової циркуляції
17. Конструкція та призначення вугільних млинів .
18. Конструкція та призначення грохото.

19. Прямоточні котли. Особливості їх роботи.
20. Топкові екрани прямоточних котлів
21. Особливості перерозподілу поверхонь нагріву зі збільшення тиску в барабані котла.(TS діаграма , діаграма мольєра).
22. Системи пилоприготування з кулько-барабанными млинами. (Привести схеми)
23. Системи пилоприготування з молотковими млинами.(Привести схеми)
24. Компоновка парових котлів.
25. Класифікація трубопроводів: за видом робочого середовища, в залежності від розташування. Категорії паропроводів.
26. Типи основних трубопроводів ТЕС. Дві схеми паропроводів на ТЕС в залежності від компоновки в обладнанні. Основні характеристики трубопроводів.
27. Арматура. Види арматури. Запірна арматура. Схеми запірної арматури.
28. Робочий орган вентиля, засувки. Гідралічний опір вентиля, засувки.
29. Водовказівні прилади прямої дії та виносні. Призначення, будова.
30. Лази, лючки, вибухові клапани, засувки. Призначення, будова.
31. Зовнішнє очищення екраних труб та труб пароперегрівачів.
32. Системи очищення хвостових поверней нагріву
33. Система газоповітряного тракту з природною тягою, з дуттевим вентилятором та природною тягою, з дуттевим вентилятором та димососом.
34. Принцип роботи газоповітряного тракту що працює при рівноважній тязі(під розрідженням).
35. Принцип роботи газоповітряного тракту що працює з під наддувом. У чому полягає аеродинамічний розрахунок газоповітряного тракту.
36. Види опорів газоповітряного тракту.
37. Матеріали поверхні нагріву, їх обмеження по температурі. Температурна корозія. Температурна втома металу.
38. Пароохолоджувачі, їх типи та призначення.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, к.т.н., Новаківським Євгеном Валерійовичем

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30. 06. 2022 р.)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30. 06. 2022 р.)